

ANALISIS EKONOMI PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO: STUDI KASUS DI KABUPATEN MUARA ENIM, SUMATERA SELATAN

*(Economic Analysis of Micro Hydro Power Plant Development: A Case Study in Muara
Enim Regency, South Sumatra)*

Nur Arifatul Ulya, Efendi Agus Waluyo, & Adi Kunarso

Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Palembang, Jl. Kol. H. Burlian Km. 6,5,
Punti Kayu, Palembang, 30153, Indonesia;

e-mail: nurarifatululya@gmail.com, eawaluyo@gmail.com, adikunarso@yahoo.com

Diterima 18 September 2017, direvisi 29 April 2019, disetujui 30 April 2019

ABSTRACT

Micro Hydro Powerplant (MHP) is one form of water utilization in upper Musi watershed to generate electricity. This paper aims to analyse the feasibility of the development and management of self-help MHP to support forest resource conservations. Financial and economic analysis are applied to determine the feasibility of the development and management of the self-help MHP. The result indicates that the construction and management of the self-help MHP in the research area are not feasible, so that they do not guarantee the sustainability of the MHP in the long term period. Development and management of MHP will be financially feasible when it uses postpaid electricity tariff scheme of State Electricity Company (SEC) for power limit up to 450 VA, and economically feasible if it uses postpaid electricity tariff scheme for power limit (SEC) up to 1,300 VA. It is necessary to increase the capacity of the community both technical and economic aspects in the management of MHP for the sustainability of electricity supply from the MHP. Water utilization for the MHP increases the collective awareness to conserve forest resources.

Keywords: Economic; financial; micro hydro; South Sumatra; watershed.

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan salah satu bentuk pemanfaatan air di hulu DAS Musi untuk menghasilkan listrik. Tulisan ini bertujuan untuk melakukan analisis kelayakan pembangunan dan pengelolaan PLTMH swadaya masyarakat untuk mendukung konservasi sumberdaya hutan. Analisis finansial dan ekonomi digunakan untuk mengetahui kelayakan pengembangan dan pengelolaan PLTMH swadaya masyarakat. Hasil analisis menunjukkan bahwa pembangunan dan pengelolaan PLTMH di Desa Danau Gerak, Kecamatan Semende Darat Ulu tidak layak finansial. Pembangunan dan pengelolaan PLTMH secara finansial layak apabila menggunakan skema tarif listrik pascabayar Perusahaan Listrik Negara (PLN) untuk batas daya hingga 450 VA, dan layak secara ekonomis apabila menggunakan skema tarif listrik pascabayar PLN untuk batas daya hingga 1.300 VA. Diperlukan peningkatan kemampuan masyarakat, baik aspek teknis maupun ekonomis dalam pengelolaan PLTMH untuk keberlanjutan pasokan listrik dari PLTMH. Pemanfaatan air untuk PLTMH meningkatkan kesadaran kolektif masyarakat untuk melakukan konservasi sumberdaya hutan.

Kata kunci: Ekonomi; finansial; mikro hidro; Sumatera Selatan; Daerah Aliran Sungai (DAS).

I. PENDAHULUAN

Hutan menghasilkan barang dan jasa yang memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia. Manfaat yang dihasilkan oleh hutan bersifat *tangible* dan *intangibile*. Manfaat *tangible* dari hutan terdiri dari kayu dan hasil hutan non-kayu yang secara tradisional memiliki harga pasar, umumnya diperdagangkan sebagai komoditas. Manfaat *intangibile* terkait dengan fungsi ekologis hutan seperti daerah aliran sungai, tanah dan perlindungan banjir, siklus nutrien, keanekaragaman hayati, dan lain-lain yang umumnya *undervalued* dan tidak diperdagangkan di pasar konvensional (Costanza *et al.*, 1998; Nurfatriani, 2006; Bahrani, Suhendang, Darusman, & Alikodra, 2007; Deegen & Seegers, 2011; Ulya, Warsito, Andayani, & Gunawan, 2014).

Hutan yang berada di hulu daerah aliran sungai (DAS) berperan sebagai pengatur tata air dan penghasil air bagi masyarakat yang tinggal di sekitarnya (Costanza *et al.*, 1998; Nurfatriani & Handoyo, 2007; Ulya *et al.*, 2014). Air yang dihasilkan dari hutan di hulu DAS dimanfaatkan oleh masyarakat di sekitar hutan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga sehari-hari seperti memasak, mandi, cuci, kakus (MCK), irigasi pertanian, dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH).

PLTMH adalah pembangkit listrik skala kecil dengan *output* kurang dari 100 kilowatt (KW) yang memanfaatkan aliran air (irigasi, sungai atau air terjun) di pedesaan sebagai sumber tenaga (Ardhau, 2009; Gippner, Dhakal, & Sovacool, 2013). Dalam Peraturan Menteri Kehutanan No. P.64/MenhutII/2013 tentang Pemanfaatan Air dan Energi Air di Suaka Margasatwa, Taman Nasional, Taman Hutan Raya, dan Taman Wisata Alam dinyatakan bahwa PLTMH adalah pembangkit listrik dengan menggunakan energi air yang menghasilkan tenaga listrik dengan daya kurang dari 1.000 kilowatt. PLTMH merupakan alternatif sumber energi listrik yang potensial untuk dikembangkan karena

ketersediaannya di daerah hulu DAS. PLTMH merupakan teknologi yang sudah mapan dan diimplementasikan sebagai sumber listrik perdesaan di seluruh dunia (Ardhau, 2009; North, 2010; Nouni, Mullick, & Kandpal, 2009). PLTMH di Nepal digunakan sebagai penyedia listrik untuk daerah terpencil yang sebagian besar merupakan daerah miskin. PLTMH juga dapat berperan sebagai sarana yang ideal untuk mendukung pembangunan perdesaan berkelanjutan (Gippner, Dhakal, & Sovacool, 2013).

PLTMH merupakan sumber energi terbarukan karena air secara terus-menerus mengisi ulang melalui siklus hidrologi bumi (Kaldellis, 2007; Kaldellis, Vlachou, & Korbakis, 2005; Panwar, Kaushik, & Kothari, 2011). PLTMH juga dikenal sebagai sumber energi bersih yang bebas polusi dan ramah lingkungan (Ardhau, 2009). Girma (2016) menyatakan bahwa di Ethiopia, pembangunan PLTMH mengurangi emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida sebesar 96.685,45 kg/tahun, sulfur dioksida sebesar 4,1917 kg/tahun, dan nitrogen dioksida sebesar 20.500 kg/tahun (dibandingkan dengan pembangkit listrik berbahan bakar fosil).

PLTMH mempunyai profil tekno-ekonomi yang bagus (Ardhau, 2009; Girma, 2016; Kaldellis, 2007; Kaldellis *et al.*, 2005; Suarda, 2009; Subekti & Sudibyo, 2011). Kaldellis *et al.* (2005) dan Kaldellis (2007) menyatakan bahwa pembangunan dan operasionalisasi PLTMH sebagai sumber energi listrik di Yunani mempunyai prospek finansial yang menarik dan ramah lingkungan, dan menjadi solusi kekurangan energi listrik. PLTMH juga tergolong energi yang murah. Aprianti (2009) menyatakan bahwa pembangunan PLTMH membutuhkan biaya sekitar Rp15.000.000,00 untuk setiap 1.000 watt. Ardhau (2009) menyatakan bahwa di India biaya energi listrik dari PLTH adalah US\$1.505 per KW. Biaya ini lebih murah dari energi alternatif lainnya seperti pembangkit listrik tenaga angin (US\$10.065 per KW) dan tenaga matahari (US\$25.200 per KW). PLTMH juga lebih

murah bila dibandingkan dengan panas bumi dan nuklir untuk menghasilkan listrik. Murni, Whale, Urme, Davis, & Harries (2012) menyatakan bahwa di Kayan Mentarang, listrik yang dihasilkan dari PLTMH lebih murah daripada listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga surya maupun angin. Listrik dari tenaga surya lebih mahal dibandingkan dari PLTMH karena harga alat sistem pembangkit listrik tenaga surya lebih mahal daripada peralatan untuk PLTMH. Selain murah, pengerjaan pembangunan PLTMH dapat dilakukan masyarakat secara swadaya dan bergotong royong. Gippner *et al.* (2013) menyatakan bahwa di Nepal, kehadiran PLTMH menghemat pengeluaran energi di tingkat rumah tangga dengan cara menurunkan konsumsi minyak tanah rata-rata sebesar 21 liter per bulan, serta ribuan liter solar yang sebelumnya digunakan untuk pertukangan perdesaan dan pengolahan pertanian.

Sumatera Selatan memiliki pembangkit listrik mikro hidro, panas bumi, tenaga diesel, dan pembangkit listrik tenaga gas yang tidak terdistribusi secara merata di seluruh wilayah Provinsi Sumatera Selatan. Rasio elektrifikasi Sumatera Selatan adalah 71% dan rasio desa berlistrik adalah 88%. Sekitar 376 desa dari 3.186 desa yang ada di Sumatera Selatan belum dialiri listrik. Desa tanpa aliran listrik sebagian besar berada di wilayah pegunungan di hulu DAS dan daerah perbatasan (Noerdin, 2014). Sementara, hulu sungai memiliki potensi untuk menghasilkan listrik tenaga air. Potensi PLTMH di Provinsi Sumatera Selatan adalah sekitar 13,47 MW (Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia, 2006; Subekti & Sudiby, 2011). LIPI (2009) memperkirakan bahwa potensi tenaga air yang ada mampu untuk menghasilkan 75.000 MW listrik, sedangkan pemanfaatannya baru sekitar 2,5% dari potensi yang ada.

Mikro hidro di Indonesia mempunyai prospek yang bagus untuk dikembangkan sebagai sumber energi listrik. Namun demikian, pengembangan mikro hidro di

Indonesia terkendala pada tidak adanya kebijakan yang komprehensif dan skema pendanaan yang sesuai yang dapat menarik investor swasta dalam program mikro hidro (Sitompul, 2013).

PLTMH memiliki kaitan yang erat dengan keberadaan hutan karena air merupakan salah satu nilai guna (*use value*) yang berasal dari hutan. PLTMH memanfaatkan hasil infiltrasi air di hutan yang muncul ke permukaan tanah sebagai mata air yang mengalir ke sungai atau saluran irigasi sebagai penggerak turbin PLTMH untuk menghasilkan listrik. Memperhatikan hubungan antara hutan dan siklus hidrologi, PLTMH tidak dapat dipisahkan dengan hutan sebagai penghasil air.

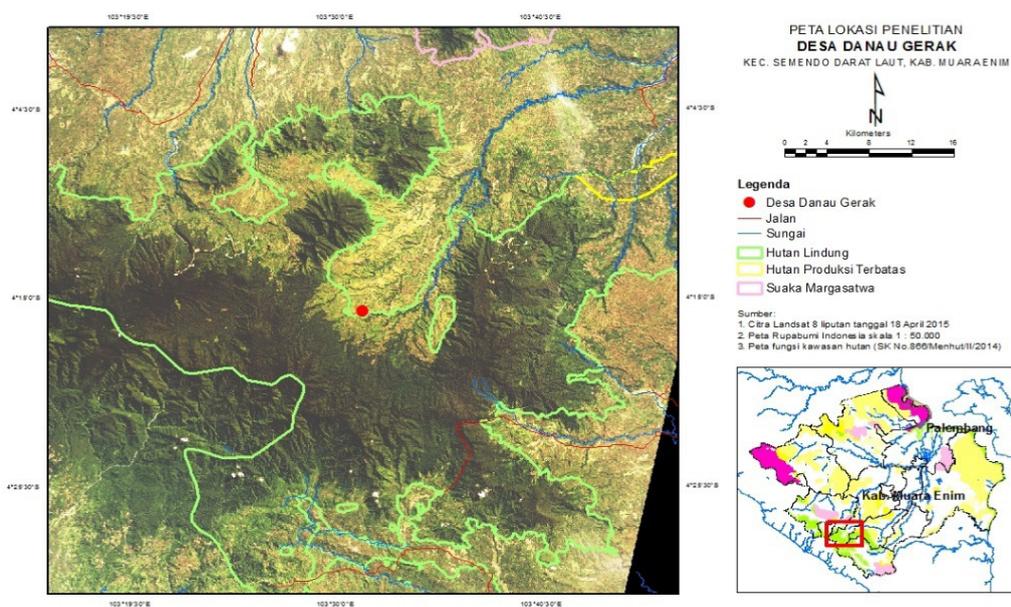
Tulisan ini bertujuan untuk menyajikan analisis finansial dan ekonomi pembangunan dan pengelolaan PLTMH skala kecil oleh masyarakat dengan studi kasus di Desa Danau Gerak, yang berada di hulu DAS Musi. Masyarakat Desa Danau Gerak memperoleh listrik dari PLTMH. Penelitian ini penting dilakukan karena hasil analisis diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan PLTMH sebagai sumber energi yang murah, bersih, dan terbarukan, serta mendukung konservasi sumberdaya hutan.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu

Penelitian dilakukan di Desa Danau Gerak, Kecamatan Semende Darat Ulu, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1). Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2015 sampai bulan Februari 2016.

Desa Danau Gerak dipilih sebagai lokasi penelitian karena PLTMH menjadi satu-satunya penghasil listrik bagi masyarakat selama bertahun-tahun. Salah satu manfaat air sebagai penghasil energi listrik mendorong masyarakat untuk menjaga hutan di hulu mata air.



Sumber (Source): Analisis citra landsat 8 liputan tanggal 18 April 2015, Peta Rupabumi Indonesia skala 1 : 50.000, dan Peta Fungsi Kawasan Hutan (SK No. 866/Menhut/II/2014) (Analysis of landsat image coverage on April 18th 2015, Indonesia Topographic Map scale of 1:50,000 and Forest Area Function Map (SK. No. 866/Menhut/II/2014)

Gambar 1 Peta lokasi penelitian
Figure 1 Map of research location.

PLTMH di Desa Danau Gerak memanfaatkan saluran irigasi (bahasa lokal: *siring*), yaitu *siring* Pelakat dan *siring* Budur. Terdapat tujuh turbin PLTMH swadaya masyarakat yang memanfaatkan saluran irigasi *siring* Pelakat, sedangkan tiga turbin PLTMH lainnya memanfaatkan aliran air *siring* Budur.

B. Pengumpulan Data

Data primer meliputi biaya dan manfaat pembangunan dan pengelolaan PLTMH. Data biaya yang dikumpulkan terdiri dari biaya pembangunan, operasional, dan pemeliharaan PLTMH. Data terkait manfaat yang dikumpulkan terdiri dari data pendapatan dan biaya yang terkait dengan pembangunan dan pengelolaan PLTMH. Data primer diperoleh melalui wawancara dengan masyarakat Desa Danau Gerak yang merupakan anggota kelompok yang mengelola PLTMH. Metode

pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah *snowball sampling*.

Responden awal diminta untuk mencalonkan orang lain dengan kriteria yang sama sebagai responden selanjutnya. Demikian selanjutnya hingga diperoleh semua data penelitian yang diperlukan untuk analisis data (Atkinson & Flint, 2001; Sang & Birnie, 2008). Data sekunder berupa informasi mengenai sejarah pengelolaan air di Desa Danau Gerak. Data sekunder diperoleh dari pengelola *siring* dan tokoh masyarakat dengan metode wawancara mendalam (*indepth interview*).

C. Analisis Data

Data yang diperoleh dari lapangan selanjutnya dianalisis dengan analisis finansial dan ekonomi. Analisis finansial dilakukan untuk mengetahui manfaat pembangunan dan pengelolaan PLTMH dari

sudut pandang entitas pemilik usaha, dalam hal ini adalah kelompok masyarakat pengelola PLTMH. Analisis ekonomi dilakukan untuk mengetahui manfaat kegiatan pembangunan dan pengelolaan PLTMH bagi masyarakat luas (Gregersen & Contreras, 1979).

Kriteria yang digunakan untuk menilai kelayakan pembangunan dan pengelolaan PLTMH adalah nilai manfaat bersih sekarang (*Net Present Value*, NPV) (Ondrej, 2014), rasio antara biaya dan manfaat (*Benefit Cost Ratio*, BCR), dan *Internal Rate of Return* (IRR) (Gregersen & Contreras, 1979; Ulya, 2014). Formulasinya adalah sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (2)$$

$$IRR = i_1 + \frac{NPV_1}{(NPV_1 + NPV_2)} (i_1 + i_2) \quad (3)$$

B_t =manfaat yang diperoleh pada waktu -t (Rp)

C_t =biaya yang dikeluarkan pada waktu -t (Rp)

t =tahun

r =discount rate

Kriteria kelayakan yang digunakan adalah apabila nilai NPV lebih besar dari nol, BCR lebih besar dari satu, dan IRR yang merupakan tingkat diskonto di mana nilai sekarang bersih dari biaya (arus kas negatif) investasi sama dengan nilai sekarang bersih dari manfaat (arus kas positif) investasi (Gregersen & Contreras, 1979; Ulya, 2014).

Asumsi yang digunakan dalam analisis finansial dan ekonomi adalah:

1. Jangka waktu analisis adalah 10 tahun;
2. Tingkat suku bunga yang digunakan adalah 12%, yang merupakan tingkat suku bunga pinjaman saat kegiatan penelitian dilakukan;
3. Kapasitas PLTMH adalah 3.000 watt dan terdistribusi merata di setiap kelompok;
4. Waktu operasional harian PLTMH adalah

12 jam (jam enam sore sampai jam enam pagi), dan beroperasi sepanjang tahun; dan

5. Biaya penggunaan air dari saluran irigasi adalah Rp1.000.000,00 dibayar sekali di awal operasional PLTMH kepada lembaga pengelola irigasi (*siring*).

Analisis kelayakan usaha dilakukan untuk dua skema pendanaan operasional yang berlaku di kelompok-kelompok pengelola PLTMH di Desa Danau Gerak, yaitu:

1. Pendanaan operasional PLTMH dengan iuran bulanan tetap (Skema A); dan
2. Pendanaan operasional PLTMH dengan iuran insidental (Skema B).

Kedua skema (A dan B) selanjutnya dianalisis dengan analisis finansial dan ekonomi yang mengacu pada model tarif yang diberlakukan oleh PLN untuk mengetahui keberlanjutan PLTMH dari aspek ekonomi. Terdapat dua skenario alternatif, yaitu:

1. Skenario I: analisis dengan skema tarif listrik PLN bersubsidi; dan
2. Skenario II: analisis dengan skema tarif listrik PLN pada harga keekonomian

Pembedaan analisis berdasarkan skema pendanaan operasional dilakukan untuk mengetahui hubungan antara skema pendanaan operasional dengan kelayakan secara finansial dan keberlanjutan PLTMH (Gregersen & Contreras, 1979; Murni *et al.*, 2012; Purwanto, 2011).

Pada analisis finansial, nilai manfaat finansial diperoleh dari perkalian antara output fisik dengan harga per unit *output*. Manfaat finansial PLTMH dihitung pada harga *output* yang berupa jumlah listrik yang dihasilkan (*watt*) dengan harga listrik apabila masyarakat harus membayar penggunaan listrik PLN. Biaya finansial merupakan jumlah keseluruhan biaya *input* yang digunakan untuk membiayai kegiatan pembangunan dan operasional PLTMH.

Analisis ekonomi dilakukan dengan tahapan yang tidak berbeda dengan analisis finansial. Harga listrik yang digunakan dalam analisis ekonomi untuk menghitung

manfaat ekonomi adalah harga ekonomi listrik. Upah tenaga kerja yang digunakan dalam analisis ekonomi adalah Upah Minimum Kabupaten (UMK) Muara Enim, yang besarnya mengikuti Upah Minimum Provinsi (UMP) Sumatera Selatan (Keputusan Gubernur Sumatera Selatan No. 675/KPTS/DISNAKERTRANS/2014).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengelolaan PLTMH di Desa Danau Gerak

Desa Danau Gerak merupakan salah satu desa di Sumatera Selatan yang belum mendapat pelayanan listrik PLN sampai bulan Desember 2015. Masyarakat di Desa Danau Gerak pada awalnya menggunakan lampu minyak untuk penerangan. Mulai tahun 1980-an sebagian penduduk Desa Danau Gerak mulai membangun PLTMH untuk memperoleh listrik.

Ide untuk membangun PLTMH muncul setelah melihat contoh di desa lain dengan

kondisi yang sama, yaitu mempunyai aliran air atau saluran irigasi dengan beda ketinggian. Turbin yang digunakan untuk PLTMH pada awalnya berupa turbin besar yang terbuat dari kayu dengan diameter sekitar 2 meter. Pada tahun 2003, masyarakat mulai beralih ke turbin *crossflow* D200 (diameter rotor 200 mm) yang lebih efisien dibandingkan dengan turbin tradisional (Nugroho & Salatta, 2015) dan umum digunakan di Indonesia (Gambar 2). Adanya turbin yang lebih efisien dan tersedia di pasar mendorong masyarakat untuk membangun PLTMH skala kecil.

PLTMH dibangun dan dikelola secara swadaya oleh masyarakat secara berkelompok. Terdapat 10 kelompok yang mengelola 10 unit PLTMH dengan kapasitas listrik yang dihasilkan per unit sebesar 3 KW untuk 10 sampai 11 rumah.

Kelompok pengelola PLTMH masing-masing memiliki kepengurusan yang terdiri dari ketua, bendahara, dan datuk. Datuk bertugas mengoperasikan turbin (membuka dan menutup pintu air), mengawasi kebersihan



Sumber (Source): Foto oleh Nur Arifatul Ulya, 2015 (Photo by Nur Arifatul Ulya, 2015).

Gambar 2 PLTMH di Desa Danau Gerak
Figure 2 MHP in Danau Gerak village.

turbin dan saluran air, serta melakukan perbaikan kerusakan ringan. Perbaikan kerusakan berat dilakukan secara gotong royong oleh seluruh anggota kelompok.

Terdapat dua skema pendanaan operasional PLTMH di Desa Danau Gerak, yaitu dengan iuran bulanan tetap dan dengan iuran insidental. Pada kelompok dengan iuran bulanan tetap, seluruh biaya operasional

berasal dari iuran bulanan yang jumlahnya tetap. Kelompok dengan iuran insidental membiayai operasional dan pemeliharaan dengan cara mengumpulkan iuran pada saat diperlukan saja sehingga besarnya bervariasi sesuai kebutuhan (Tabel 1). Rincian biaya dan manfaat pada kedua skema disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 1. Komponen biaya dan manfaat PLTMH di Desa Danau Gerak
 Table 1. Cost and benefit components of MHP in Danau Gerak village

Uraian (<i>Description</i>)	Iuran bulanan tetap (<i>Fixed mothly dues</i>)	Iuran insidental (<i>Incidental dues</i>)
Pendapatan (<i>Income</i>)		
- Iuran awal (<i>Initial fee</i>)	√	√
- Iuran bulanan (<i>Monthly dues</i>)	√	
- Iuran insidental (<i>Incidental dues</i>)		√
Biaya (<i>Cost</i>)		
- Bahan dan alat: pembangunan, pengelolaan, operasional (<i>Materials and equipments: development, management, operational</i>)	√	√
- Tenaga kerja: pembangunan, pengelolaan, operasional (<i>Labor: development, management, operational</i>)	√	√
- Biaya penggunaan air irigasi/siring (<i>Fee of water irrigation usage</i>)	√	√

Sumber (*Source*): Data penelitian (*Research data*).

Keterangan (*Remarks*): √= iuran (*dues*)

Tabel 2. Rincian biaya dan manfaat PLTMH di Desa Danau Gerak dengan iuran bulanan tetap
 Table 2. Cost and benefit components of MHP in Danau Gerak village with fixed monthly dues

No.	Uraian (<i>Description</i>)	Volume	Harga (<i>Amount</i>) (Rp)
I.	Pendapatan (<i>Income</i>)		
	Iuran awal (<i>Initial fee</i>)	10 rumah	1.500.000,00
	Iuran per bulan (<i>Monthly dues</i>)	10 rumah	60.000,00
II.	Biaya (<i>Cost</i>)		
A.	Bahan dan alat (<i>Material and equipment</i>)		
	- Pipa paralon (<i>Paralon pipe</i>) 8 inch	4 batang	800.000,00
	- Turbin (<i>Turbine</i>)	1 buah	8.000.000,00
	- Dinamo (<i>Dynamo</i>) 3.000 watt	1 buah	2.000.000,00
	- Kabel induk (<i>Main cable</i>)	200 meter	10.000,00
	- Bambu (<i>Bamboo</i>)	5 batang	10.000,00
	- Seng (<i>Zinc sheet</i>)	2 keping	30.000,00
	- Kayu kaso (<i>Rafter wood</i>)	1 batang	40.000,00
	- Kayu panjang (<i>Long wood</i>)	1 batang	60.000,00
	- Fan belt	1 buah	90.000,00
	- Gemuk (<i>Vet</i>)	1 kaleng	20.000,00
	- Coal dinamis (<i>Dynamic coal</i>)	4 paket	25.000,00

No.	Uraian (<i>Description</i>)	Volume	Harga (<i>Amount</i>) (Rp)
	- Kuningan (<i>Brass</i>)	1 buah	150.000,00
B.	Tenaga kerja (<i>Labor</i>)		
	- Pembuatan PLTMH (<i>Development of MHP</i>)	70 HOK	35.000,00
	- Operasional (<i>Operational</i>)	22,8 HOK	35.000,00
C.	Biaya penggunaan air irigasi (<i>Fee of irrigation water usage</i>)	1 Paket	1.000.000,00

Sumber (*Source*): Data penelitian (*Research data*).

Tabel 3 Rincian biaya dan manfaat PLTMH di Desa Danau Gerak dengan iuran insidental
 Table 3 Cost and benefit components of MHP in Danau Gerak village with incidental dues

No.	Uraian (<i>Description</i>)	Volume	Harga (<i>Amount</i>) (Rp)
I.	Pendapatan (<i>Income</i>)		
	Iuran awal (<i>Initial fee</i>)	10 rumah	1.750.000,00
II.	Biaya (<i>Cost</i>)		
A.	Bahan dan alat (<i>Material and equipment</i>)		
	- Pipa paralon (<i>Paralon pipe</i>) 8 inch	4 batang	1.000.000,00
	- Turbin (<i>Turbine</i>)	1 buah	6.000.000,00
	- Dinamo (<i>Dynamo</i>) 3.000 watt	1 buah	1.500.000,00
	- Kabel induk (<i>Main cable</i>)	1.000 meter	10.000,00
	- Bambu (<i>Bamboo</i>)	20 batang	10.000,00
	- Seng (<i>Zinc sheet</i>)	5 keping	30.000,00
	- Kayu kaso (<i>Rafter wood</i>)	1 batang	40.000,00
	- Kayu panjang (<i>Long wood</i>)	1 batang	200.000,00
	- Cat (<i>Paint</i>)	1 kaleng	25.000,00
	- Fan belt	4 buah	90.000,00
	- Gemuk (<i>Vet</i>)	2,5 kaleng	40.000,00
	- Coal dinamis (<i>Dynamic coal</i>)	4 paket	25.000,00
	- Kuningan (<i>Brass</i>)	1 buah	150.000,00
B.	Tenaga kerja (<i>labor</i>)		
	- Pembuatan PLTMH (<i>development of MHP</i>)	180 HOK	35.000,00
	- Pembersihan turbin (<i>turbine cleaning</i>)	44 HOK	35.000,00
	- Operasional harian (<i>daily operational</i>)	45,6 HOK	35.000,00
C.	Biaya penggunaan air irigasi (<i>fee of irrigation water usage</i>)	1 Paket	1.000.000,00

Sumber (*Source*): Data penelitian (*Research data*).

Beberapa studi (Ardhau, 2009; Murni *et al.*, 2012; Octaviani, 2012; Purwanto & Afifah, 2016) menunjukkan bahwa operasional dan pemeliharaan merupakan faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam pengelolaan PLTMH. Sementara masyarakat di Desa Danau Gerak mengelola PLTMH dengan pola sederhana, padahal untuk keberlanjutan

pasokan listrik dari PLTMH diperlukan pengetahuan teknis maupun ekonomi yang memadai. Teknologi yang digunakan oleh PLTMH tidak rumit, tetapi membutuhkan penanganan khusus agar dapat beroperasi dengan baik untuk jangka waktu panjang. Girma (2016) menyatakan bahwa ketiadaan keahlian aspek teknis dan rendahnya tarif jasa

listrik dari PLTMH merupakan hambatan bagi pengembangan PLTMH di Ethiopia.

Skema pendanaan untuk operasional PLTMH yang berlaku di lokasi penelitian saat ini diragukan mampu menjamin keberlanjutan PLTMH setelah habis masa pakai alat. Gregersen & Contreras (1979) dan Liapis & Kantianis (2015) menyatakan bahwa dalam kerangka analisis finansial dan ekonomi, barang modal seperti mesin (dalam hal ini turbin PLTMH) mempunyai masa pakai atau waktu di mana barang modal yang lama tidak lagi dapat berfungsi seperti semula dalam menghasilkan manfaat. Mengacu pada kerangka analisis finansial dan ekonomi, untuk menjamin keberlanjutan manfaat PLTMH, diperlukan penyisihan pendapatan dengan besaran sesuai dengan nilai barang modal (turbin PLTMH). Hasil penyisihan (depresiasi) ini selanjutnya digunakan untuk membeli turbin baru pada periode selanjutnya, setelah masa pakai turbin habis. Sementara hasil wawancara dengan masyarakat yang merupakan anggota kelompok pengelola PLTMH memberikan informasi bahwa untuk mendapatkan PLTMH baru ketika masa pakai PLTMH habis adalah dengan mengumpulkan iuran lagi seperti pada saat pertama kali dilaksanakan pembangunan PLTMH. Selain itu, pemeliharaan yang diberikan pada turbin PLTMH sangat sederhana karena mereka beranggapan bahwa bagian peralatan yang rusak dapat diganti komponennya melalui iuran yang dikumpulkan. Dengan demikian, pengetahuan masyarakat terutama dalam hal aspek ekonomis untuk mendukung keberlanjutan PLTMH sebagai pemasok listrik perlu ditingkatkan. Salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas masyarakat adalah memberikan pengetahuan dan pemahaman tentang analisis usaha dan teknis dalam konteks keberlanjutan PLTMH.

Peningkatan kapasitas masyarakat seyogianya diarahkan pada upaya pemanfaatan PLTMH tidak hanya sekedar untuk listrik penerangan, melainkan untuk pengembangan ekonomi pedesaan melalui *productive use of*

energy (PUE). PUE diartikan sebagai kegiatan di bidang pertanian, komersial, dan industri yang menggunakan jasa energi sebagai input utama untuk menghasilkan barang atau penyediaan jasa (Mayer-Tasch, 2013). Gippner *et al.* (2013) menginformasikan bahwa di Nepal, masyarakat dilatih untuk menggunakan listrik yang dihasilkan oleh PLTMH untuk berbagai aktivitas produktif. Anggota masyarakat awalnya dilatih dengan beberapa aktivitas ekonomi produktif dalam rangka memanfaatkan listrik yang dihasilkan oleh PLTMH seperti pembuatan dupa, menjahit, beternak babi, membuat sabun cuci, penggergajian kayu skala kecil, ukiran kayu, dan lukisan *Thanka*. Anggota masyarakat selanjutnya memilih aktivitas ekonomi produktif yang diminati saja.

Listrik yang dihasilkan oleh PLTMH di Desa Danau Gerak diharapkan dapat dimanfaatkan untuk kegiatan ekonomi produktif seperti penggilingan padi dan pengolahan kopi (Kabupaten Muara Enim merupakan salah satu penghasil kopi utama di Sumatera Selatan). Mengingat terbatasnya kapasitas PLTMH, maka aktivitas pemanfaatan listrik dari PLTMH untuk penggilingan padi dan pengolahan kopi dilakukan pada waktu tertentu saja. Pemanfaatan listrik untuk penggilingan padi dan pengolahan kopi dilakukan pada siang hari setelah musim panen. Mesin penggilingan padi dan pengolahan kopi dapat dikelola oleh kelompok PLTMH, berpeluang memberikan pendapatan bagi kelompok. Pendanaan diperoleh dari pengelolaan PLTMH diharapkan mampu menjadi sumber dana bergulir untuk pembangunan perekonomian masyarakat di desa.

Akses masyarakat terhadap listrik yang dapat diandalkan dan terjangkau merupakan prasyarat bagi pertumbuhan ekonomi dan pengurangan kemiskinan, terutama bagi masyarakat di daerah perdesaan. PLTMH merupakan cara sederhana dan efektif bagi masyarakat untuk mengembangkan aktivitas ekonomi rumah tangga dan meningkatkan taraf hidup.

Tabel 4 Analisis finansial pembangunan dan pengelolaan PLTMH di Desa Danau Gerak pada tingkat suku bunga 12%

Table 4 Financial analysis of development and management of MHP in Danau Gerak village on the interest rate of 12%

No.	Pendanaan operasional (<i>Operational funding</i>)	FNPV (Rp)	FBCR	FRR (%)
1.	Skema A (<i>Scheme A</i>)	-13.389.000,00	0,58	55,00
2.	Skema B (<i>Scheme B</i>)	-10.140.000,00	0,83	0,01

Sumber (*Source*): Analisis data primer (*Primary data analysis*).

B. Analisis Finansial dan Ekonomi PLTMH di Desa Danau Gerak

Hasil analisis finansial pembangunan dan pengelolaan PLTMH swadaya masyarakat di Desa Danau Gerak disajikan pada Tabel 4.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pembangunan dan pengelolaan PLTMH secara swadaya oleh masyarakat di Desa Danau Gerak menurut kaidah analisis usaha dinyatakan tidak layak. Hal ini ditunjukkan oleh nilai manfaat finansial bersih sekarang (*Financial Net Present Value/FNPV*) negatif, nilai perbandingan antara biaya dan manfaat finansial (*Financial Benefit Cost Ratio/FBCR*) kurang dari satu dan nilai harapan *Financial Rate of Return* (FRR) lebih kecil dari tingkat suku bunga yang merupakan oportunitas kapital dari kegiatan pembangunan PLTMH. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan PLTMH oleh masyarakat pada saat ini belum mempertimbangkan kaidah-kaidah kelayakan usaha maupun biaya dan manfaat finansial dari suatu kegiatan sebagai salah satu indikator keberlanjutan pengelolaan.

Analisis skenario I dan skenario II dilakukan untuk mengetahui bentuk pengelolaan yang layak secara finansial maupun ekonomi untuk keberlanjutan PLTMH. Skema pembiayaan yang diacu pada skenario I dan skenario II adalah skema tarif PLN dengan sistem pasca bayar, yaitu dengan sistem biaya beban yang dibayar rutin setiap bulan dan biaya penggunaan daya listrik.

Skenario I merupakan analisis finansial yang mengacu pada standar beban dan daya listrik PLN untuk rumah tangga dengan

batas daya sampai dengan 450 VA (Permen ESDM No. 31 tahun 2014). Harga ini diacu karena rata-rata daya listrik yang diperoleh untuk setiap rumah tangga pengguna listrik dari PLTMH di Desa Danau Gerak adalah 250 VA (< 450 VA). Hasil analisis finansial pembangunan dan pengelolaan PLTMH swadaya di Desa Danau Gerak untuk skenario I disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa pembangunan dan pengelolaan PLTMH di Desa Danau Gerak dengan skenario I layak untuk diusahakan. PLTMH swadaya masyarakat di Desa Danau Gerak layak untuk diusahakan apabila pengelolaan dilakukan dengan menggunakan skema tarif seperti skema listrik pasca bayar PLN untuk batas daya sampai dengan 450 VA (Biaya beban Rp11.000,00, tarif 0-30 KWh = Rp169,00, tarif > 30-60 KWh = Rp360,00, dan tarif > 60 KWh = Rp495,00). Skenario II merupakan analisis ekonomi untuk pembangunan dan pengelolaan PLTMH swadaya di Desa Danau Gerak. Pada skenario II, baik untuk skema A maupun skema B pembiayaan operasional diubah dengan sistem biaya beban dan biaya penggunaan daya listrik sebagai sumber pendapatan. Standar beban dan daya listrik mengacu pada standar tarif listrik PLN untuk rumah tangga dengan batas daya sampai dengan 1.300 VA (Permen ESDM No. 31 tahun 2014), yang dianggap sebagai harga keekonomian. Pengelolaan PLTMH layak secara ekonomi apabila menggunakan skema biaya beban dan biaya pemakaian daya listrik pada tarif keekonomian (Tabel 6).

Tabel 5 Analisis finansial pembangunan dan pengelolaan PLTMH di Desa Danau Gerak pada tingkat suku bunga 12% untuk skenario I

Table 5 Financial analysis of development and management of the MHP in Danau Gerak village on the interest rate of 12% for scenario I

No.	Pendanaan operasional (<i>Operational funding</i>)	FNPV (Rp)	FBCR	FRR (%)
1.	Skema A (<i>Scheme A</i>)	88.659.000,00	3,16	12,00
2.	Skema B (<i>Scheme B</i>)	82.944.000,00	2,33	53,3

Sumber (*Source*): Analisis data primer (*Primary data analysis*).

Tabel 6 Analisis ekonomi pembangunan dan pengelolaan PLTMH di Desa Danau Gerak pada tingkat suku bunga 12% untuk skenario II

Table 6 Economic analysis of development and management of the MHP in Danau Gerak village on the interest rate of 12% for scenario I

No.	Pendanaan operasional (<i>Operational funding</i>)	ENPV (Rp)	EBCR	EIRR (%)
1.	Skema A (<i>Scheme A</i>)	9.901.000,00	1,31	11,99
2.	Skema B (<i>Scheme B</i>)	17.244.000,00	1,54	139,1

Sumber (*Source*): Analisis data primer (*Primary data analysis*).

Informasi mengenai kelayakan usaha pembangunan dan pengelolaan PLTMH swadaya masyarakat di Desa Danau Gerak penting dalam rangka keberlanjutan pasokan energi listrik dari PLTMH. Hasil analisis finansial dan ekonomi yang disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa keberlanjutan PLTMH akan lebih mungkin tercapai apabila pendapatan yang diperoleh dari iuran dibayarkan secara rutin dapat menutupi semua biaya yang diperlukan untuk pengelolaan. Oleh karena itu perlu ditetapkan besaran tarif listrik seperti skema listrik pasca bayar PLN untuk batas daya sampai 450 VA sehingga total pendapatan yang diharapkan mampu menutupi biaya modal maupun operasional.

Gippner *et al.* (2013) menyatakan bahwa di Ethiopia, salah satu penjelasan di balik kesuksesan pengelolaan PLTMH adalah dengan menempatkan kelebihan pendapatan kembali ke dalam operasional dan pemeliharaan. Beberapa manajemen PLTMH juga menyiapkan koperasi untuk mengelola dana yang dikumpulkan dari tarif penggunaan listrik PLTMH. Dana ini selanjutnya digunakan sebagai sumber dana keuangan

mikro bagi anggota masyarakat.

Pengelolaan PLTMH swadaya masyarakat di Desa Danau Gerak dapat mengadopsi skema pengelolaan seperti yang dikemukakan oleh Gippner *et al.* (2013). Langkah pertama yang harus dilakukan adalah dengan mengubah skema tarif. Keberlanjutan PLTMH memerlukan tarif listrik yang mampu menutupi biaya operasi dan pemeliharaan sesuai dengan kriteria teknis. Selanjutnya dana yang diperoleh dikelola oleh lembaga usaha (misalnya koperasi) untuk selanjutnya dikelola sebagai sumber keuangan mikro untuk usaha masyarakat. Penggunaan listrik yang dihasilkan oleh PLTMH juga didorong untuk mendukung aktivitas ekonomi produktif. Demikian seterusnya sehingga pengembangan PLTMH mampu memberikan dampak pengganda bagi perekonomian masyarakat.

C. Konservasi Sumberdaya Hutan dan PLTMH

Istilah 'konservasi' terdiri dari kata *con* (bersama) dan *servare* (simpan/selamatkan) yang dapat dipahami sebagai upaya untuk mempertahankan atau menggunakan

secara bijaksana. Saat ini konservasi dapat diterjemahkan sebagai penggunaan sumberdaya alam secara bijaksana atau pengelolaan untuk pemanfaatan berkelanjutan (Iswandono, Zuhud, Hikmat, & Kosmaryandi, 2015).

Hutan merupakan lingkungan budaya yang secara keseluruhan menjadi pondasi kehidupan yang menopang sumberdaya hutan. Budaya terbentuk dari hubungan timbal-balik secara kontiniu antara masyarakat dengan lingkungan dan sumberdaya hutan (Iswandono *et al.*, 2015). Masyarakat yang tinggal di sekitar hutan selama hidupnya beradaptasi dengan karakteristik lingkungan alam sekitarnya. Masyarakat Desa Danau Gerak awalnya membangun saluran irigasi untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertanian. Saluran irigasi dibuat dari sungai yang berhulu di hutan ke areal persawahan. Interaksi antara masyarakat dengan pertanian sawah, air, dan hutan selama ratusan tahun memberikan pengetahuan yang membentuk budaya masyarakat.

Interaksi tersebut di atas menjadikan masyarakat Desa Danau Gerak yang merupakan rumpun suku Semende memiliki kesadaran akan pentingnya menjaga (konservasi) hutan sebagai hulu air. Kesadaran ini sudah menjadi suatu mekanisme sosial yang berjalan di dalam kehidupan masyarakat Semende. Martin, Suharjo, Darusman, Sunito, & Winarno (2016) menyatakan bahwa hubungan sawah-hutan menjadi pengetahuan ekologi tradisional yang mampu mendorong konservasi hutan yang merupakan hulu air.

Pengembangan PLTMH sebagai sumber energi listrik di wilayah hulu DAS sebenarnya tidak cukup hanya dipandang sebagai suatu penerapan teknologi tepatguna saja, tetapi juga memiliki makna sebagai suatu bentuk diversifikasi produk jasa lingkungan air yang berasal dari hutan. Air yang mengalir melalui saluran irigasi di Desa Danau Gerak awalnya hanya ditujukan untuk irigasi sawah dan sumber air rumah tangga saja, saat ini juga dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Keberadaan PLTMH menjadikan pemanfaatan

air semakin beragam dan manfaat air semakin dirasakan oleh masyarakat.

Diversifikasi pemanfaatan air di Desa Danau Gerak seperti dikemukakan di atas mampu meningkatkan hubungan positif antara masyarakat dengan hutan sebagai sumber air (*ulu ayek*). Hal ini diwujudkan dengan adanya aksi kolektif masyarakat desa untuk menjaga hutan sebagai sumber air melalui kelompok pengelola saluran irigasi (*siring*). Masyarakat Desa Danau Gerak menjaga hutan sebagai sumber air dengan menetapkan aturan-aturan tertulis yang harus dipatuhi oleh seluruh masyarakat pengguna air, baik yang tergabung dalam kelompok pengelola air irigasi (*siring*) maupun yang tidak tergabung dalam kelompok *siring*. Aturan tersebut antara lain adalah adanya larangan untuk menebang pohon di hutan yang merupakan hulu air (DAS) dan di sekitar saluran irigasi. Selain, itu juga ada kegiatan gotong royong untuk menjaga dan memperbaiki *siring* apabila terjadi kerusakan. Masyarakat Desa Danau Gerak menjadikan konservasi sumberdaya hutan sebagai aturan dalam pengelolaan *siring*.

Pada masa lalu sebelum jumlah penduduk desa semakin banyak dan kebun belum terlalu luas, sumber air irigasi tidak hanya berasal dari hutan saja, melainkan juga berasal dari pohon-pohon di sekitar desa. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan meluasnya kebun, dapat dikatakan bahwa hutan adalah sumber air *siring*. Kesadaran akan pentingnya hutan sebagai sumber air dan meningkatnya manfaat air meningkatkan hubungan positif masyarakat Desa Danau Gerak dengan hutan. Peningkatan hubungan positif masyarakat dengan hutan mendorong peningkatan kepedulian pada kondisi hutan di hulu DAS sehingga masyarakat secara swadaya menjadikan konservasi sumberdaya hutan sebagai bagian dari budaya. Secara nyata di lapangan, hal ini terlihat dalam bentuk penyertaan konservasi hutan yang berfungsi sebagai hulu DAS (*ulu ayek*) sebagai bagian dari aturan pengelolaan *siring*

di tingkat desa. Aturan tersebut diwujudkan dalam kegiatan gotong royong dalam rangka pemeliharaan dan perbaikan siring, pelarangan penebangan pohon di sekitar siring dan mata air, dan adanya sanksi bagi masyarakat yang melanggar aturan yang sudah melembaga pada masyarakat desa.

Manfaat yang berupa ketersediaan energi listrik dari PLTMH sebenarnya dapat dianggap sebagai insentif ekonomi bagi masyarakat yang menjaga hutan sebagai hulu air. Keberadaan berbagai manfaat insentif yang bersumber dari keberadaan air (antara lain listrik dari PLTMH) juga berperan dalam mendorong masyarakat melakukan tindakan konservasi sumberdaya hutan. Schaafsma *et al.* (2014) menyatakan bahwa tanpa manfaat atau insentif ekonomi yang layak maka masyarakat tidak akan melakukan tindakan yang mengarah pada konservasi sumberdaya hutan.

Interaksi masyarakat di Desa Danau Gerak dengan hutan sebagai hulu air melahirkan pengetahuan ekologis tradisional yang menjadi mekanisme sosial. Pengetahuan ekologis tradisional masyarakat Desa Danau Gerak dalam kaitannya dengan hutan dan air yang diintegrasikan dengan manajemen modern diharapkan dapat menjadi dasar pengelolaan hutan di hulu DAS. Rist, Shaanker, & Ghazoul (2010) menyatakan bahwa pengetahuan ekologi tradisional yang diintegrasikan dalam manajemen adalah metode yang efisien dalam hal waktu dan biaya pengelolaan konservasi dan juga solusi masalah sosial.

Penggunaan pengetahuan ekologi tradisional sangat relevan dalam perencanaan konservasi dan penilaian sumberdaya dengan alasan efisiensi, peningkatan, dan keterlibatan masyarakat (Iswandono *et al.*, 2015). Pelibatan masyarakat beserta pengetahuannya yang sudah menjadi mekanisme sosial dan sebagai penerima manfaat langsung dari keberadaan hutan (antara lain dengan adanya listrik dari PLTMH) diharapkan akan menjadikan konservasi sumberdaya hutan di hulu DAS menjadi melembaga dan lestari.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Skema pembangunan dan pengelolaan PLTMH swadaya masyarakat yang saat ini sedang berjalan di Desa Danau Gerak berdasarkan hasil analisis usaha tidak mampu menjamin kelestarian dalam jangka panjang. Masyarakat Desa Danau Gerak perlu ditingkatkan pengetahuannya, baik secara teknis maupun ekonomis untuk keberlanjutan PLTMH dan pasokan listrik.

PLTMH swadaya masyarakat di Desa Danau Gerak layak untuk diusahakan minimal dengan menggunakan skema tarif listrik pascabayar PLN untuk batas daya sampai dengan 450 VA. Pembangunan dan pengelolaan PLTMH dengan menggunakan skema biaya beban dan biaya pemakaian daya listrik pada tarif keekonomian layak untuk diusahakan. Skema tarif PLN untuk batas daya 450 VA, masyarakat mampu membayar dan ada harapan keberlanjutan PLTMH, sehingga tidak perlu penerapan tarif keekonomian karena masyarakat tidak mampu membayar tarif skema keekonomian.

Diversifikasi pemanfaatan air di kawasan hulu DAS mendorong peningkatan hubungan positif masyarakat dengan hutan sehingga meningkatkan kesadaran kolektif masyarakat di sekitar hutan untuk menjaga dan berperan dalam konservasi hutan. Konservasi sumberdaya hutan dengan pelibatan masyarakat penerima manfaat langsung dari keberadaan hutan sebagai sumber air diharapkan dapat melembaga dan lestari.

B. Saran

PLTMH merupakan alternatif sumber energi terbarukan yang mendukung konservasi sumberdaya hutan di hulu DAS. Dengan mempertimbangkan keunggulan-keunggulan PLTMH seperti tekno-ekonomi, kemampuannya menghasilkan energi terbarukan, kondisi geografis wilayah, dan rasio elektrifikasi di perdesaan Sumatera Selatan, maka sepatutnya pemerintah pusat

maupun daerah mendukung pengembangan PLTMH sebagai penyedia pasokan listrik di hulu DAS melalui kebijakan energi terbarukan yang komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH (ACKNOWLEDGEMENT)

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Palembang yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian pada tahun 2015 dan 2016 serta dewan redaksi dan editor yang telah membantu menyempurnakan naskah ini.

REFERENCES

- Aprianti, A. (2009). Energi mikrohidro masih jadi andalan. Retrieved January 6, 2016, from <http://www.energi.lipi.go.id>
- Ardhau, S. P. (2009). Economic analysis and application of small micro/hydro power plants. In *International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPO'09)* (p. 8). Valencia: European Association for the Development of Renewable Energies, Environment and Power Quality.
- Atkinson, R., & Flint, J. (2001). Accessing hard to reach populations for research: Snowball research strategies. *Social Research Update*. [https://doi.org/Available at: http://sru.soc.surrey.ac.uk/SRU33.html](https://doi.org/Available%20at%3A%20http://sru.soc.surrey.ac.uk/SRU33.html) (Accessed: December 2014)
- Bahrani, Suhendang, E., Darusman, D., & Alikodra, H. (2007). Pendekatan sistem dalam pendugaan nilai ekonomi total ekosistem hutan: Nilai guna hasil hutan kayu dan non kayu. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 4(3), 369–378.
- Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... van den Belt, M. (1998). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>.
- Deegen, P., & Seegers, C. (2011). Establishing sustainability theory within classical forest science: the role of Cameralism and classical political economy. In J. G. Backhaue (Ed.), *Physiocracy. Springer, Antiphysiocracy and Pfeiffer* (pp. 155–168). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7497-6_11.
- Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral Republik Indonesia. (2006). Blueprint Pengelolaan Energi Nasional (BP-PEN) 2005-2025. Retrieved January 6, 2016, from http://www.esdm.go.id/assets/admin/file/pub/Blueprint_PEN_tgl_10_Nop_2007.pdf.
- Gippner, O., Dhakal, S., & Sovacool, B. K. (2013). Microhydro electrification and climate change adaptation in Nepal: socioeconomic lessons from the Rural Energy Development Program (REDP). *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 18, 407–427. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9367-5>.
- Girma, Z. (2016). Techno-economic feasibility of small scale hydropower in Ethiopia: The case of the Kulfo River, in Southern Ethiopia. *Journal of Renewable Energy*, 1–12. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2016/8037892>.
- Gregersen, H. M., & Contreras, A. H. (1979). *Economic analysis of forestry project*. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations.
- Iswandono, E., Zuhud, A., Hikmat, A., & Kosmaryandi, N. (2015). Integrating local culture into forest conservation: A case study of the Manggarai Tribe in Ruteng Mountains, Indonesia. *JMHT*, 21(August), 55–64. <https://doi.org/10.7226/jtfm.21.2.55>.
- Kaldellis, J. K. (2007). The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece: Technical and economic considerations. *Energy Policy*, 35, 2187–2196. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.06.021>.
- Kaldellis, J. K., Vlachou, D. S., & Korbakis, G. (2005). Techno-economic evaluation of small hydro power plants in Greece: a complete sensitivity analysis. *Energy Policy*, 33, 1969–1985. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.03.018>.
- Liapis, K. J., & Kantianis, D. D. (2015). Depreciation methods and life-cycle costing (LCC) methodology. *Procedia Economics and Finance*, 19(15), 314–324. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(15\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00032-5).
- LIPI. (2009). PLTMH-Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Retrieved June 22, 2016, from <http://www.energi.lipi.go.id>.
- Martin, E., Suhardjito, D., Darusman, D., Sunito, S., & Winarno, B. (2016). Tunggu Tubang and Ulu-Ayek: Social mechanism of sustainable protected forest management. *JMHT*, 22(2), 85–93. <https://doi.org/10.7226/jtfm.22.2.85>.
- Mayer-Tasch, L. (2013). Promoting productive use of energy in the framework of energy access programmes. Addis Abeba: GIZ.

- Murni, S., Whale, J., Urme, T., Davis, J., & Harries, D. (2012). The role of micro hydro power systems in remote rural electrification: a case study in the Bawan Valley, Borneo. In *Procedia Engineering* (Vol. 49, pp. 189–196). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.10.127>.
- Noerdin, A. (2014, October). Gubernur peringati hari listrik nasional ke-69. Retrieved January 6, 2016, from <http://www.alexnoerdin.info/index.php/berita/index/1/2014/10/27/599>.
- North, P. (2010). Eco-localisation as a progressive response to peak oil and climate change – a sympathetic critique. *Geoforum*, 41, 585–594.
- Nouni, M., Mullick, S., & Kandpal, T. (2009). Providing electricity access to remote areas in India: Niche areas for decentralized electricity supply. *Renewable Energy*, 34(2), 430–434.
- Nugroho, H. Y. S., & Salatta, M. K. (2015). *PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro): Panduan lengkap membuat sumber energi terbarukan secara swadaya*. Yogyakarta.: CV. Andi Offset.
- Nurfatriani, F. (2006). Konsep nilai ekonomi total dan metode penilaian sumberdaya hutan. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 3(1), 1–16.
- Nurfatriani, F., & Handoyo. (2007). Nilai ekonomi manfaat hidrologis hutan di DAS Brantas Hulu untuk pemanfaatan non-komersial. *Info Sosial Ekonomi*, 7(3), 193–214.
- Octaviani, A. (2012). *Analisis ekonomi pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Desa Megamendung, Kecamatan Megamendung, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat*. Institut Pertanian Bogor. Retrieved January 18, 2017, from <http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/60691/1/H12aao.pdf>.
- Ondrej, Z. (2014). Net present value approach: method for economic assessment of innovation projects. In *19th International Scientific Conference; Economics and Management 2014, ICEM 2014, 23-25 April 2014, Riga, Latvia* (Vol. 156, pp. 506–512). <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.11.230>.
- Panwar, N. L., Kaushik, S. C., & Kothari, S. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.037>.
- Purwanto. (2011). Analisis finansial dan ekonomi pembangkit listrik mikrohidro di beberapa lokasi, Propinsi Jawa Tengah, Indonesia. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 8(4), 251–264.
- Purwanto, W. W., & Afifah, N. (2016). Assessing the impact of techno socioeconomic factors on sustainability indicators of microhydro power projects in Indonesia: A comparative study. *Renewable Energy*, 93, 312–322. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.071>.
- Rist, L., Shaanker, R. U., & Ghazoul, J. (2010). The Use of Traditional Ecological Knowledge in Forest Management: an Example from India. *Ecology And Society*, 15(1), 3.
- Sang, N., & Birnie, R. (2008). Spatial sampling and public opinion in environmental management: A case study of the Ythan catchment. *Land Use Policy*, 25(1), 30–42. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.02.005>.
- Schaafsma, M., Morse-Jones, S., Posen, P., Swetnam, R. D., Balmford, A., Bateman, I. J., ... Turner, R. K. (2014). The importance of local forest benefits: Economic valuation of non-timber forest products in the eastern Arc mountains in Tanzania. *Global Environmental Change*, 24(1), 295–305. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.08.018>.
- Sitompul, R. F. (2013). *Analisis kebijakan dan aspek regulasi dalam pengembangan mikrohidro di Indonesia*. Jakarta: LIPI.
- Suarda, M. (2009). Kajian teknis dan ekonomis potensi pembangkit listrik tenaga mikro-hidro di Bali. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 3(2), 184–193.
- Subekti, R. A., & Sudiby, H. (2011). Kajian potensi dan tekno ekonomi pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) di wilayah sulawesi. Retrieved March 10, 2016, from <http://lipi.go.id/publikasi/kajian-potensi-dan-tekno-ekonomi-pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro-pltmh-di-wilayah-sulawesi/11351>
- Ulya, N. A. (2014). *Penilaian kawasan hutan rawa gambut berdasarkan nilai ekonomi total (Studi kasus di Merang Kepayang Sumatera Selatan)*. Universitas Gadjah Mada.
- Ulya, N. A., Warsito, S. P., Andayani, W., & Gunawan, T. (2014). Nilai ekonomi air untuk rumah tangga dan transportasi- Studi kasus di desa-desa sekitar hutan rawa gambut Merang Kepayang, Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21(2), 232–238.