

## KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) DI SUNGAI LEMATANG KOTA PAGAR ALAM

Handy Wibowo<sup>1</sup>, Arifin Daud<sup>2</sup>, dan M. Baitullah Al Amin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya  
(Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumatera Selatan)  
E-mail: [hanscivil.wreng@gmail.com](mailto:hanscivil.wreng@gmail.com)

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya  
(Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumatera Selatan)  
E-mail: [arifin\\_daud@yahoo.com](mailto:arifin_daud@yahoo.com)

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya  
(Jl. Raya Prabumulih KM 32 Indralaya, Sumatera Selatan)  
E-mail: [baitullah@unsri.ac.id](mailto:baitullah@unsri.ac.id)

### Abstract

Indonesia has a potential of renewable energy resources for mini-hydropower up to 450 MW. The energy resources development in Indonesia refers to Presidential Decree No.5/2006 on National Energy Policy, where the government aims to increase the capacity installed in micro-hydro power plants become 2,846 MW by year 2025. Pagar Alam City is a hilly area with an altitude range of 400 m – 3,400 m above sea level. The topography varies from 0° - 15°, to 45° slope. The average rainfall ranges 1,462 - 5,199 mm per year. In addition, Pagar Alam has several rivers, one of them is Lematang River. These conditions make Pagar Alam supposed to become potential area to develop micro-hydro power plants. This study deals with the planning of a micro-hydro power plant within Lematang River based on engineering and economic aspects. The study was done through several steps, i.e. 1) surveying and collecting data of river discharges, rainfall intensity, climatology parameters, and topographic map; 2) analysis of water availability, 3) hydraulic head analysis, 4) analysis of generated power for micro-hydro power plant, and 5) investment feasibility analysis for the constructions. The results of this study show that the availability of water in the river is 3.076 m<sup>3</sup>/s, the net hydraulic head is 11.442 m, the generated power is 165 kW for total efficiencies 47.9%, and the annual hydroelectricity production is 1.3 GWh/year. The investment feasibility analysis for the construction indicates that the planning of micro-hydro power plant development is feasible to implement.

**Key Words:** *hydropower, green energy, micro-hydro, engineering economics*

### 1. PENDAHULUAN

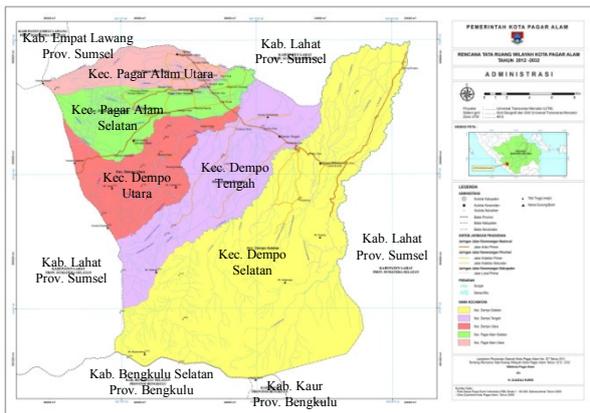
Tenaga air atau *hydropower* adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi listrik yang berasal dari energi kinetik air ini sering disebut sebagai *hydroelectric*. *Hydroelectric* menyumbang sekitar 715.000 MW atau sekitar 19% kebutuhan listrik dunia. Indonesia memiliki potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk minihidro sebesar 450 MW. Saat ini pengembangan EBT mengacu pada Perpres No. 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional. Dalam perpres tersebut disebutkan bahwa kontribusi EBT dalam bauran energi primer nasional pada tahun 2025 adalah sebesar 17%

dengan biomassa, nuklir, air, surya, dan angin berkontribusi sebesar 5%. Untuk itu langkah yang akan diambil pemerintah adalah menambah kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Mikrohidro menjadi 2.846 MW pada tahun 2025.

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air.

Kota Pagar Alam merupakan salah satu kota di Provinsi Sumatera Selatan yang secara geografis berada pada posisi 40° Lintang Selatan (LS) dan

103,150° Bujur Timur (BT) dengan luas wilayah 63.366 Ha atau sama dengan 633,66 km<sup>2</sup> dan terletak sekitar 298 km dari Kota Palembang serta berjarak 60 km di sebelah barat daya dari ibu Kota Kabupaten Lahat. Kota Pagar Alam merupakan daerah berbukit dengan ketinggian 400-3.400 di atas permukaan laut. Kondisi topografi bervariasi dari 0 sampai 15 derajat, sampai kelerengan 45 derajat. Kota Pagar Alam mempunyai beberapa sungai, di antaranya Sungai Lematang, Sungai Selangis Besar, Sungai Selangis Kecil, Sungai Air Kundur, Sungai Betung, Sungai Air Perikan, sedangkan Sungai Endikat merupakan sungai yang membatasi dengan Kecamatan Kota Agung Kabupaten Lahat. Rata-rata curah hujan berkisar antara 1.462 mm – 5.199 mm per tahun dengan kelembaban udara berkisar antara 75% – 89% dan temperatur udara berkisar antara 22°C – 28°C dan intensitas cahaya matahari antara 6 jam – 10 jam per hari. Dengan kondisi topografi dan iklim tersebut, maka dapat dimungkinkan untuk dilakukan perencanaan pengembangan PLTMH di Kota Pagar Alam di mana penelitian ini berfokus pada lokasi Sungai Lematang.



Gambar 1. Peta wilayah administrasi Kota Pagar Alam (Sumber: Pemkot Pagar Alam, 2012)

Tujuan dari penelitian perencanaan PLTMH di Sungai Lematang Kota Pagar Alam ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung debit aliran sungai untuk perencanaan PLTMH berdasarkan analisis ketersediaan air dengan Model Mock.
2. Menghitung tinggi jatuh air atau *head* efektif berdasarkan skema layout perencanaan PLTMH.
3. Menganalisis potensi daya listrik yang dapat dibangkitkan dari PLTMH.
4. Mengevaluasi kelayakan investasi dari perencanaan PLTMH berdasarkan metode NPV, BCR, BPP dan IRR.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### (1) Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu atau *flow capacity*, sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah tinggi jatuh air atau *head*. Mikrohidro juga dikenal sebagai *white resources* dengan terjemahan bebas bisa dikatakan sebagai energi putih.

Jika ditinjau berdasarkan output daya yang mampu dihasilkan, pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah pembangkit listrik tenaga air yang mampu menghasilkan daya dalam rentang 5 – 100 kW yang biasanya berfungsi sebagai pemasok daya listrik yang berjumlah sedikit atau industri pedesaan yang terpisah jauh dari sistem grid.

Formulasi sederhana untuk analisis daya bersih ( $P_{net}$ ) yang dibangkitkan dari suatu pembangkit PLTMH adalah:

$$P_{net} = g \cdot Q \cdot H_e \cdot E_o \tag{1}$$

dimana

$$E_o = E_{turbin} \cdot E_{generator} \cdot E_{drive\ system} \cdot E_{line} \cdot E_{transformer} \tag{2}$$

dengan:

$P_{net}$  : Daya bersih yang dapat dibangkitkan (kW)

$Q$  : Debit air (m<sup>3</sup>/s)

$g$  : percepatan gravitasi, 9,81 (m/s<sup>2</sup>)

$H_e$  : *head* efektif (m)

$E_o$  : Efisiensi dari sistem

$E_{turbin}$  : 0,70 ~ 0,85 (tergantung dari jenis turbin yang dipakai)

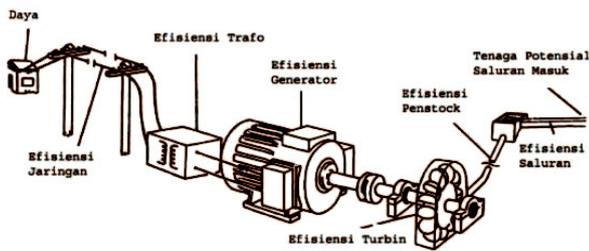
$E_{generator}$  : 0,80 ~ 0,95 (tergantung dari kapasitas generator)

$E_{drive\ system}$  : 0,97

$E_{line}$  : 0,90 ~ 0,98 (tergantung dari panjang transmisi)

$E_{transformer}$  : 0,98

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik yang menggunakan energi potensial air dan dapat dikelompokkan berdasarkan metode mendapatkan *head*, sistem operasi dan jenis turbin yang digunakan. Secara singkat prinsip kerja dari suatu pembangkit PLTMH ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Prinsip kerja suatu PLTMH

**(2) Pemilihan Turbin**

Turbin air berperan untuk mengubah energi air yaitu energi potensial, tekanan dan energi kinetik menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerjanya turbin air dibagi menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi

Cara kerja kedua tipe turbin tersebut diuraikan sebagai berikut:

**1. Turbin Impuls**

Turbin jenis ini meliputi *crossflow*, *pelton*, dan *turgo*, menggunakan tekan yang sama pada setiap sisi sudut gerakanya atau *runner* di mana bagian turbin yang berputar.

**2. Turbin Reaksi**

Turbin ini meliputi jenis *francis* dan *kaplan/propeller*, menggunakan energi kinetik dan tekanan dikonversikan di *runner*. Secara umum, jenis turbin ini tidak menerima tumbukan dan hanya mengikuti aliran air.

Tabel 1 berikut menunjukkan pembagian jenis-jenis turbin berdasarkan prinsip kerja serta tinggi jatuh air.

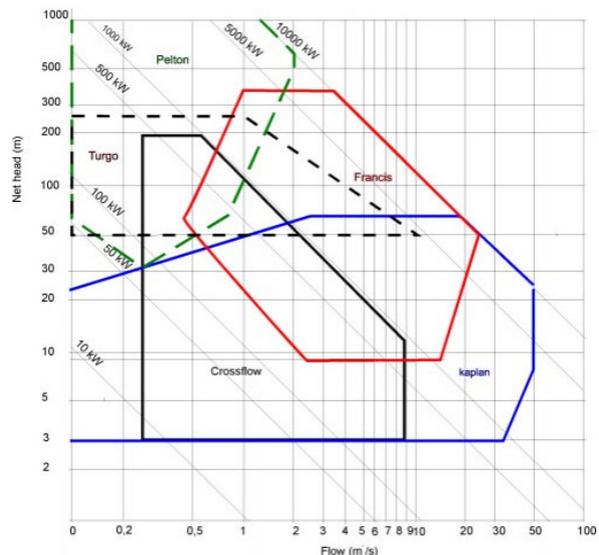
Tabel 1. Klasifikasi dan rentang penggunaan turbin

Turbine Type	Head (Pressure)		
	High > 40 m	Medium 20 m – 40 m	Low 5 m – 20 m
Impulse	Pelton Turgo	Crossflow (Banki) Turgo Pelton	Crossflow (Banki)
Reaction		Francis Pump as Turbine (PAT) Kaplan Propeller	Propeller Kaplan

Berdasarkan Tabel 1 di atas dapat diketahui bahwa daerah kerja operasi turbin dapat dibagi menjadi *low head power plant*, *medium head power plant*, dan *high head power plant*. Hal yang perlu

diperhatikan dalam pemilihan turbin adalah putaran kecepatan generator yang tersedia. Hal ini berpengaruh terhadap usia guna generator. Kecepatan turbin sama dengan kemampuan kecepatan generator.

Daerah aplikasi berbagai jenis turbin air relatif spesifik. Beberapa daerah operasi memungkinkan digunakan beberapa jenis turbin. Pemilihan jenis turbin pada daerah operasi yang *overlapping* ini memerlukan perhitungan yang lebih mendalam. Grafik pada Gambar 3 di bawah ini dapat membantu untuk pemilihan jenis turbin.



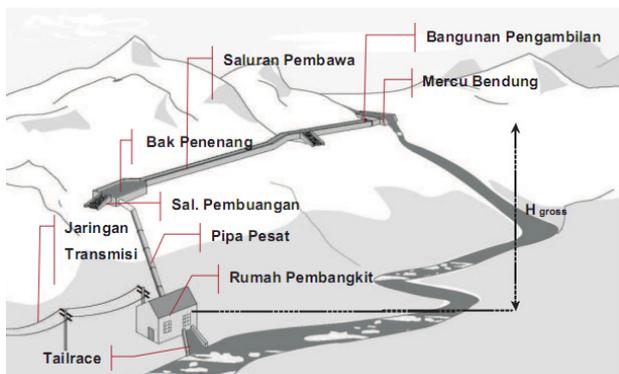
Gambar 3. Grafik emilihan jenis turbin

**(3) Desain Struktur Sipil PLTMH**

Sebuah PLTMH adalah sebuah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga air sebagai sumber energinya dan memiliki komponen-komponen paling tidak adalah sebagai berikut:

1. Bendung Pengalihan dan *Intake*
2. Bak Pengendap atau *Settling Basin*
3. Saluran Pembawa atau *Headrace*
4. Bak Penenang atau *Headtank*
5. Pipa Pesat atau *Penstock*
6. Rumah Pembangkit atau *Powerhouse*
7. Turbin air dan sistem transmisi mekaniknya
8. Kontrol beban dan atau control turbin serta variasinya
9. Generator listrik
10. Sistem jaringan dan distribusi listrik, dan
11. Sambungan rumah hingga pada pembatas atau meter

Pada Gambar 4 di bawah ini dapat dilihat bagaimana skema layout PLTMH yang ada pada umumnya.



Gambar 4. Skema sistem PLTMH

Jenis turbin tidak dibatasi, namun penggunaan kincir air serta pemanfaatan energi air tanpa tekanan tidak dimasukkan dalam definisi sistem PLTMH. Instalasi di dalam rumah tidak dimasukkan sebagai komponen peralatan PLTMH.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah – langkah dalam perencanaan PLTMH ini terdiri dari:

1. Pengumpulan data  
Data yang digunakan terdiri dari data primer yaitu pengamatan debit sungai, dan data sekunder yaitu data curah hujan, klimatologi dan topografi.
2. Perhitungan debit ketersediaan air  
Debit ketersediaan air dihitung dengan menggunakan Metode Mock berdasarkan data curah hujan dan perhitungan evapotranspirasi dengan Metode Penman modifikasi.
3. Penentuan tinggi jatuh air bersih  
Penentuan didasarkan pada skema layout perencanaan PLTMH.
4. Perhitungan daya terbangkitkan dan produksi energi tahunan
5. Analisis kelayakan investasi  
Parameter yang digunakan dalam analisis adalah nilai *Net Present Value* (NPV), *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Payback Period* (PBP), dan *Internal Rate Return* (IRR).

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### (1) Perhitungan Debit Ketersediaan Air

Debit ketersediaan air dihitung dengan menggunakan Model Mock, dimana data yang dibutuhkan untuk perhitungan yaitu:

1. Curah hujan  
Data curah hujan yang dipakai adalah data curah hujan bulanan Kota Pagar Alam dari tahun 2003 sampai dengan 2012.

#### 2. Evapotranspirasi potensial

Nilai evapotranspirasi dihitung menggunakan persamaan Penman Modifikasi berdasarkan data klimatologi yaitu temperatur udara, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin. Data tersebut merupakan data klimatologi kota Pagar Alam dari tahun 2008 sampai dengan tahun 2012. Tabel 2 berikut menyajikan data klimatologi bulanan dan hasil perhitungan evapotranspirasi potensial bulanan untuk tahun 2009 sampai dengan tahun 2012 menggunakan persamaan Penman modifikasi.

Tabel 2. Data klimatologi bulanan dan hasil perhitungan evapotranspirasi potensial tahun 2009 sampai dengan tahun 2012 bulanan menggunakan persamaan Penman modifikasi

Bulan	T (°C)	RH (%)	n/N (%)	u (m/s)	PET (mm/bulan)
Jan	26,475	86,600	41,575	1,543	147,560
Feb	26,625	87,950	44,250	1,285	135,576
Mar	27,075	86,500	51,150	1,285	145,886
Apr	27,600	84,975	58,325	1,157	144,780
Mei	28,100	84,000	61,525	1,285	138,229
Jun	27,700	83,600	63,375	1,414	129,840
Jul	27,350	82,350	62,700	1,543	144,553
Agus	27,700	79,650	68,800	1,671	166,470
Sept	28,100	77,775	61,250	1,671	182,100
Okt	27,600	82,025	56,325	1,157	173,135
Nov	27,325	84,850	48,325	1,028	157,950
Des	26,775	86,675	39,300	1,285	148,707

#### 3. Parameter DAS

Parameter DAS yang digunakan dalam perhitungan debit ketersediaan air dengan model Mock yaitu koefisien infiltrasi ( $I_c$ ), *initial soil moisture storage* (ISM), *soil moisture capacity* (SMC), *initial groundwater storage* (IGWS), dan *groundwater recession constant* (K). Nilai parameter DAS tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Parameter DAS

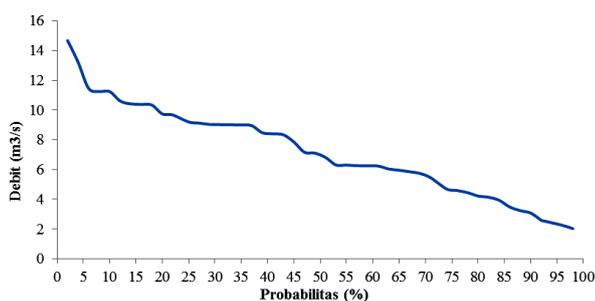
No	Parameter DAS Dikalibrasi	Simbol	Satuan	Nilai Optimasi
1	Koefisien Infiltrasi	$I_c$	-	0,75
2	Initial Soil Moisture	ISM	mm	50
3	Soil Moisture Capacity	SMC	mm	85
4	Initial Groundwater Storage	IGWS	mm	65
5	Groundwater Recession Constant	K	-	0,9

Nilai optimasi pada Tabel 3 ditentukan berdasarkan hasil kalibrasi dengan cara membandingkan data pengamatan debit sungai dengan hasil perhitungan debit ketersediaan air dengan Model Mock. Kalibrasi dilakukan dengan bantuan fungsi *add-on Solver* pada *Microsoft Excel* 2010. Nilai optimasi diatur sedemikian rupa sehingga data yang dibandingkan memiliki koefisien korelasi  $\geq 0,7$  dan volume kesalahan  $\leq 5\%$ .

Hasil perhitungan debit ketersediaan air dengan Model Mock menggunakan data curah hujan tahun 2009 sampai dengan 2012 dimana hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan debit ketersediaan air dengan model Mock

Bulan	Debit (m <sup>3</sup> /s)				Q <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> /s)
	2009	2010	2011	2012	
Jan	5,956	5,735	6,26	9,01	5,735
Feb	3,241	13,216	6,238	9,021	3,241
Mar	3,076	9,035	8,338	6,302	3,076
Apr	3,937	8,951	14,675	8,477	3,937
Mei	4,221	10,608	9,745	6,308	4,221
Jun	2,585	7,853	9,202	5,852	2,585
Jul	2,252	9,67	8,4	5,447	2,252
Agus	2,585	11,247	7,109	4,593	2,585
Sept	2,028	10,379	6,042	4,448	2,028
Okt	4,698	9,123	6,819	3,484	3,484
Nov	8,997	10,342	10,416	6,256	6,256
Des	11,242	7,168	11,455	4,139	4,139



Gambar 5. Kurva massa debit ketersediaan air

Berdasarkan kurva massa aliran pada Gambar 5 di atas, dengan menetapkan bahwa besarnya debit ketersediaan air untuk PLTMH adalah dipilih probabilitas 90% dengan pertimbangan bahwa perencanaan PLTMH merupakan *on-grid system*, maka debit ketersediaan air adalah sebesar 3,076 m<sup>3</sup>/s yang ditentukan dalam perencanaan PLTMH ini.

## (2) Perhitungan Tinggi Jatuh Air

Perhitungan tinggi jatuh air ( $H_e$ ) dilakukan berdasarkan pada Gambar 6, dimana  $H_g$  adalah beda tinggi antara muka air pada *intake* dan tinggi muka air pada saluran pembuang atau *tailrace*,  $H$  adalah beda tinggi antara tinggi muka air pada *headtank* atau bak penenang dan elevasi instalasi turbin,  $H_{L1}$  adalah *headloss* dari *intake* ke *headtank*,  $H_{L2}$  adalah *headloss* pada pipa pesat atau *penstock*,  $H_{L3}$  adalah *headloss* antara instalasi turbin dan *tailrace*. Dari hasil pengukuran di lapangan dan analisis topografi menggunakan teknik sistem informasi geografis (SIG) diperoleh:

Elevasi muka air *headtank* = +721,930 mdpl

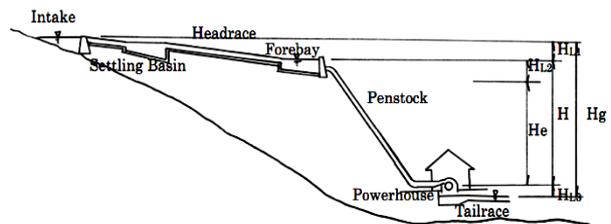
Elevasi instalasi turbin = +710,214 mdpl

$H_{L2} = 0,274$  m

maka,

$$H = 721,930 - 710,214 = 11,716 \text{ m}$$

$$H_e = 11,716 - 0,274 = 11,442 \text{ m}$$



Gambar 6. Penentuan tinggi jatuh air

## (3) Pemilihan Turbin

Berdasarkan pada Gambar 3, untuk debit ketersediaan air sebesar 3,076 m<sup>3</sup>/s dan tinggi jatuh air bersih sebesar 11,442 m diketahui bahwa terdapat dua jenis turbin yang sesuai yaitu turbin Crossflow dan turbin Kaplan. Dalam penelitian ini dipilih turbin Kaplan karena cocok untuk tinggi jatuh air yang relatif rendah.

## (4) Perhitungan Daya Terbangkitkan dan Produksi Energi Tahunan

Perhitungan daya terbangkitkan berdasarkan pada rumus 1, dimana efisiensi total ditentukan sebesar 47,9%, sehingga

$$\begin{aligned}
 P_{net} &= g \cdot Q \cdot H_e \cdot E_o \\
 &= 9,81 \cdot 3,076 \cdot 11,442 \cdot 0,479 \\
 &= 165,384 \text{ kW} \\
 &\cong 165 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung produksi energi listrik tahunan ditentukan bahwa berdasarkan kurva durasi aliran Gambar 5.

$$Q_{rata-rata}/Q = (3,076 + 2,028)/(2 \cdot 3,076) = 83\%$$

Diambil, *Plant factor* = 90%

*Load factor* = 100% (untuk PLTMH sistem on-grid)

$$P_{annual} = 165 \cdot (24 \cdot 365) \cdot 0,90 \cdot 1 = 1.300.860 \text{ kWh/tahun} \cong 1,3 \text{ GWh/tahun}$$

### (5) Analisis Kelayakan Investasi

Dengan diketahui bahwa  $P_{net}$  sebesar 165 kW dan  $P_{annual}$  sebesar 1,2 GWh/tahun. Biaya konstruksi ditetapkan 5.000 \$/kW, sementara itu biaya operasional dan perbaikan diambil 2% dari biaya konstruksi. Nilai ini diambil dari *Global Sustainable Electricity Partnership* (2005). Sehingga,

Biaya konstruksi dihitung:

$$Construction \text{ Cos} = 5.000 \text{ USD/kW} \cdot 165 \text{ kW} = 825.000 \text{ USD}$$

Biaya operasional dan perbaikan dihitung:

$$O\&M \text{ Cost} = 2\% \cdot Construction \text{ Cost} = 2\% \cdot 825.000 \text{ USD} = 16.500 \text{ USD/tahun}$$

Jika kemudian biaya konstruksi dianggap merupakan nilai investasi,  $I$  dan biaya operasional dan perbaikan dianggap merupakan biaya pengeluaran tahunan,  $AC$ , sedangkan nilai tukar rupiah terhadap dollar amerika berada pada kisaran 13.000 IDR. Maka diperoleh bahwa,

Nilai investasi,  $I$ :

$$I = 825.000 \text{ USD} \cdot 13.000 \text{ IDR/USD} \\ I = 10.725.000.000 \text{ IDR} \\ I \cong 10,7 \text{ Milyar IDR}$$

Biaya pengeluaran tahunan,  $AC$ :

$$AC = 16.500 \text{ USD/tahun} \cdot 13.000 \text{ IDR/USD} \\ AC = 214.500.000 \text{ IDR/tahun} \\ AC \cong 214,5 \text{ Juta IDR/tahun}$$

Berdasarkan Permen ESDM Nomor 12 Tahun 2014 tentang pembelian tenaga listrik dari pembangkit listrik tenaga air oleh PT. Perusahaan

Listrik Negara (Persero), harga beli tenaga listrik untuk tegangan rendah ( $\leq 250$  kW) untuk lokasi atau wilayah Sumatera untuk tahun ke-1 sampai tahun ke-8 adalah 1.270 IDR/kWh dan untuk tahun ke-9 sampai dengan tahun ke-20 adalah 770 IDR/kWh. Sehingga,

Keuntungan tahunan,  $AB$ :

$$AB_1 = 1,3 \text{ GWh/tahun} \cdot 1.270 \text{ IDR/kWh} \\ AB_1 = 1.651.000.000 \text{ IDR/tahun} \\ AB_1 \cong 1,7 \text{ Milyar IDR/tahun} \\ AB_2 = 1,3 \text{ GWh/tahun} \cdot 770 \text{ IDR/kWh} \\ AB_2 = 1.001.000.000 \text{ IDR/tahun} \\ AB_2 \cong 1 \text{ Milyar IDR/tahun}$$

Pada perencanaan PLTMH ini ditetapkan bahwa umur investasi  $n$  selama 20 tahun terhitung setelah proses pelaksanaan fisik PLTMH selesai dikerjakan. Tingkat suku bunga ditetapkan sebesar 8% yang merupakan tingkat suku bunga untuk fasilitas pinjaman Bank Indonesia periode 14 Juli 2015. Tingkat suku bunga 8% ini juga akan ditetapkan sebagai nilai MARR untuk analisis nilai IRR. Maka,

$$PWC = I + AC \cdot (P/A, 8\%, 20 \text{ tahun}) \\ = 10,7 \text{ Milyar} + 214,5 \text{ Juta} \cdot 9,8181 \\ = 12.805.982.450 \text{ IDR} \\ \cong 12,8 \text{ Milyar IDR}$$

$$PWB = (AB_1 - AB_2) \cdot (P/A, 8\%, 8 \text{ tahun}) \\ + AB_2 \cdot (P/A, 8\%, 20 \text{ tahun}) \\ = 700 \text{ Juta} \cdot 5,7466 + 1 \text{ Milyar} \cdot 9,8181 \\ = 13.840.720.000 \text{ IDR} \\ \cong 13,8 \text{ Milyar IDR}$$

Berikut ini perhitungan nilai NPV BCR, dan  $k_{(PBP)}$

$$NPV = PWB - PWC \\ = 13,8 \text{ Milyar IDR} - 12,8 \text{ Milyar IDR} \\ = 1 \text{ Milyar IDR}$$

$$BCR = PWB/PWC \\ = 13,8 \text{ Milyar IDR} / 12,8 \text{ Milyar IDR} \\ = 1,078$$

$$k_{(PBP)} = I/(AB - AC) \\ = I/(AB_1 - AC) \\ = (10,7 \text{ Milyar}) / ((1,7 \text{ Milyar} - 214,5 \text{ Juta})) \\ = 7,203 \text{ tahun}$$

Selanjutnya dihitung nilai IRR dengan tingkat suku bunga 8%, 9%, 10% dan 11%, yaitu kondisi di mana *cash flow* investasi menghasilkan nilai NPV =

0 pada suatu tingkat suku bunga. Perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Cash flow investasi dengan berbagai tingkat suku bunga

Cash Flow	Ket	Tingkat Suku Bunga (i)				
		8%	9%	10%	11%	9,50%
Cost	PWC					
10,7 Milyar	I	10,7 Milyar	10,7 Milyar	10,7 Milyar	10,7 Milyar	10,7 Milyar
214,5 Juta	AC <sup>*)</sup>	2,1 Milyar	2,0 Milyar	1,8 Milyar	1,7 Milyar	1,9 Milyar
Benefit	PWB					
700,0 Juta	AB <sub>1</sub> -	4,0 Milyar	3,9 Milyar	3,7 Milyar	3,6 Milyar	3,8 Milyar
1,0 Milyar	AB <sub>2</sub> <sup>**) )</sup>	9,8 Milyar	9,1 Milyar	8,5 Milyar	8,0 Milyar	8,8 Milyar
NPV	PWB-PWC	1 Milyar	300 Juta	-300 Juta	-800 Juta	0

Ket: <sup>\*)</sup> n = 20 tahun; <sup>\*\*) )</sup> n = 8 tahun

Dari Tabel 5 di atas diketahui bahwa cash flow investasi akan menghasilkan NPV = 0 pada tingkat suku bunga antara 9% dan 10%, sehingga nilai IRR ditentukan dengan cara coba-coba. Kemudian ditetapkan bahwa nilai IRR adalah sebesar 9,50%. Hasil evaluasi kelayakan investasi dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil evaluasi kelayakan investasi perencanaan PLTMH

Uraian	Syarat	Keterangan
NPV = 1 Milyar IDR <sup>*)</sup>	NPV > 0	Layak
BCR = 1,078 <sup>*)</sup>	BCR ≥ 1	Layak
k <sub>(PBP)</sub> = 7,203 tahun n = 20 tahun	k <sub>(PBP)</sub> ≤ n	Layak
IRR = 9,50% MARR = 8%	IRR ≥ MARR	Layak

Ket : <sup>\*)</sup> Tingkat suku bunga (i) = 8% dan umur investasi (n) = 20 tahun

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### (1) Kesimpulan

Dari hasil tinjauan dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa :

- Berdasarkan analisis data curah hujan dan klimatologi diketahui besarnya debit yang tersedia untuk perencanaan PLTMH dengan probabilitas 90%, karena pertimbangan bahwa perencanaan PLTMH merupakan *on-grid system*, yaitu sebesar 3,076 m<sup>3</sup>/s.
- Dari skema *layout* perencanaan PLTMH yang telah direncanakan diketahui tinggi jatuh air atau

*head* efektif yang tersedia untuk pengoperasian PLTMH adalah sebesar 11,442 m.

- Dengan pertimbangan batas bawah dari efisiensi total PLTMH yaitu sebesar 47,9%, maka besarnya daya yang dapat dibangkitkan minimal dari PLTMH yang direncanakan adalah 165 kW dengan produksi energi listrik tahunan sebesar 1,3 GWh/tahun.
- Pada evaluasi kelayakan investasi ditetapkan umur investasi selama 20 tahun dengan tingkat suku bunga 8%. Besarnya nilai investasi yaitu biaya konstruksi PLTMH adalah 825 ribu USD atau 10,7 milyar IDR jika kurs rupiah terhadap dollar amerika berada pada kisaran 13.000 IDR. Biaya operasional dan perbaikan tahunan diambil 2% dari biaya konstruksi. Harga beli listrik dari PLN untuk setiap kWh yang dihasilkan PLTMH adalah 1.270 IDR dari tahun ke-1 sampai tahun ke-8 dan 770 IDR dari tahun ke-9 sampai tahun ke-20. Dari hasil perhitungan didapat nilai NPV sebesar 1 Milyar IDR (NPV > 0), nilai BCR sebesar 1,078 (BCR > 1), nilai k<sub>PBP</sub> atau periode pengembalian selama 7,203 tahun (k<sub>PBP</sub> < umur investasi), dan nilai IRR sebesar 9,50% (IRR > MARR = 8%). Sehingga perencanaan PLTMH ini berada dalam status layak investasi.

### (2) Saran

Saran yang dapat diambil setelah melakukan perencanaan PLTMH ini adalah sebagai berikut:

- Penentuan lokasi perencanaan PLTMH harus dipertimbangkan dengan baik, lokasi yang dipilih sebisa mungkin mudah untuk dijangkau, selain itu hal ini juga berkaitan erat dengan desain bangunan PLTMH yang ekonomis serta untuk mendapatkan tinggi jatuh air atau *head* yang paling efektif.
- Karena letak sungai Lematang yang berada di dasar tebing, maka perencanaan desain bangunan PLTMH harus mempertimbangkan kemungkinan akan bahaya tanah longsor dan banjir bandang.
- Analisis perhitungan seperti perhitungan debit ketersediaan air dilakukan dengan cermat dan menggunakan sumber data yang memadai sehingga hasil perhitungan akan sesuai atau paling tidak mendekati kondisi aktual.
- Karena daya yang dapat dibangkitkan dari potensi sungai Lematang sebesar 165 kW, maka dapat dikategorikan ke dalam Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (daya yang dapat dibangkitkan kisaran antara 100 kW – 1 MW).

## REFERENSI

- 1) Bank Indonesia, 2013. *Kurs Transaksi Bank Indonesia*. [Online] Available at: <http://www.bi.go.id/id/moneter/informasi-kurs/transaksi-bi/Default.aspx> [Diakses 30 Agustus 2015].
- 2) Bank Indonesia, 2013. *Siaran Pers*. [Online] Available at: [http://www.bi.go.id/id/ruang-media/siaran-pers/Pages/sp\\_175615.aspx](http://www.bi.go.id/id/ruang-media/siaran-pers/Pages/sp_175615.aspx) [Diakses 30 Agustus 2015].
- 3) Department of Energy (DOE)-Energy Utilization Management Bureau, 2009. *Manual for Design, Implementation and Management for Micro-Hydropower Development*, s.l.: Japan International Cooperation Agency.
- 4) Department of Energy (DOE)-Energy Utilization Management Bureau, 2009. *Training Manual for Micro-Hydropower Technology*, s.l.: Japan International Cooperation Agency.
- 5) European Small Hydropower Association (ESHA), 1998. *Layman's Guidebook on How to Develop a Small Hydro Site*, s.l.: Commission of The European Communities.
- 6) Giatman, M., 2011. *Ekonomi Teknik*. Jakarta: PT RajaGrafindo Persada.
- 7) Global Sustainable Electricity Partnership, 2005. *Renewable Energies Workshop Majuro, Marshal Island Module 4 – Micro-Hydro Power*. [Online] Available at: [http://www.globalelectricity.org/Projects/Majuro/Micro-Hydro\\_fichiers/4x%20Appendix.pdf](http://www.globalelectricity.org/Projects/Majuro/Micro-Hydro_fichiers/4x%20Appendix.pdf) [Diakses 30 Agustus 2015].
- 8) Hartono, A., 2015. *Saat Terbaik Investasi di Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro - PLTM*. [Online] Available at: <https://adienergy.wordpress.com/2015/06/07/saat-terbaik-investasi-di-pembangkit-listrik-tenaga-minihidro-pltm/> [Diakses 30 Agustus 2015].
- 9) Kadir, R., 2010. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Marimpa Kecamatan Pinembani*. Tugas Akhir. Universitas Tadulako.
- 10) Kamiana, I. M., 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- 11) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2014. *Peraturan Menteri Tahun 2014*. [Online] Available at: [http://www.esdm.go.id/regulasi/pp/cat\\_view/64-regulasi/70-peraturan-menteri/276-peraturan-menteri-esdm/383-tahun-2014.html](http://www.esdm.go.id/regulasi/pp/cat_view/64-regulasi/70-peraturan-menteri/276-peraturan-menteri-esdm/383-tahun-2014.html) [Diakses 30 Agustus 2015].
- 12) Kurniawan, A. et al., 2009. *Buku 2A Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi*. s.l.:Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- 13) Kurniawan, A. et al., 2009. *Buku 2B Pedoman Studi Kelayakan Sipil*. s.l.:Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- 14) Wikipedia, 2015. *Mikrohidro*. [Online] Available at: <https://id.wikipedia.org/wiki/Mikrohidro> [Diakses 30 Agustus 2015].
- 15) Wikipedia, 2015. *Tenaga Air*. [Online] Available at: [https://id.wikipedia.org/wiki/Tenaga\\_air](https://id.wikipedia.org/wiki/Tenaga_air) [Diakses 30 Agustus 2015].