

ISBN : 978-979-562-034-1

# PROSIDING

## SEMINAR NASIONAL

dalam Rangka Dies Natalis ke-51  
Universitas Negeri Yogyakarta  
diselenggarakan di UNY, 20-21 April 2015



Tema  
*Penelitian dan PPM  
untuk Mewujudkan Insan Unggul*

### **Buku 3. Bidang Saintek**

*Penyunting:*

Prof. Dr. Suharti

Prof. Dr. Endang Nurhayati

Dr. Enny Zubaidah

Dr. Tien Aminatun

Dr. Giri Wiyono

Sri Harti Widyastuti, M.Hum.

Ary Kristiyani, M.Hum.

Zulfi Hendri, M.Sn.

Venny Indria Ekowati, M.Litt.

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

# PROSIDING SEMINAR NASIONAL

dalam Rangka Dies Natalis ke-51  
Universitas Negeri Yogyakarta  
diselenggarakan di UNY, 20-21 April 2015



Tema  
*Penelitian dan PPM  
untuk Mewujudkan Insan Unggul*

## **Buku 3. Bidang Saintek**

*Penyunting:*

Prof. Dr. Suharti

Prof. Dr. Endang Nurhayati

Dr. Enny Zubaidah

Dr. Tien Aminatun

Dr. Giri Wiyono

Sri Harti Widyastuti, M.Hum.

Ary Kristiyani, M.Hum.

Zulfi Hendri, M.Sn.

Venny Indria Ekowati, M.Litt.

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

# Prosiding Seminar Nasional

dalam Rangka Dies Natalis Universitas Negeri Yogyakarta ke-51

## Penelitian dan PPM untuk Mewujudkan Insan Unggul

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

*All right reserved*

2015

**ISBN : 978-979-562-034-1**

### Penyunting:

Prof. Dr. Suharti

Prof. Dr. Endang Nurhayati

Dr. Enny Zubaidah

Dr. Tien Aminatun

Dr. Giri Wiyono

Sri Harti Widyastuti, M.Hum.

Ary Kristiyani, M.Hum.

Zulfi Hendri, M.Sn.

Venny Indria Ekowati, M.Litt.

### Diterbitkan oleh:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)

Universitas Negeri Yogyakarta

### Alamat Penerbit:

Karangmalang, Yogyakarta 55281

Telp. (0274) 550840, 555682, Fax. (0274) 518617

*Website: [lppm.uny.ac.id](http://lppm.uny.ac.id)*

## DAFTAR ISI

Kata Pengantar Ketua LPPM UNY .....	i
Kata Pengantar Ketua Panitia Seminar Nasional .....	ii
Daftar Isi .....	iii

### BIDANG SAINTEK

1. Uji Lentur dan Analisis Tegangan Balok Beton Berserat Parsial dengan Tulangan Baja <b>Slamet Widodo</b> .....	<b>1</b>
2. Analisa Potensi Teknis dan Ekonomis <i>Hidro</i> Setu sebagai Energi Terbarukan untuk Pembangkit Listrik Tenaga <i>Micro-Hidro</i> Wilayah Provinsi Banten <b>Suhendar, Jaka Permana, Rian Fahrizal</b> .....	<b>14</b>
3. Uji Eksperimental Kinerja Struktural Pumice Breccia sebagai Material Utama Mortar Instant pada Pasangan Dinding <b>Agus Santoso, Faqih Ma'arif, Sumarjo H</b> .....	<b>28</b>
4. Modifikasi Sifat Bahan Bitumen Menggunakan Polypropylene Fibers untuk Meningkatkan Kinerja Agregat Bantak serta Implementasinya sebagai Smart Cementitious Materials pada Flexible Pavement <b>Faqih Ma'arif, Effendi Tanumihardja, Sumarjo H</b> .....	<b>37</b>
5. Analisis Potensi Pemanfaatan Energi Matahari Di Surabaya Menggunakan Metode Solar Updraft Tower <b>Vares Soca Elviros, Muhammad Ainur Rofiq, Erik Tridianto, Fifi Hesty Sholihah</b> .....	<b>54</b>
6. Kajian Desain dan Prototipe Lampu Berbahan Baku E-Waste dengan Pengendalian Remot Kontrol <b>Zamtinah, Herlambang SP, Ilmawan Mutaqin</b> .....	<b>72</b>
7. Perancangan Alat Bantu <i>Spindle Extension</i> untuk Pengerjaan <i>Groove Cutter</i> di Mesin Pei Ping <b>Slamet Mulya Teeputra, Paulus Wisnu Anggoro, A. Tonny Yuniarto</b> .....	<b>88</b>
8. Perancangan <i>Lightstick</i> Bertenaga Kinetik <b>Andreas Henry Candra Susanto, A. Teguh Siswanto</b> .....	<b>108</b>
9. Pengendalian Sistem Persediaan Multi Item dengan <i>Lead Time</i> dan Demend Probabilistik di Toko Oli X <b>Martinus Tega Ardi Pramarta, Slamet Setio Wigati</b> .....	<b>126</b>
10. Rancang Bangun Alat Uji Karakteristik Motor DC Servo untuk Aplikasi Robot Berkaki <b>Siswo Wardoyo, dan Anggoro Suryo Pramudyo, Jajang Saepul</b> .....	<b>145</b>
11. Perancangan Moldbase Yo-Yo String Type (1A) pada PT.Yogya Presisi Teknikatama Industri <b>Freddy Hiroaki Nakanishi Sunaryo, Tonny Yuniarto, Paulus Wisnu Anggoro</b> .....	<b>155</b>

# ANALISA POTENSI TEKNIS DAN EKONOMIS *HIDRO* SETU SEBAGAI ENERGI TERBARUKAN UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *MICRO-HIDRO* WILAYAH PROVINSI BANTEN

Suhendar<sup>1</sup>, Jaka Permana<sup>2</sup>, Rian Fahrizal<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa  
email: <sup>1</sup>suhendar@untirta.ac.id, <sup>2</sup>jpermana@yahoo.com, <sup>3</sup>rian.fahrizal@untirta.ac.id

## Abstrak

Saat ini 95,2% sumber energi yang digunakan sebagian besar masih berasal dari fosil, yaitu minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Sementara tenaga air (hidro) dan energi terbarukan lainnya hanya sekitar 4,8% dari total sumber daya energi yang dimanfaatkan. Sehingga optimalisasi pemanfaatan energi lokal diarahkan pada upaya: pengembangan desa mandiri energi, pengembangan pemanfaatan energi untuk kegiatan ekonomi, termasuk melakukan diversifikasi energi melalui pembangkit tenaga listrik skala kecil dan menengah dari sumber energi baru terbarukan.

Penelitian ini ditujukan untuk menggali potensi sumber energi terbarukan (mikro hidro) di wilayah provinsi Banten untuk dioptimalisasikan sumber Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dalam kapasitas Watt/kW.

Hasil survey, kajian, dan analisa menunjukkan bahwa Situ Cibulakan di Kecamatan Ciomas Banten layak dibangun menjadi wilayah penghasil energy berbasis PLTMH. Karakteristik teknis debit aliran 0,212m<sup>3</sup>/s dan tinggi air jatuh (*head*) 17 meter Situ Cibulakan dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik skala PLTMH sebesar 23,55 kW atau energi tahunan terbangkit sebesar 178003,2 kWh/tahun. Komponen bangunan sipil yang diperlukan untuk PLTMH yaitu pipa pesat dengan panjang 16,38 meter diameter 20 cm, *forebay*, saluran pembawa dan *power house*. Sedangkan komponen elektrik-mekanikal yaitu generator sinkron 3 fasa, turbin jenis *kaplan*, transmisi mekanik jenis *belt*, dan system kontrol ELC (*Electronic Load Control*) dengan *ballast load air heater*. Sementara efisiensi PLTMH yang dapat dicapai sebesar 67%. Nilai ini sesuai dengan kisaran standar efisiensi PLTMH sebesar 60%-70%.

Secara ekonomis, PLTMH Situ Cibulakan cukup layak. RoR sebesar 10,99% dengan asumsi biaya modal investasi dapat kembali dalam waktu 10 tahun. Oleh karena itu pembangunan PLTMH Situ Cibulakan bermanfaat untuk mensuplai keperluan listrik penduduk setempat sehingga dapat memacu pertumbuhan perekonomian warga sekitar dan membantu pemerintah guna mewujudkan desa mandiri energi.

**Kata Kunci:** energi, PLTMH, energi terbarukan, ELC, RoR, Setu, Banten

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang Masalah

Menurut informasi dari Kementerian ESDM (2013) bahwa kebutuhan energi meningkat akibat bertambahnya jumlah rumah, beragam bangunan komersial serta industri. Terdapat empat sektor utama pengguna energi, yaitu sektor rumah tangga, komersial, industri dan transportasi. Misi dan sasaran kebijakan Energi Nasional sebagaimana tertuang dalam Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2006-2015 adalah meningkatkan peran energi alternatif dan meningkatkan peran energi baru terbarukan pada tahun 2025 sebesar 5%. Oleh karena itu, kondisi yang diharapkan ke depan adalah

menemukan cara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi melalui penciptaan energi alternatif maupun menerapkan pola manajemen penghematan pada masing-masing sektor pengguna energi. Sampai saat ini, sumber energi yang digunakan sebagian besar masih berasal dari fosil, yaitu minyak bumi sebesar 46,9%, batu bara sebanyak 26,4% dan gas alam sebesar 21,9%. Sementara tenaga air (hidro) dan energi terbarukan lainnya hanya sekitar 4,8% dari total sumber daya energi yang dimanfaatkan. Sehingga optimalisasi pemanfaatan energi lokal diarahkan pada upaya:

- 1) Pengembangan Desa Mandiri Energi dan Pengembangan kawasan khusus energi,
- 2) Pengembangan pemanfaatan energi untuk kegiatan ekonomi,
- 3) melakukan diversifikasi energi dengan memaksimalkan sumber daya energi alternatif untuk transportasi, rumah tangga dan industri,
- 4) termasuk melakukan diversifikasi pembangkit tenaga listrik skala kecil dan menengah dari sumber energi baru terbarukan.

Banten sebagai salah satu provinsi di Indonesia, berada di kawasan pantai terpanjang memiliki berbagai macam potensi sumber daya alam dan sumber daya energi. Letaknya di bagian Barat Indonesia, Banten memiliki kawasan industri baja terbesar di Asia Tenggara. Salah satu kondisi inilah yang menyebabkan Banten merupakan provinsi dengan berbagai macam sektor pengguna energi, mulai dari sektor rumah tangga sampai dengan sektor industri. Banten juga memiliki potensi wisata alam yang cukup banyak. Wisata pantai, pegunungan, dan air terjun. Pegunungan yang memiliki beberapa wisata air terjun di Banten, yaitu sekitar 10 lokasi telah dibuka dan berpotensi wisata, tetapi potensi tersebut belum bisa digali dan diteliti. Sehubungan dengan itu, penelitian yang akan dilakukan diharapkan akan mampu mengoptimalkan potensi sumber energi terbarukan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) bernuansa pengembangan objek wisata edukasi di wilayah provinsi Banten.

Kondisi Aktual dan kondisi Sumber Daya Air Provinsi Banten, antara lain sebagai berikut :

- 1) Topografi wilayah Provinsi Banten berkisar pada ketinggian 0–1.000 m dpl. Secara umum kondisi topografi wilayah Provinsi Banten merupakan dataran rendah yang berkisar antara 0–200 m dpl yang terletak di daerah Kota Cilegon, Kota Tangerang, Kabupaten Pandeglang, dan sebagian besar Kabupaten Serang.
- 2) Wilayah Sungai di Provinsi Banten terbagi atas 3 (tiga) wilayah yaitu Wilayah Sungai Ciliman-Cibungur, Wilayah Sungai Cibaliung–Cisawarna dan Wilayah Sungai Cidanau–Ciujung–Cidurian–Cisadane–Ciliwung–Citarum. 2 (dua) wilayah sungai merupakan lintas Kabupaten/Kota dalam Provinsi, sedangkan 1 (satu) wilayah sungai merupakan lintas Provinsi.

- 3) Provinsi Banten saat ini memiliki sekitar 1.388 Daerah Irigasi (DI), besar maupun kecil dengan luas total 225.739 ha. Berdasarkan kewenangan pengelolaannya terdiri atas 5 DI Kewenangan Pusat dengan luas total 63.725 ha, 13 DI Kewenangan Provinsi dengan luas total 20.474 ha dan 1.388 DI kewenangan Kabupaten/Kota dengan luas total mencapai 141.540 ha. Dibandingkan dengan kondisi tahun 2006, telah terjadi penambahan areal sekitar 54.465 ha atau meningkat sebesar 24,13%.

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan gambaran singkat tentang latar belakang masalah seperti telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Sejauhmana potensi sumber energi terbarukan (mikro hidro) di wilayah provinsi Banten
- 2) Bagaimana potensi energi air sebagai sumber Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH dalam kapasitas Watt/kW dapat dimanfaatkan untuk memasok energi listrik
- 3) Sejauhmana optimalisasi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di wilayah Provinsi Banten

### **Tujuan**

- 1) Menggali potensi sumber energi terbarukan (mikro hidro) di wilayah provinsi Banten
- 2) Mengkaji dan menganalisis potensi energi air sebagai sumber Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH dalam kapasitas Watt/kW untuk memasok energi listrik
- 3) Menyajikan informasi teknis tentang optimalisasi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di wilayah Provinsi Banten

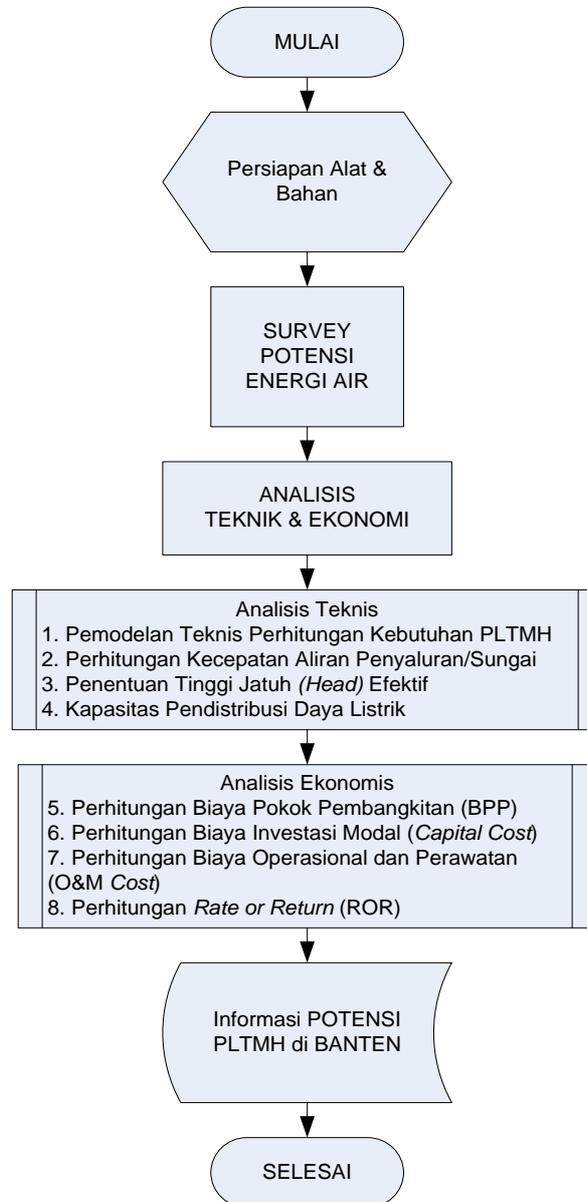
### **Manfaat**

Hasil penelitian ini akan membawa dampak yang cukup signifikan terhadap pengembangan wilayah Provinsi Banten sebagai kawasan penghasil energi alternatif terbarukan. Hasil penelitian akan memberikan informasi tentang wilayah-wilayah di Provinsi Banten yang berpotensi memiliki sumber energi air untuk Pembangkitan Tenaga Listrik Mirko Hidro (PLTMH). Manfaat lain dari hasil penelitian ini adalah adanya pengembangan daerah objek wisata edukasi atas PLTMH yang dibangun. Sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar.

### **METODE**

Metode dan tahapan operasional yang dilakukan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan data dan informasi wilayah berpotensi sumber daya air. Data dan

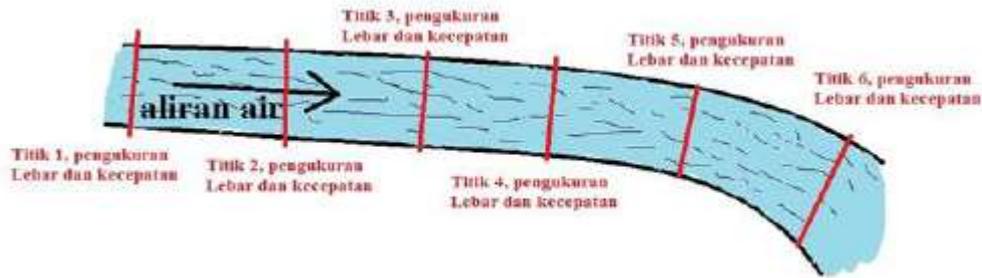
informasi yang diperoleh kemudian dianalisis secara teknis untuk mendapatkan informasi lengkap tentang kelayakan pembangunan PLTMH di wilayah provinsi Banten.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Data-data yang dibutuhkan untuk dianalisis sesuai dengan target dan tujuan dari penelitian ini, yaitu:

- 1) Pengukuran luas penampang sungai
- 2) Pengukuran kecepatan air dengan panjang lintasan 6 meter
- 3) Perhitungan debit aliran air
- 4) Pengukuran Ketinggian



**Gambar 2.** Area/Titik Pengukuran Saluran

Sedangkan peralatan pendukung yang digunakan untuk mengambil data, yaitu Kamera (Olympus Stylus Tough 6000D 10 Megapixels), Alat Tulis, *Current Meter*, dan *Roll meter*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Data Debit Air dan Aliran

Debit yang digunakan untuk perhitungan adalah debit rata-rata yang didapat dari pengukuran secara langsung. Pengukuran dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-2414-1991. Berdasarkan informasi dari Direktorat Jendral Sumber Daya Air dan Mineral Wilayah Aliran Sungai Ciujung-Cibanten-Cidanau bahwa nilai debit normal air jatuh pada pertengahan setiap tahunnya.

**Tabel 1.** Data Debit

Tanggal	Debit (m <sup>3</sup> /s)
10 April 2013	0.201
11 April 2013	0.208
12 April 2013	0.208
14 April 2013	0.206
15 April 2013	0.214
16 April 2013	0.226
17 April 2013	0.213
18 April 2013	0.214
21 April 2013	0.226
23 April 2013	0.208
Rata-Rata	0.212
Maksimum	0.226
Minimum	0.201

### Potensi Daya Terbangkitkan

Potensi daya yang dapat dibangkitkan atau daya input yang dihasilkan didapat dengan penyerapan tenaga dari bentuk ketinggian, dan debit air yang terdapat pada lokasi. Nilai ketinggian pada penelitian ini sebesar 17,34 meter, dan nilai debit rata-rata sebesar 0,212 m<sup>3</sup>/s sehingga potensi daya terbangkit didapat dengan perhitungan sebesar 36 kW.

### 3.3 Head Efektif

*Head* Efektif didapat dengan memperhitungkan kehilangan:

$$\begin{aligned} H_{Bruto} &= 17.34 \text{ m} \\ H_{Losses} &= 10\% \times H_{Bruto} \\ &= 10\% \times 17.34 \\ &= 1.734 \text{ m} \end{aligned}$$

Kehilangan energi yang terjadi berdasarkan perhitungan di atas sebesar 1,734 meter, sehingga perkiraan *head* efektif akan diperoleh sebesar:

$$\begin{aligned} H_{Eff} &= H_{Bruto} - H_{Losses} \\ &= 17.34 - 1.734 \\ &= 15.6 \text{ m} \end{aligned}$$

### **Pemodelan Teknis Perhitungan Kebutuhan PLTMH**

Perhitungan panjang pipa pesat dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Ramli Kadir, 2010) :

$$L = \sqrt{H_{eff}^2 + L_b^2}$$

dengan:

L = Panjang Pipa Pesat (m)

Heff = Tinggi efektif (m)

Lb = Jarak antara sisi samping dengan rumah pembangkit (m)

Kecepatan aliran dalam pipa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dengan: g = koefisien gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

h = ketinggian (m)

Penampang pipa dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A = Q/V$$

dengan : A = Luas penampang Pipa (m<sup>2</sup>)

Q = Debit Air (m<sup>3</sup>/s)

V = Kecepatan Air dalam Pipa (m/s)

Diameter pipa dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$D = \left[ \frac{4A}{\pi} \right]^{0.5}$$

dengan : D = Diameter pipa (m)

A = Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

### Perhitungan Kecepatan Aliran Penyaluran/Sungai

Kecepatan aliran rata-rata di suatu penampang dapat diperoleh dengan menggunakan *current meter*. Kecepatan rata-rata ini diperoleh dari berbagai titik vertikal aliran sungai sesuai dengan kedalaman, lebar sungai dan sarana yang ada.

Pengukuran dapat dilakukan melalui cara seperti dibawah ini:

- 1) Pengukuran kecepatan aliran satu titik, dilaksanakan pada titik yang berjarak 60% atau 20% kedalaman dari permukaan air
  - a. kedalaman 60% dilakukan apabila kedalaman kurang dari 0.75 meter.
  - b. kedalaman 20% dilakukan apabila pengukuran 60% tidak dapat dilakukan, misalnya pada saat banjir.
- 2) Pengukuran kecepatan aliran dua titik dilakukan apabila kedalaman air lebih dari 0,75 meter. pengukuran dilakukan pada jarak 20% dan 80%, dan kecepatan rata-rata didapat dari persamaan:

$$V = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$$

dengan:

V = kecepatan aliran rata-rata pada suatu vertikal (m/s)

V<sub>0,2</sub> = kecepatan aliran pada titik 20% (m/s)

V<sub>0,8</sub> = kecepatan aliran pada titik 80% (m/s)

- 3) Pengukuran kecepatan aliran tiga titik dilaksanakan pada kedalaman 20%, 60%, dan 80 %, dan kecepatan rata-ratanya ditentukan dari persamaan:

$$V = \frac{V_{0.2} + V_{0.6}}{2} + \frac{V_{0.8}}{2}$$

- 4) Pengukuran kecepatan aliran dibanyak titik kedalamn diukur pada kedalaman tiap 1/10 bagian kedalaman dan kecepatan rata-ratanya dapat ditentukan dengan secara grafis

### Kapasitas Pendistribusi Daya Listrik

Pertama, mengukur jarak dari rumah pembangkit kepusat pemukiman masyarakat. Kedua menghitung arus beban I dari setiap jaringan distribusi (A).

$$I_{xa} = \frac{Pa \times 10^3}{\sqrt{3} \times VLV} \quad I_{xb} = \frac{Pb \times 10^3}{\sqrt{3} \times VLV} \quad I_{px} = I_{xa} + I_{xb}$$

dengan :

Pa [kVA] = beban dari X ke A (daya dari setiap rumah x jumlah rumah tangga)

VLV [V] = Tegangan rendah

Keempat, menghitung total kerugian tegangan:

Power house ke Desa A =  $VXA + VPX = VA$

If  $VA < (VLV \times \text{persentase kerugian tegangan})$ , ini tidak memerlukan trafo.

Power house ke Desa B =  $VXB + VPX = VB$

If  $VB < (VLV \times \text{persentase kerugian tegangan})$ , ini tidak memerlukan trafo.

Power house ke Desa C =  $VPC$ ,

If  $VPC < (VLV \times \text{persentase kerugian tegangan})$ , ini tidak memerlukan trafo.

### **Perhitungan Biaya Pokok Pembangunan (BPP)**

Menurut Ifhan Firmansyah 2011, tiap pembangkit listrik mempunyai harga energi listrik yang berbeda-beda yang besarnya bervariasi tergantung pada biaya pembangunan, perawatan, dan biaya operasi dari pembangkit listrik tersebut. Secara umum harga energi yang dihasilkan suatu pembangkit listrik dihitung dengan parameter-parameter yang diperlukan, yaitu:

1. Biaya pembangkitan per kW
2. Biaya pengoprasian per kWh
3. Biaya perawatan per kWh
4. Suku bunga dan Depresiasi
5. Umur operasi
6. Daya yang dibangkitkan

Dengan parameter-parameter seperti yang tersebut diatas, maka dapat dihitung harga energi listrik tiap kWh yang dibangkitkan oleh suatu pembangkit tenaga listrik. Tinjauan opsi energi dari aspek ekonomi pada pembahasan ini didasarkan atas biaya modal pembangkitan yang dikeluarkan dalam pemanfaatan energi alternative menjadi energi listrik, yaitu biaya pembangkitan dan harga energi. Metode perhitungan yang digunakan adalah metoda perhitungan biaya pembangkitan tahunan, terdiri dari tiga komponen biaya, yaitu:

1. Biaya investasi modal (*capital cost*)
2. Biaya bahan bakar (*fuel cost*)

### 3. Biaya operasi dan perawatan (*O&M cost*)

#### **Perhitungan Biaya Investasi Modal (*Capital Cost*)**

Dalam perhitungan biaya investasi modal ini, tergantung pada tingkat suku bunga (*discount rate*) dan umur ekonomis pembangkit (Ifhan Firmansyah,2011).

Besarnya investasi modal sebuah pembangkit listrik dapat dirumuskan sebagai:

$$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Sehingga biaya modal atau *Capital cost (CC)* dirumuskan sebagai berikut:

$$CC = \frac{\text{Biaya Pembangkitan} \times CRF}{A \text{ kWh}}$$

dengan:

CRF = *Capital recovery factor*

i = suku bunga pinjaman (*discount rate*)

n = umur pembangkit (tahun)

CC = *capital cost* (biaya modal/kWh)

#### **Perhitungan Biaya Operasional dan Perawatan (*O&M Cost*)**

Biaya operasional dan pemeliharaan terdiri dari dua komponen, yaitu biaya tetap (yang tidak berhubungan dengan *output* listrik) dan biaya variable (yang berhubungan dengan *output* listrik). Dimana biaya tetap tersebut tergantung jenis bahan bakar, kapasitas pembangkit dan teknologi yang digunakan. Sedangkan biaya variabel yang berhubungan dengan pengoperasian pembangkit dan faktor yang mempengaruhinya adalah pemeliharaan dan desain pembangkit (Ifhan Firmansyah,2011).

Besarnya estimasi biaya operasi dan pemeliharaan per kWh dinyatakan dengan persamaan:

$$O\&M = \frac{\text{Biaya O\&M}}{\text{Daya terbangkit} \times \text{faktor kapasitas} \times 8760}$$

Dengan demikian biaya pokok pembangkitan dapat dicari melalui persamaan berikut:

$$TC = CC + FC + O\&M$$

dengan:

TC = biaya pokok pembangkitan

CC = *capital cost*

FC = *fuel cost*

O&M = *operation and maintenance cost*

**Tabel 4.** Biaya Pemeliharaan dan Operasional

Jenis Biaya	Harga	Total Harga
Biaya Operator	Rp. 24.000.000,-	Rp. 36.000.000,-
Pelumas	Rp. 10.000.000,-	
Pemeliharaan Komponen	Rp. 2.000.000,-	
Elektrikal dan mekanikal		

### Perhitungan *Rate or Return (RoR)*

RoR menunjukkan perbandingan laba tahunan terhadap investasi. Dengan demikian merupakan cara sederhana untuk mengukur keberhasilan suatu investasi. Bank Dunia menetapkan suatu proyek dianggap layak jika mempunyai RoR lebih dari 8%. Kelemahan kriteria ini tidak mempertimbangkan nilai waktu dari uang (Ifhan Firmansyah, 2011). RoR dapat diketahui dengan melakukan perhitungan seperti dibawah ini:

$$ROR = \frac{\text{Pendapatan bersih/tahun}}{\text{Biaya investasi}} \times 100\%$$

Berdasarkan data dari Bank Dunia yang menetapkan batas minimum harga RoR sebesar 8,0% maka perencanaan pembangunan PLTMH Situ Cibulakan dianggap layak/feasibel karena memiliki RoR sebesar **10,98%**.

### Rangkuman Analisis Teknis dan Ekonomis

**Tabel 3.** Hasil Analisis Teknis Dan Ekonomis

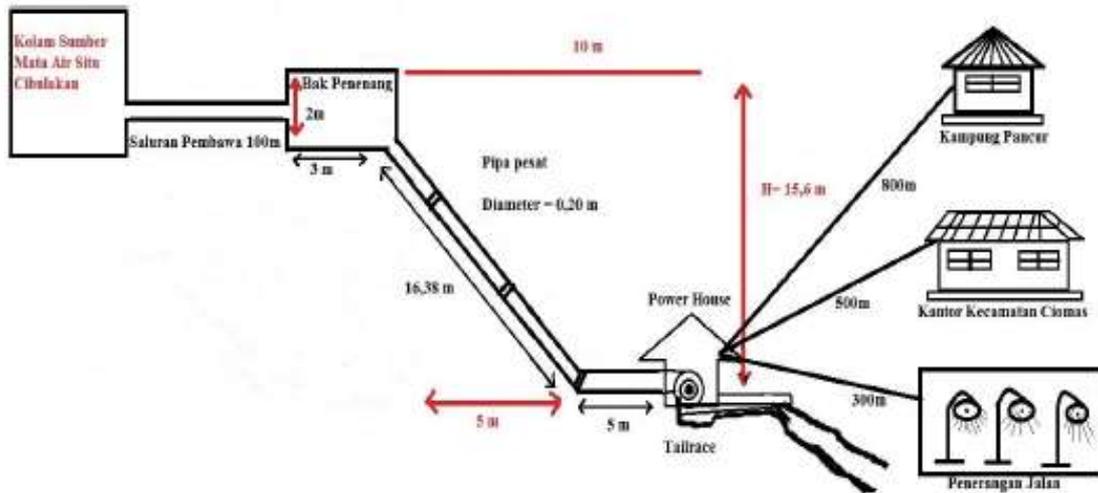
Analisis Teknik & Ekonomis	HASIL			Keterangan
	Maksimum	Minimum	Rata-Rata	
Debit Air (m <sup>3</sup> /s)	0,226	0,201	0,212	
Potensi Daya Terbangkitkan	36 kW			
Head Efektif	15,6 meter			
Jenis Turbin yang digunakan	jenis <i>Kaplan</i> dengan ns sebesar 600,68rpm, diameter 0,17m, dan efisiensi sebesar 0,9.			
Generator yang digunakan memiliki spesifikasi:				
Daya	26 kW			
Tegangan	220/380 V			
Frekuensi	50 Hz			
Putaran	1500 rpm			
Tipe	Brushless			

Daya Output PLTMH	24,11 kW
Biaya Operasional dan Perawatan	Rp. 202 /kWh
Nilai Jual Energi Listrik PLTMH	Rp. 241/kWh
Pendapatan bersih PLTMH	Rp. 42.855.417,6/ tahun.
Rol	Pada suku bunga 10,04% dana investasi dapat kembali pada tahun ke-10
ROR	10,98%

**Tabel 5.** Biaya Investasi PLTMH

Komponen Elektrikal dan Mekanikal		Total
Komponen	Harga	
Generator Sinkron 3 fasa	Rp. 30.000.000	Rp. 145.000.000
Turbin	Rp. 30.000.000	
ELC + Ballast Load	Rp. 60.000.000	
Transmisi Mekanik	Rp. 5.000.000	
Instalasi Alat	Rp. 20.000.000	
Komponen Bangunan Sipil		Rp. 120.000.000
Komponen	Harga	
Bak penenang	Rp. 25.000.000	
Saluran pembawa	Rp. 20.000.000	
Pipa Pesat	Rp. 50.000.000	
Power House	Rp. 25.000.000	
Komponen Jaringan Distribusi		Rp. 120.000.000
Tiang Beton	Rp. 20.000.000	
Kabel	Rp. 80.000.000	
Aksesoris	Rp. 20.000.000	
Biaya Survei		
<b>Total Biaya</b>	<b>Rp. 390.000.000</b>	

## Model Rancangan PLTMH



**Gambar 3.** Model Rancangan PLTMH

### KESIMPULAN

- 1) Debit rata-rata sebesar  $0,212 \text{ m}^3/\text{s}$  dan *head* efektif sebesar 15,6 meter mampu menghasilkan daya listrik sebesar 25,4 kW, dengan energi tahunan terbangkit sebesar 178003,2 kWh/tahun, maka Situ Cibulakan memiliki potensi untuk mendukung sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
- 2) Komponen sipil yang dibutuhkan terdiri dari pipa pesat dengan panjang 16,38 meter dengan diameter 20 cm, dengan *forebay*, saluran pembawa dan *power house*. Sedangkan komponen elektrik-mekanikal yaitu generator sinkron 3 fasa, turbin jenis *kaplan*, transmisi mekanik jenis *belt*, dan system kontrol ELC (*Electronic Load Control*) dengan *ballast load air heater*
- 3) *Potensi* efisiensi PLTMH akan didapat sebesar 67%, sesuai dengan kisaran efisiensi PLTMH sebesar 60%-70%
- 4) Pembangunan PLTMH Situ Cibulakan membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 390.000.000,00 dengan nilai jual energi listrik PLTMH sebesar Rp. 443/ kWh untuk suku bunga 10,04 %, maka nilai RoR yang didapat sebesar 10,98% diatas dari nilai minimum kelayakan yang ditetapkan Bank dunia sebesar 8%. Oleh karena itu program ini layak untuk dikembangkan, biaya investasi dapat kembali dalam jangka waktu 10 tahun

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, B, R. (2013). *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Sungai Ciliman Kabupaten Pandeglang*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Andika, L. (2008). *Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Head Rendah Sungai Cisangkuy Kabupaten Bandung (Kajian Ekonomis)*. Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung.
- Anggie, P. (2011). *Pemanfaatan Sungai Bawah Tanah untuk Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH) 20kW diGua Ngerong, Desa Rengel, Tuban*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Asnal, E dan Arpandi, A. (2008). *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Aplikasi Di Desa Rantau Suli-Kec.Sungai Tenang-Kab.Merangin-Jambi)*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II Universitas Lampung.
- Asy'ari, M, P. (2008). *Perencanaan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- Irfan, F. (2011). *Studi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Dompjong 50KW Di Desa Dompjong, Bendungan, Trenggalek Untuk Mewujudkan Desa Mandiri Energi*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Islam, Rashidul, dkk. 2012. *Feasibility Study Of Micro-Hydro Power With An Integrated Renewable Model In Cht*. IEEE Global Humanitarian Technology Conference
- Kadir, R. (2010). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Sungai Marimpa Kecamatan Pinembani*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako.
- Kementerian ESDM, (2013). Efisiensi Energi Di Indonesia. 20 Februari 2013, <http://www.konservasienergiindonesia.info/energy/indonesia>.
- Panduan Pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro .*Disain untuk Struktur Mekanikal dan Elektrikal*. Tersedia dari (<http://www.scribd.com/doc/72667848/Desain-PLTMH>) [URL dikunjungi pada 8 September 2012).
- Prayotno, Adhi, dkk. 2010. Renewable Energy Mapping at Riau Province: Promoting Energy Diversification for Sustainable Development (a Case Study). Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University Of Riau.
- Raman, Nathan, dkk. 2009. Micro Hydro Potential in West Malaysia. Proceedings of ICEE 2009 3rd International Conference on Energy and Environment, 7-8

December 2009, Malacca, Malaysia.

Rohman, R. (2009). *Studi Perumusan Alternatif Skema PLTMH Untuk Optimalisasi Potensi Energi dan Potensi Wisata Curug Cimahi*. Jurusan Teknik Tenaga Listrik Sekolah Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung.

Tim Integrated Microhydro Development and Application Program (IMIDAP), (2009). *Pedoman Studi Kelayakan Mekanikal Elektrikal (Buku 2C)*.

Tim Integrated Microhydro Development and Application Program (IMIDAP), (2009). *Pedoman Studi Kelayakan Sipil (Buku 2B)*. Direktorat Jenderal Listrik Dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral.

Trisna, W. (2008). *Pemanfaatan Potensi Air Irigasi Di Desa Singarajan Sebagai Penyediaan Energi Listrik Skala Kecil*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Wang, Li, dkk. 2010. Economic Analysis of Installing Micro Hydro Power Plants in Chia-Nan Irrigation Association of Taiwan Using Water of Irrigation Canals. Proceedings of ICEE 2009 3rd International Conference on Energy and Environment.