

# EVALUASI KINERJA PLTMH SIKABUNG-KABUNG DI DESA SUKAMAKMUR KECAMATAN KUTALIMBARU KABUPATEN DELI SERDANG DENGAN REKAYASA NILAI (*VALUE ENGINEERING*)

Wira Frandana , Surya Tarmizi Kasim

Konsentrasi Teknik Konversi Energi, Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)  
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155  
e-mail: [wirafrandana2012@gmail.com](mailto:wirafrandana2012@gmail.com)

## Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Sikabung-kabung dirancang bangun oleh Yayasan Ikatan Alumni Teknik Elektro (IATE) USU dan PT PLN serta dioperasikan saat ini oleh masyarakat Desa Sukamakmur, dengan kapasitas daya 15 kW melayani 45 rumah. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dengan metode Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) pada aspek analisis, perencanaan, dan ekonomi. Hasil tulisan ini menunjukkan bahwa kapasitas daya pembangkit bisa ditingkatkan menjadi 25 kW dengan cara menambah pengambilan debit aliran sungai menjadi  $0,7m^3/s$ , mengganti Turbin dengan Turbin *Crossflow* tipe-12, dan generator dengan kapasitas 31 KVA.

## Kata Kunci: PLTMH, Turbin *Crossflow*

### 1. Pendahuluan

Salah satu kendala utama pada kelistrikan pedesaan adalah letaknya yang jauh dari pusat pembangkit dengan kondisi akses yang buruk, membuat biaya investasi menjadi sangat tinggi. Dilain pihak, kebutuhan energi listrik di wilayah pedesaan umumnya juga rendah dengan daya beli masyarakat yang juga rendah, sehingga investasi menjadi semakin tidak menarik dan prioritas untuk menjangkau wilayah-wilayah pedesaan sering diabaikan [1].

Di daerah Sumatra Utara, termasuk Kabupaten Deli Serdang memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar, di antaranya Mikro Hidro. Secara morfologi Kabupaten Deli Serdang terdiri dari berbagai satuan morfologi seperti pegunungan dan daratan. Morfologi pegunungan merupakan daerah yang banyak terdapat sungai-sungai yang mengalir pada suatu ketinggian dan elevasi tertentu. Bila potensi airnya kecil dapat dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro.

Saat ini Yayasan Ikatan Alumni Teknik Elektro (IATE) USU dan PT PLN telah bekerjasama dalam membangun PLTMH Sikabung-kabung di Desa Sukamakmur, Namun belakangan ini seiring dengan berkembangnya teknologi kebutuhan akan energi listrik pun terus meningkat, masyarakat

desa pun membutuhkan pasokan energi yang lebih baik dari sebelumnya.

Dengan kondisi tersebut sangat dibutuhkan solusi-solusi terhadap kinerja PLTMH Sikabung-kabung ini. Oleh karena itu dalam tulisan ini penulis menggunakan metode Rekayasa Nilai (*Value Engineering*) dalam mengevaluasi PLTMH Sikabung-kabung.

### 2. Studi Pustaka

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (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 [2].

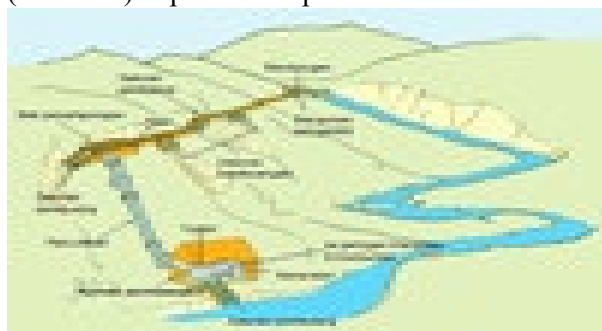
#### a. Prinsip Kerja PLTMH

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (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 [3].

Prinsip dasar mikro hidro adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Sebuah

skema mikro hidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik [4].

Secara umum skema dan tata cara sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTMH) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

b. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Hidro

Pada dasarnya suatu pembangkit listrik tenaga hidro berfungsi untuk mengubah potensi tenaga air yang berupa aliran air (sungai) yang mempunyai debit dan tinggi jatuh (*head*) untuk menghasilkan energi listrik. Secara umum Pembangkit Listrik Tenaga Air terdiri dari:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)
2. Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro (PLTM)
3. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit listrik tenaga hidro dapat dikategorikan dan diklasifikasikan sesuai besar daya yang dihasilkannya, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Jenis Pembangkit Tenaga Air dan Kapasitasnya

No	Jenis	Daya/Kapasitas
1	PLTA	>5 MW (5.000 kW)
2	PLTM	100kW-50.000kW
3	PLTMH	< 100 kW

1.1. Manfaat PLTMH

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro sangat bermanfaat untuk masyarakat desa terpencil yang tidak mendapat pelayan listrik

oleh PLN. Dengan menggunakan Sumber Daya Alam yang ada di desa seperti sungai, PLTMH ini bisa diterapkan. Manfaat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro sebagai berikut:

1. Meningkatkan taraf hidup masyarakat  
 Dengan adanya energy listrik untuk penerangan di malam hari, akan meningkatkan taraf hidup masyarakat, karena dengan penerangan tersebut dapat meningkatkan kerja masyarakat desa dalam meningkatkan pendapatan. Disamping itu juga akan menambah waktu belajar anak sekolah di malam hari. Informasi dari media televisi akan menambah pengetahuan bagi masyarakat dan dengan pengetahuan yang berguna dapat mengubah cara hidup yang lebih baik sesuai dengan pemanfaatan masyarakat itu sendiri.
2. Pengembangan potensi wilayah  
 Energi listrik yang mencukupi untuk terbentuknya suatu industri pengelola hasil pertanian, perkebunan, peternakan, dan kerajinan tangan, merupakan sasaran utama bagi peningkatan sumber daya manusia, sehingga dengan bertumbuhnya industri seperti tersebut di atas sekaligus juga akan menambah keterampilan masyarakat tersebut dalam bidang yang ditekuninya, yang pada akhirnya akan menjadikan daerah industry yang berwawasan potensi daerah. Dengan potensi daerah yang sudah terbentuk akan dapat mengembangkan wilayah sesuai dengan potensi tersebut.

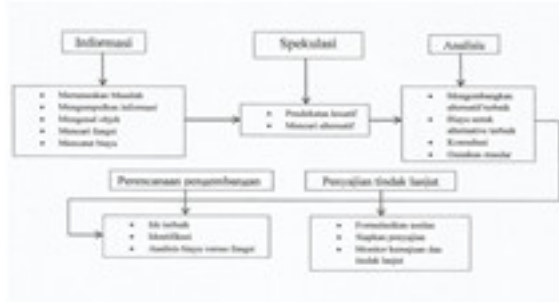
2.4. Metode Rekayasa Nilai

*Value Engineering* adalah penerapan suatu teknik manajemen melalui pendekatan yang sistematis dan terorganisasi dengan menggunakan analisis fungsi pada suatu proyek atau produk sehingga diperoleh hasil yang mempunyai keseimbangan antara fungsi dengan biaya, keandalan, mutu dan hasil guna (*performance*) [5].

*Value Engineering* bertujuan untuk menganalisa fungsi dari suatu item atau sistem dengan tujuan untuk mencapai fungsi yang diperlukan dengan biaya yang seringan-ringannya, tanpa harus mengorbankan atau mengurangi kualitas, fungsi dan estetika dari konstruksi yang sudah direncanakan [6].

Proses pelaksanaan *Value Engineering* mengikuti suatu metodologi berupa langkah-langkah yang tersusun secara sistematis. Ada 6 (enam) tahap RK-VE yaitu: tahap informasi, tahap analisis fungsi, tahap kreatif, tahap

penilaian, tahap pengembangan dan tahap rekomendasi [7]. Secara garis besar dapat dinyatakan pada Gambar 2.



Gambar 2. Langkah-langkah proses Value Engineering

Value Engineering adalah proven management technique yang dapat mengatasi dan mengurangi biaya konstruksi yang berhubungan dengan masalah-masalah teknik. Value Engineering tidak mengurangi biaya proyek dengan menekan harga satuan mengorbankan kualitas dan penampilannya. Value Engineering bertujuan untuk menganalisa fungsi dari suatu item atau sistem dengan tujuan untuk mencapai fungsi yang diperlukan dengan biaya yang sering-ringannya, tanpa harus mengorbankan atau mengurangi kualitas, fungsi dan estetika dari konstruksi yang sudah direncanakan.

**3. Metodologi Penelitian**

Adapun langkah-langkah dalam melakukan evaluasi PLTMH Sikabung-kabung guna meningkatkan energi daya listrik yang dihasilkan ialah sebagai berikut:

1. Melakukan pengukuran debit air sungai Lau Belawan.
2. Menghitung potensi sumber daya air yang dapat dimanfaatkan untuk PLTMH.
3. Menghitung perencanaan debit air yang akan digunakan untuk PLTMH.
4. Menghitung diameter pipa pesat yang direncanakan dengan menggunakan rumus pada Persamaan 1:

$$D = \frac{10,3x n x 2 x Q x 2 x L}{He} x 0,1875 \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- n = koefisien kekesaran material pipa
- Q = debit desain (m<sup>3</sup>/s)
- L = panjang penstock (m)
- He = tinggi jatuhnya air (m)

Untuk melihat koefisien kekasaran material pipa dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2. Properti Teknis Material Pipa Pesat

Material	Young's modulus of elasticity E (N/m <sup>2</sup> ) x10 <sup>8</sup>	linear expansion a (m/m °C) x10 <sup>6</sup>	Ultimate tensile strength (N/m <sup>2</sup> ) x10 <sup>6</sup>	N
Welded steel	206	12	400	0,012
Polyethylene	0,55	140	5	0,009
Polyvinyl chloride (PVC)	2,75	54	13	3,009

5. Menghitung kehilangan tinggi tekan pada pemasukan disebabkan oleh perubahan arah aliran juga karena adanya kontraksi mendadak dari luar daerah pembelokan. Kehilangan tinggi tekan akibat pemasukan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2 :

$$H_1 = K_e \frac{V^2}{2xg} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- K<sub>e</sub> = koefisien kehilangan tinggi tekan karena pemasukan = 0,04 (sesuai data dilapangan)
- V = kecepatan aliran pada pemasukan = 1,948 m/s
- g = gravitasi bumi = 9,81 m/s<sup>2</sup>

6. Menghitung kehilangan tinggi tekan akibat gesekan (friction loss) dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan 3 :

$$I_f = f \cdot \frac{Lx V^2}{d.2g} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

- L = panjang pipa pesat = 45 m
- V = kecepatan aliran = 1,948 m/s
- g = gravitasi bumi = 9,81 m/s<sup>2</sup>
- d = diameter pipa pesat = 0,6765 m
- f = koefisien gesek

Total kerugian yang terjadi pada saluran arus dihitung dengan rumus pada Persamaan 4:

$$\Sigma h_l = H_1 + H_{if} \dots\dots\dots(4)$$

Maka tinggi tekan efektif (head efektif) dihitung dengan rumus pada Persamaan 5:

$$H_{ef} = H - \Sigma h_l \dots\dots\dots(5)$$

- Pemilihan jenis turbin dilakukan dengan menentukan kecepatan spesifik (Ns). Kecepatan spesifik didefinisikan sebagai kecepatan putaran per menit dari turbin. Kecepatan spesifik ditentukan dengan rumus pada Persamaan 6:

$$N_s = \frac{(N \times P^{0,5})}{(H_e^{1,25})} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana:

- Ns = Kecepatan spesifik
- N = Kecepatan putaran turbin (rpm)
- P = Output turbin (kW)
- He = Head efektif (m)
- Q = Debit (m<sup>3</sup>/s)

- Pemilihan transmisi sabuk untuk meneruskan daya dari poros turbin ke generator.
- Menentukan generator yang sesuai dengan kapasitas daya yang akan dihasilkan oleh turbin.

**4. Hasil dan Pembahasan**

Setelah dilakukan pengukuran debit air, maka dapat dihitung diameter pipa pesat, jumlah energi yang hilang pada pipa pesat, dan daya yang akan dihasilkan oleh PLTMH Sikabung-kabung ini.

**4.4. Pengukuran Debit Air**

Pengukuran debit air sungai dilakukan dengan menggunakan alat pelampung (gabus). Pengukuran dilakukan di beberapa titik tertentu. Dapat dilihat pada Tabel 3:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Debit Air

No	Uraian	Lebar Sungai L (m)	Kedalaman h (m)	Luas Penampang A (m <sup>2</sup> )	Debit Air Q (m <sup>3</sup> /detik)
1	Titik A1	8,5	0,4	3,4	1,34
2	Titik A2	8,5	0,45	3,825	1,65
3	Titik A3	8,5	0,34	2,89	1,58
4	Titik A4	8,5	0,46	3,91	1,45
5	Titik A5	8,5	0,48	4,08	1,55

Dari hasil pengukuran diperoleh debit rata-rata air sungai 1,514 m<sup>3</sup>/s. Debit air yang akan digunakan 50% dari debit air pada hasil pengukuran terakhir yaitu sebesar 0,7 m<sup>3</sup>/s.

**4.1. Diameter Pipa Pesat dan Kehilangan Energi pada Pipa Pesat**

Diameter pipa pesat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (1) diperoleh Diameter (D) = 0,6765 m.

Kehilangan Tinggi Tekanan Akibat Pemasukan (H<sub>i</sub>) dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (2) diperoleh harga hilang energi (H<sub>i</sub>) = 0,0077m. Kehilangan Tinggi Tekanan Akibat Gesekan (H<sub>fr</sub>) dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan (3) diperoleh harga hilang energi (H<sub>fr</sub>) = 0,33 m.

Dengan menggunakan rumus pada Persamaan (4) diperoleh Total kerugian yang terjadi pada saluran (Σhl) = 0,3377m.

Berdasarkan nilai kehilangan tinggi tekanan akibat pemasukan dan gesekan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Persamaan (5) diperoleh tinggi efektif jatuhan air (H<sub>ef</sub>) = 4,66m.

**4.2. Daya Keluaran Pembangkit**

Dari hasil pengukuran direncanakan debit air yang digunakan sebesar 0,7 m<sup>3</sup>/s. Ketinggian jatuhan air efektif 4,66 m.

Generator yang direncanakan adalah generator alternator Stamford BC184G 3phasa dengan spesifikasi:

- Daya : 31 KVA
- Daya Output : 25 KW
- Faktor Daya : 0,8
- Frekuensi : 50 Hz
- Putaran : 1500 rpm

Maka besarnya daya yang dihasilkan pembangkit (P) = 25,6 KW.

**4.3. Manajemen Kebutuhan Energi Listrik**

Manajemen beban ini diperlukan agar energi listrik yang dihasilkan dapat disalurkan secara merata dan proporsional kepada penduduk yang menjadi sasaran pemanfaatan PLTMH Sikabung-kabung ini.

Adapun energi keluaran dari PLTMH adalah 245,76 kWh/hari. Dan kapasitas daya terpasang pada PLTMH sebesar 32 KVA. Dari

hasil perhitungan daya keluaran, PLTMH Sikabung-kabung ini mampu melayani:

1. 45 rumah tangga dengan daya terpasang setiap rumah 450 VA dan pemakaian rata-rata perhari 1,38 kWh.
2. 1 Rumah Ibadah dengan daya terpasang 450 VA dan pemakaian rata-rata perhari 1,74 kWh.
3. Serta fasilitas lampu penerangan jalan desa 15 titik. Dengan pemakaian rata-rata 3,6 kWh.

Sisa daya keluaran yang masih cukup banyak bisa digunakan untuk penambahan 15 rumah tangga dengan daya terpasang 450 VA, 1 Puskesmas dengan daya terpasang 900 VA, serta bisa digunakan untuk kebutuhan lain di kemudian hari.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengukuran debit air diperoleh debit rata-rata 1,514 m<sup>3</sup>/s.
2. Dari analisa data debit air dan *survey* lapangan, pemanfaatan debit air sungai dapat ditingkatkan. Jadi apabila pemanfaatan debit air bertambah maka daya yang dihasilkan pembangkit bisa semakin tinggi.
3. Kondisi komponen-komponen PLTMH khususnya bendung pengalih tidak cukup baik, karena bendungan hanya terdiri dari kumpulan bebatuan, sementara untuk komponen-komponen lainnya, seperti saluran pembawa, saluran pembuang, bak pengendap, pipa pesat, rumah pembangkit, turbin, dan generator masih cukup baik, namun masih kurang dalam hal perawatannya.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Sinaga, Vickner, *PLN Indonesia Timur Melayani Lebih Sungguh*, PT PLN (Persero) Direktorat Operasi Indonesia Timur, 2013.
- [2] Marsudi, Djiteng, *Pembangkit Energi Listrik*, Erlangga, 2005.
- [3] Kadir, Abdul, *Pembangkit Tenaga Listrik*, Universitas Indonesia. 1996.
- [4] Chandra, Suriana, *Maximizing Construction Project And Investment Budget Efficiency With Value Engineering*, PT Elex Media Komputindo, 2014.
- [5] Marsudi, Djiteng, *Pembangkit Energi Listrik*, Erlangga, 2005 Perangin-Angin, Muhammad Asy'Ari. 2008. *Perencanaan Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik USU.
- [6] STP, Ardi Suranta. 2014. *Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Aek Sibudong Kecamatan Sijamapolang Kabupaten Humbang Hasundutan Provinsi Sumatera Utara*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil USU.
- [7] Sakidiansyah. 2011. *Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Desa Buluh Awar Kecamatan Sibolangit Kabupaten Deli Serdang*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik USU.