

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M6-012 KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS

PEMANFAATAN ALIRAN SUNGAI OOT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO-HIDRO

Made Suarda, D.N.K. Putra Negara, S.P.G. Gunawan Tista

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik - Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran Denpasar 80316, Bali
Telp./Fax.: 0361-703321, E-mail : made.suarda@me.unud.ac.id

ABSTRAK

Konsumsi energi khususnya energi listrik terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk yang menyebabkan masalah penyediaan energi di masa datang. Untuk merespon kondisi keenergian tersebut, perlu dikembangkan pemanfaatan sistem energi terbarukan yang memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan. Potensi sumber energi terbarukan yang mungkin dikembangkan di Bali antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Pembangkit Listrik Tenaga Samudera dan Biomasa. Salah satu jenis sumberdaya energi terbarukan yang berpotensi untuk dikembangkan di Bali adalah energi air (hydropower) yang dalam skala sangat kecil disebut microhydro. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) bekerja dengan memanfaatkan suatu aliran sungai yang memiliki debit dan beda ketinggian (head). Salah satu sungai yang memenuhi kondisi ini adalah Sungai Oot di Desa Tamblang- Buleleng.

Untuk mengkaji lebih lanjut diperlukan kajian baik secara teknis maupun ekonomis. Analisa teknis dilakukan dengan melakukan pengukuran debit aliran, head dan selanjutnya perhitungan potensi daya bangkitan, pemilihan turbin, generator dan sistem control yang sesuai. Sedangkan analisa ekonomis dilakukan dengan menghitung estimasi biaya untuk pembangunan PLTMH, serta dengan Net Present Value (NPV) analisis dikaji apakah PLTMH ini layak dikembangkan atau tidak.

Dari kajian yang dilakukan, aliran sungai Oot ini berpotensi untuk dikembangkan sebagai PLTMH, dimana dengan debit desain yang dipakai dalam perencanaan adalah 70% dari debit air normalnya yaitu 0,385 m³/dt, daya potensial air adalah 22,078 kW, jenis turbin yang sesuai adalah Turbin Crosssflow, maka daya listrik output generator 13,507 kW. Generator yang dipilih adalah generator sinkron dengan kapasitas 15 kW yang dilengkapi kontrol beban tipe ELC (Electronic Load Controller) untuk menjaga tegangan keluar generator tetap konstan. Sedangkan kajian ekonomis menunjukkan bahwa PLTMH ini layak untuk dikembangkan karena NPV (Net Present Value) bernilai positif, dengan harga BEP sekitar Rp.208,52 per kWh, harga ini masih lebih murah dari harga per kWh PLN untuk tarif 'Bersinar'. Sehingga potensi aliran air sungai Oot sangat layak untuk dikembangkan. Keywords: Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, Sungai Oot, Kajian ekonomis

1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi khususnya energi listrik terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk yang menyebabkan masalah penyediaan energi di masa datang. Untuk merespon kondisi keenergian tersebut, perlu dikembangkan pemanfaatan sistem energi terbarukan yang memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan. Salah satu jenis sumberdaya energi terbarukan yang termasuk dalam energi hijau adalah energi air (hydropower) yang dalam skala sangat kecil disebut microhydro (5 kW – 1 MW) atau bahkan disebut picohydro (100 W – 5 kW). Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai. Banyak orang beranggapan untuk membuat pembangkit listrik harus dari air terjun alami, tidak selamanya demikian, beda tinggi (head) bisa diperoleh dengan membuat intake dari sungai dan mengalirkannya pada posisi yang tepat sehingga terbentuk ketinggian yang optimal. Instalasi pembangkit listrik mikrohidro menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan.

Kabupaten Buleleng memiliki cukup banyak aliran sungai yang perlu dikaji kemungkinan pengembangan PLTMH, salah satunya adalah aliran sungai Oot yang terletak di Desa Tamblang, Kecamatan Kubutambahan, Buleleng. Untuk mengetahui apakah aliran sungai ini bisa dikembangkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) perlu dilakukan kajian baik kajian teknis maupun kajian ekonomis. Kajian teknis meliputi survey hidrometri yaitu mengukur debit aliran sungai dan survey topografi seperti pengukuran tinggi air jatuh (Head), pengukuran situasi pada kedudukan bangunan Intake, rumah pembangkit (power house), jalur pipa/penstock, dan kedudukan turbin terhadap titik terjunan yang akan diambil sebagai pemutar turbin. Dari kedua survey ini selanjutnya dihitung aspek-aspek teknis yang dibutuhkan untuk perencanaan dimensi-dimensi utama sistem PLTMH. Sedangkan kajian ekonomis dilakukan menggunakan analisis Net Present Value (NPV) yaitu analisa finansial untuk mengevaluasi suatu sistem layak untuk dikembangkan atau tidak.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah aliran sungai Oot berpotensi dikembangkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro baik dari aspek teknis maupun ekonomis, serta untuk mendapatkan gambaran mengenai aspek-aspek teknis yang dibutuhkan untuk perencanaan dimensi utama sistem PLTMH dan aspek ekonomis mengenai layak tidaknya sistem PLTMH tersebut dilaksanakan.

2. Tinjauan Pustaka

Aliran air dari suatu ketinggian tertentu memiliki energi potensial. Tenaga air (hydropower) dihasilkan dengan mengubah energi aliran air dengan kincir air atau turbin air menjadi tenaga mekanis yang berguna. Daya ini dapat dirubah menjadi tenaga listrik dengan menggunakan generator listrik atau dapat digunakan langsung untuk menggerakkan mesin penggiling, mesin gerinda dan lain sebagainya. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohydro (PLTMH) memanfaatkan sumber daya air yang relatif kecil yang sesuai untuk penggunaan secara perorangan atau sekelompok masyarakat, yang tidak terhubung dengan jaringan listrik PLN.

Pemanfaatan aliran air sungai sebagai pembangkit mikro hidro masih sangat sedikit yang telah dilakukan, untuk itu perlu digalakkan pelaksanaan kajian dan implementasinya. Sebagai contoh implementasi konstruksi pembangkit listrik tenaga mikro hidro yang telah ada adalah seperti terlihat pada gambar 1, yaitu PLTMH Ciakar-Cianjur Jawa-Barat. Pada PLTMH ini head sumber airnya adalah 20 meter dengan debit aliran air 400 liter/detik mampu menghasilkan daya listrik sebesar 40 kiloWatt.

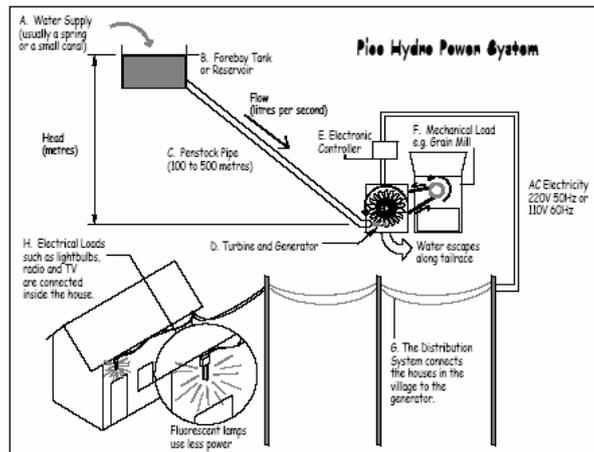


Gambar 1. PLTMH di Jawa-Barat

Skema sebuah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro ditunjukkan seperti gambar 2. Terdapat beberapa komponen yang merupakan bagian penting dari suatu sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH), antara lain :

a. Sumber Air (Water Supply)

Sumber aliran air penggerak turbin PLTMH dapat berupa mata air atau sungai. Hal yang paling penting diperhatikan adalah debit sumber aliran air tersebut kontinyu sepanjang tahun. Dengan sumber air yang kontinyu maka bangunan intake/reservoir/forebay tank yang dibutuhkan tidak perlu besar.



Gambar 2.. Skema Instalasi PLTMH

Sumber : Ketjoy P.L.N., and Rakwichian W., 2004

b. Bangunan Intake / Forebay-Tank/Reservoir

Air dari suatu sumber dialirkan ke tangki/bendung untuk mengarahkan dan mengatur aliran air ke bangunan intake. Bangunan intake didesain untuk menjamin debit aliran air ke sistem microhydro sesuai dengan debit yang dibutuhkan.

c. Pipa Pesat atau Penstock Pipe

Pipa penstock digunakan untuk mengalirkan air dari bak intake ke turbin, dimana energi potensial air dirubah menjadi energi kinetik untuk memutar turbin.

d. Powerhouse dan Tailrace

Adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi turbin, generator, dan unit kontrol. Powerhouse bisa dibuat sederhana namun fondasinya harus solid. Tailrace adalah adalah kanal untuk mengarahkan aliran air kembali ke saluran irigasi/sungai untuk pemanfaatan lebih lanjut.

e. Turbin

Air yang mengalir mempunyai energi hidrolis yang dialirkan ke suatu turbin. Turbin terdiri dari runner yang dihubungkan dengan poros adalah untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis atau daya poros. Turbin bisa dihubungkan langsung dengan generator atau melalui roda-gigi atau belt dan pulley, tergantung pada putaran turbin yang dihasilkan dan putaran generator yang harus diputar.

f. Generator

Generator mengubah energi mekanik (putaran poros) menjadi energi listrik. Ada dua tipe generator, yaitu generator synchronous dan asynchronous (umumnya disebut induction generator). Generator sinkron adalah standar generator yang digunakan dalam pembangkit daya listrik dan digunakan pada kebanyakan power plant. Semua generator harus digerakkan pada putaran konstan untuk menghasilkan daya yang konstan pada frekuensi 50 Hz. Untuk microhydro umumnya digunakan generator 4 kutub dengan putaran sekitar 1.500 rpm.

g. Drive Systems

Untuk menyesuaikan putaran generator dan turbin, pada umumnya pada sistem microhydro dibutuhkan belt dan pulley atau gearbox.

h. Controller

Turbin air, demikian pula mesin diesel atau bensin, putarannya akan bervariasi sesuai dengan beban yang diberikan. Variasi putaran ini akan sangat mempengaruhi frekuensi dan tegangan output generator yang seharusnya dijaga konstan. Untuk itu dibutuhkan suatu alat yaitu Electronic Load Controller (ELC) yang didesain untuk mengatur daya output sistem microhydro pada tegangan dan frekuensi yang konstan.

i. Jaringan Transmisi/Distribusi

Jaringan transmisi/distribusi digunakan untuk menyalurkan energi listrik dari generator ke rumah-rumah penduduk. Cara umum yang digunakan untuk mentransmisikan energi listrik dari power house adalah dengan menggunakan kabel listrik.

Head aliran air akan sangat menentukan tipe dari turbin air yang sesuai untuk komponen PLTMH. Head total aliran adalah jumlah dari head statis dan head dinamis aliran termasuk head losses yang terjadi sepanjang aliran dalam suatu saluran/pipa.

$$H_t = (z_1 - z_2) + \left(\frac{p_1 - p_2}{\gamma}\right) + \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}\right) + H_L \quad (1)$$

Dimana:

z_1 = head statis/elevasi permukaan air di bak intake (m)

z_2 = head statis/ elevasi permukaan air di bak *tailrace* (m)

p_1 = head statis tekanan air bak intake (N/m^2)

p_2 = head statis tekanan air di bak *tailrace* (N/m^2)

v_1 = head dinamis kecepatan air di bak intake (m/det)

v_2 = head dinamis kecepatan air keluar *tailrace* (m/det)

H_t = head total aliran air (m)

H_L = head losses total instalasi *penstock*/perpipaan sistem PLTMH (m)

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Debit air pada suatu penampang aliran secara sederhana adalah perkalian antara luas penampang basah dengan kecepatan aliran rata-rata pada penampang tersebut. Seperti terlihat pada persamaan di bawah ini :

$$Q = AV \quad (2)$$

Dimana :

Q = debit air (m³/dt)

A = luas penampang basah (m²)

V = kecepatan aliran rata-rata (m/dt)

Tabel 3.3. Klasifikasi turbin air

Turbine Runner	High Head (more than 100 m)	Medium Head (20 to 100 m)	Low Head (5 to 20 m)	Ultra-Low Head (less than 5 m/)
Impulse	Pelton Turgo	Cross-flow Turgo Multi-Jet Pelton	Cross-flow Multi-Jet Turgo	Water Wheel
Reaction	-	Francis Pump-as-Turbin	Propeller Kaplan	Propeller Kaplan

Sumber : *Natural Resources Canada, 2004*

Pemilihan turbin untuk lokasi tertentu tergantung pada karakteristik lokasinya, yaitu head (tinggi air jatuh) seperti pada Tabel 1. Pemilihan turbin juga tergantung pada kecepatan putar yang diinginkan oleh peralatan (beban) yang akan digerakkan oleh turbin. Pertimbangan lainnya seperti apakah turbin diharapkan untuk menghasilkan daya pada kondisi aliran sebagian/penuh juga memainkan peranan penting dalam pemilihan. Semua turbin mempunyai karakteristik power –

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

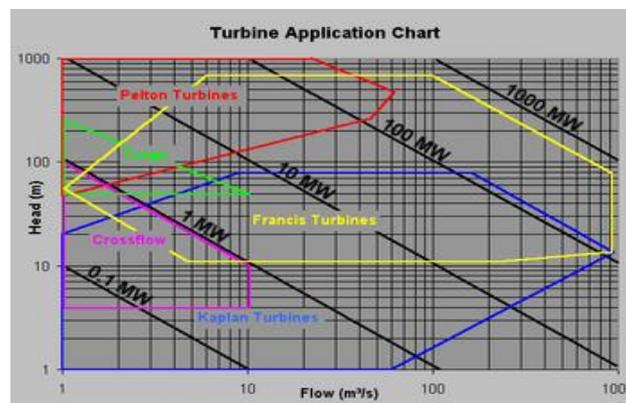
speed, yang cenderung bekerja pada efisiensi optimal pada kecepatan-putar, kombinasi head dan kapasitas aliran tertentu.

Secara umum hasil survey lapangan mendapatkan potensi pengembangan PLTMH dengan tinggi jatuhan (head) 6 - 60 m. Adapun daerah operasi dari masing-masing jenis turbin adalah seperti pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Tabel 2. Daerah operasi turbin air

Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Kaplan dan Propeller	2 ~ 20
Francis	10 ~ 350
Pelton	50 ~ 1000
Crossflow	6 ~ 100
Turgo	50 ~ 250

Sumber : ESDM, www.energitbarukan.net



Gambar 3. Grafik Aplikasi Turbin

Untuk dapat mengetahui daya potensial air dari suatu sumber adalah penting untuk mengetahui kapasitas aliran (m^3/det) dan *head* (m) yang tersedia. Daya ini akan dirubah oleh turbin air menjadi daya mekanik. Daya teoritis yang tersedia adalah [Dietzel, 1988] :

$$P_a = \gamma QH \quad (3)$$

Dimana :

P_a = Daya teoritis yang tersedia (Watt)

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Q = Kapasitas aliran air (m^3/det)

H = *Head* atau tinggi air jatuh (m)

γ = Berat jenis air (9.800 N/m^3)

Daya output Generator dihitung berdasarkan persamaan:

$$P_{out} = \gamma Q H \eta_{turbin} \eta_{transmisi} \eta_{generator} \quad (4)$$

Dimana:

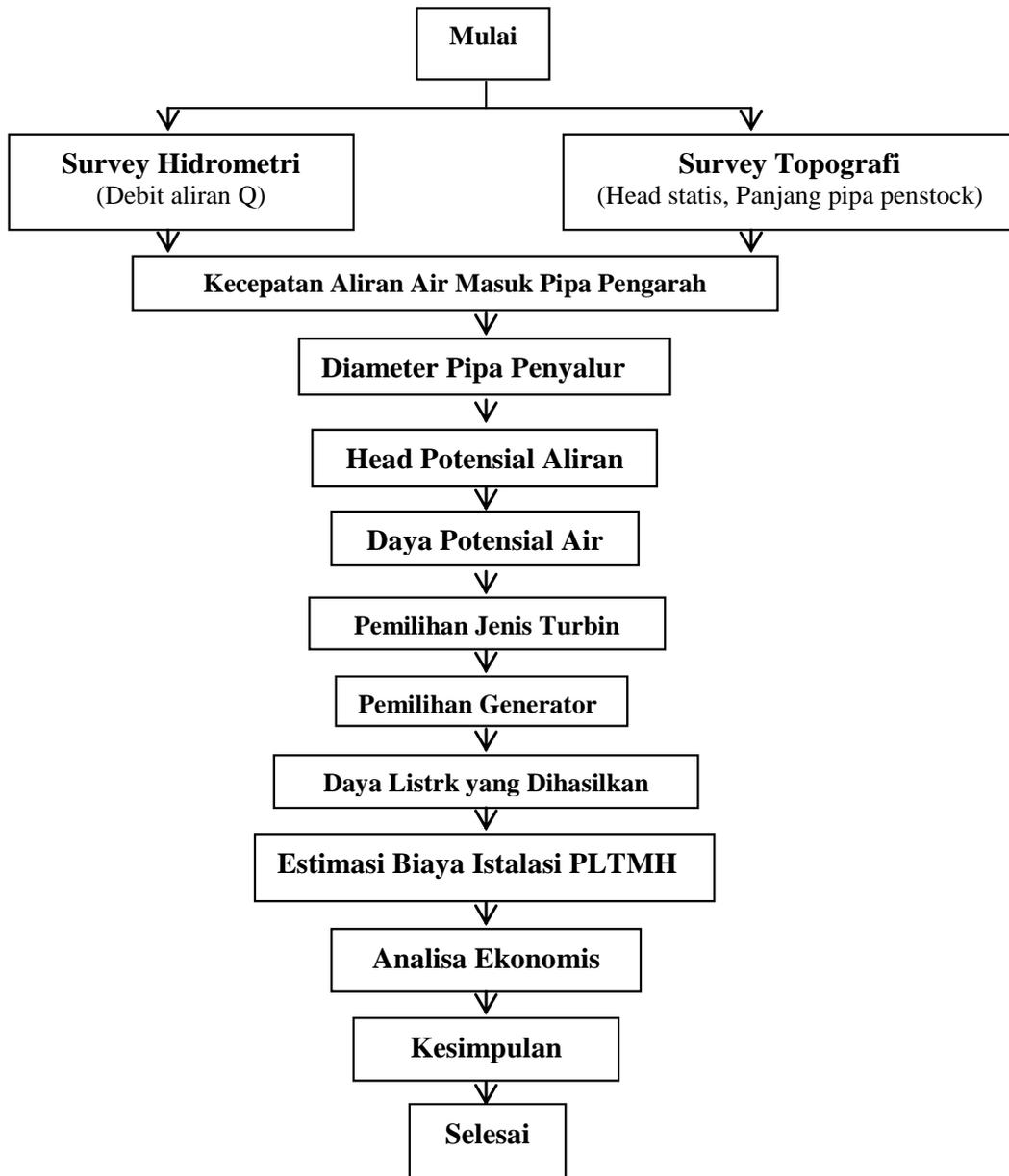
η_{turbin} = efisiensi turbin

$\eta_{transmisi}$ = efisiensi transmisi

$\eta_{generator}$ = efisiensi generator

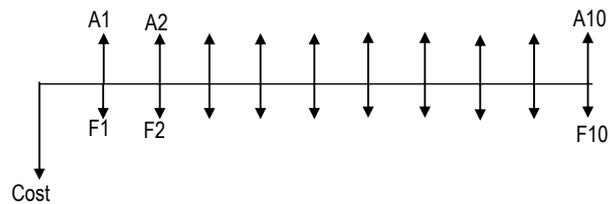
3. Metode

Adapun langkah-langkah penelitian digambarkan seperti skematik pad Gambar 4.



Gambar 4. Prosedur Penelitian

Pada umumnya Net Present Value (NPV) digunakan sebagai analisa finansial untuk mengevaluasi suatu sistem layak untuk dikembangkan atau tidak. NPV investasi suatu proyek adalah nilai sekarang dari seluruh pemasukan di masa yang akan datang dikurangi nilai sekarang investasi dan seluruh pengeluaran di masa yang akan datang seperti biaya operasional. Jika nilai NPV positif berarti proyek tersebut menarik untuk dikembangkan.



Gambar 5. Diagram pemasukan dan pengeluaran

$$NPV = \frac{A \cdot [(1+i)^n - 1]}{i \cdot (1+i)^n} - \frac{F}{(1+i)^n} - Cost \quad (5)$$

dimana :

Cost = Biaya pembangunan PLTMH

F = Biaya operasional per tahun

A = nilai jual listrik per tahun

i = Tingkat suku bunga per tahun

n = Lama periode (umur ekonomis PLTMH)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan altimeter diperoleh head yaitu perbedaan tinggi permukaan air teratas dengan rencana tempat turbin adalah 6 m. Jarak antara reservoir dengan rencana letak turbin adalah 13 m.



Gambar 3. Sungai Oot

Adapun debit air (Q_a) adalah 0,550 m³/dt. Maka debit desain yang dipakai dalam perencanaan adalah 70% dari debit air normalnya, $Q_d = 0,981 \times 0,7 = 0,385$ m³/dt. Hasil perhitungan memberikan bahwa:

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

- Diameter pipa penstock adalah 0,572 mm
- Daya potensial air adalah 22,078 kW
- Jenis turbin yang sesuai adalah Turbin Crosssflow.
- Daya listrik output generator 13,507 kW
- Generator yang dipilih adalah generator sinkron,
power: ≥ 20 kW (50% lebih besar dari daya bangkitan), Voltage: 380 - 415 Volt (3 phase),
Frekuensi: 50 Hz (sesuai listrik PLN di Indonesia), Putaran: 1.500 rpm (4 kutub)
- Kontrol Beban adalah IGC (Induction Generator Controller).
- Sistem Transmisi Daya Listrik, kabel listrik diameter 16,7 mm²,

Kajian biaya (initial cost) untuk PLTMH ditampilkan pada Tabel 3. Dari Table 3 terlihat bahwa biaya pembangunan PLTMH dengan kapasitas bangkitan 13,5kW 14 kW adalah sekitar Rp. 15.934.000,00 per kW. Jika lifetime PLTMH diestimasi selama 10 tahun maka biaya pembangunan per kW per tahun adalah 1.594.400,00.

Tabel 3. Estimasi biaya pembangunan sistem PLTMH Sungai Oot

NO	KOMPONEN	BIAYA (Rp)
1	Pipa Pesat GIP ϕ 600 mm, L = 13 mtr	7.150.000,00
2	Turbin Crossflow	77.000.000,00
3	Generator 14 kVA	29.350.000,00
4	Kontroler ELC	36.225.000,00
5	Ballast Load	4.725.000,00
6	Sistem Transmisi Daya listrik	16.986.800,00
7	Power House	50.500.000,00
8	Perlengkapan	1.143.250,00
	JUMLAH BIAYA PEMBANGUNAN	223.080.050,00
	BIAYA PEMBANGUNAN PER kW	15.934.000,00

* *Estimasi lifetime PLTMH 10 tahun*

Disamping biaya pembangunan (*capital cost*) tersebut di atas, juga dibutuhkan biaya operasi (*running cost*) dan biaya pemeliharaan (*maintenace cost*). Sistem PLTMH tidak membutuhkan sumber energi bahan-bakar seperti halnya pada Genset yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerakannya. Untuk mengoperasikan PLTMH membutuhkan seorang operator untuk mengontrol sistem, namun ini jauh lebih sederhana dan lebih murah dibandingkan mengoperasikan Genset. Sedangkan biaya pemeliharaan sistem PLTMH dibutuhkan untuk memperbaiki atau mengganti komponen yang haus/rusak untuk menjaga supaya sistem tetap handal. Biaya pemeliharaan ini bisa diestimasi sekitar 4~6% per tahun dari biaya pembangunan sistem [Maher and Smith, 2001].

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Tabel 4. Estimasi biaya operasional PLTMH

NO	KOMPONEN	PLTMH (Rp)
1	Operator	18.000.000,00
2	Pemeliharaan	11.154.002,50
	JUMLAH BIAYA OPERASIONAL	29.154.002,50
	BIAYA OPERASIONAL PER kW/Th	173.535,73

Tabel 5. Total biaya pembangunan PLTMH/kW/th

NO	KOMPONEN BIAYA	PLTMH (Rp)
1	Capital cost /kW/Th	1.593.400,00
2	Running cost /kW/Th	208.242,88
	TOTAL COST / kW/Th	1.801.642,88
	HARGA BEP LISTRIK PER kWh	208,52

Maka harga BEP listrik PLTMH yang direncanakan adalah sekitar Rp. 208,52 /kWh, masih lebih murah dibandingkan harga listrik PLN yaitu Rp. 850,00/kWh (untuk paket 'Bersinar'). Disamping harga BEP listrik sistem PLTMH lebih murah, juga ramah lingkungan karena tidak terjadi proses pembakaran bahan bakar. Disamping itu dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar solar.

Pada umumnya Net Present Value (NPV) digunakan sebagai analisa finansial untuk mengevaluasi suatu sistem layak untuk dikembangkan atau tidak. NPV investasi suatu proyek adalah nilai sekarang dari seluruh pemasukan di masa yang akan datang dikurangi nilai sekarang investasi dan seluruh pengeluaran di masa yang akan datang seperti biaya operasional.

Cost = Biaya pembangunan PLTMH
= Rp. 223.080.050,00

F = Biaya operasional per tahun
= Rp. 2.429.500

A = nilai jual listrik per tahun
= Rp. 102.816.000,0

i = Tingkat suku bunga per tahun
= 15 %

n = Lama periode (umur ekonomis PLTMH)
= 10 tahun

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Maka :

$$NPV = \frac{102.816.000[(1+0,15)^{10} - 1]}{0,15 \cdot (1+0,15)^{10}} - \frac{2.429.500}{(1+0,15)^{10}} - 223.080.050,00 \text{ Jadi}$$

$$NPV = \text{Rp. } 292.329.130$$

Dengan asumsi life time PLTMH 10 tahun, suku bunga 15%, maka dari hasil perhitungan menunjukkan nilai NPV system PLTMH sungai Oot adalah bernilai positif (Rp. 292.329.130). Hal ini berarti proyek tersebut layak untuk dikembangkan dengan harga BEP sekitar Rp.208,52 per kWh masih lebih murah dari harga per kWh PLN untuk tarif 'Bersinar'

5. KESIMPULAN

1. Aliran Sungai Oot di Desa Tamblang layak dikembangkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, dengan potensi daya yang dihasilkan sekitar 13,50 kW
2. Jenis Turbin yang sesuai adalah jenis crossflow.
3. Generator yang sesuai adalah generator sinkron, power ≥ 20 kW, Voltage: 380 - 415 Volt (3 phase), Frekuensi 50 Hz , Putaran 1.500 rpm (4 kutub)
4. PLTMH ini layak dikembangkan karena NPV bernilai positif, dengan BEP sekitar Rp.208,52 per kWh masih lebih murah dari harga per kWh PLN untuk tarif 'Bersinar'

Acknowledgements

Artikel ini disajikan sebagai tanggung jawab penulis atas Hibah Udayana Tahun 2008 yang telah diberikan. Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Jurusan Teknik Mesin FT-UNUD atas biaya perjalanan yang diberikan. Terakhir salam sejahtera buat rekan-rekan di BKSTM.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

References

- [1] Anonim, 2004, *Small Hydro Project Analysis*, Natural Resources Canada.
- [2] Anonim, 2005, *Profil Energi Bali 2005*, Dinas Pekerjaan Umum Sub Dinas Pertambangan, Denpasar
- [3] Evans R.A., 2003, *Waterpower*, URL:\\ www.evans.eu.com
- [4] Klunne W., 2001, *Micro Hydropower Basics*, URL: <http://www.microhydro.com>
- [5] Anonim, 2004, *Small Hydro Project Analysis*, Natural Resources Canada.
- [6] Linsley, Ray, K, Joseph B.Franzini & Ir. Djoko Sasongko M.Sc, 1995, *Teknik Sumber Daya Air*, Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta
- [7] Maher P. and Smith N., 2001, *Pico Hydro For Village Power: A Practical Manual for Schemes up to 5 kW in Hilly Areas*
- [8] Ketjoy P.L.N. and Rakwichian W., 2004, *Pico Hydro Power Generation Demonstration : Case Study of Stand Alone, Hybrid and Grid Connected System*
- [9] Streeter V.L. and Wylie E.B., 1975, *Fluid Mechanics*, 6th edition, McGraw-Hill Book Company, New York.