

ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH) PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI ONGKAK MONGONDOW DI DESA MUNTOI KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW

Parabelem T.D. Rompas

**Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado
Kampus Universitas Negeri Manado, Tondano 95618, Sulawesi Utara**

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) pada daerah aliran sungai Ongkak Mongondow di desa Muntoi kabupaten Bolaang Mongondow telah dianalisis. Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan kemampuan tenaga air yang dihasilkan dari PLTMH dan besar energi listrik yang diperoleh dalam 1 tahun. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung di lapangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan tenaga air sebesar 19,5 kW adalah daya yang terpasang atau daya listrik yang dihasilkan akibat tenaga air. Energi total yang diperoleh dalam 1 tahun adalah 170,829 MWh.

Kata kunci: energi listrik, tenaga air, mikrohidro

Abstract

The microhydro power plant (PLTMH) has been analyzed. The objectives of the research are to get water power capacity of PLTMH and electric energy in a year. The data was collected by direct observation in the field. It's found that water power capacity of PLTMH and electric energy in a year are 19.5 kW and 170.829 MWh.

Keywords: electric energy, water power, microhydro

PENDAHULUAN

Daerah Sulawesi Utara yang mempunyai topografi bergunung dan mempunyai banyak sungai merupakan potensi sumber energi yang sangat besar untuk pembangkit yang bila direncanakan secara matang dapat mengatasi masalah krisis energi. Namun demikian krisis sumber daya energi ini belum dipecahkan secara integral menggunakan potensi sumber energi air di daerah yang masih cukup besar (Indartono dan Setyo, 2008). Masih banyak desa-desa yang jauh

dari perkotaan masih belum mendapatkan pasokan listrik secara memadai. Banyak Kota dan Kecamatan yang mengandalkan PLTD dan hanya beroperasi malam hari saja dari jam 6-12 malam. Dan manakala minyak susah didapatkan akan terjadi pemadaman secara luas (Sucipto, 2009). Salah satu solusi yang sedang marak dikembangkan di Indonesia saat ini adalah pembangkit mikrohidro.

Cakupan masalah analisis PLTMH pada daerah aliran sungai Ongkak Mongon-

dow di desa Muntoi kabupaten Bolaang Mongondow yang dibahas adalah:

1. Analisis kemampuan tenaga air yang dihasilkan dari PLTMH
2. Analisis energi listrik dalam 1 tahun

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dan instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik (Hendar dan Ujang, 2007). Biasanya Mikrohidro dibangun berdasarkan kenyataan bahwa adanya air yang mengalir di suatu daerah dengan kapasitas dan ketinggian yang memadai (Anonim, 2008). Istilah kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head*.

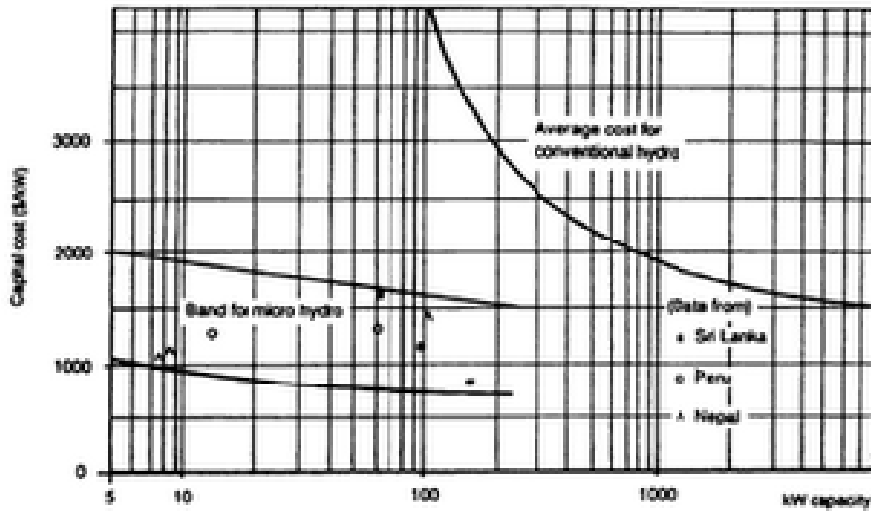
Mikrohidro juga dikenal sebagai *white resources* dengan terjemahan bebas bisa dikatakan "energi putih". Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah

lingkungan (<http://niasonline.net/2006/10/12/kajian-unido-tentang-potensi-pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidro-pltm-di-nias/>).

Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik (Anonim, 2003).

Gambar 1 menunjukkan betapa ada perbedaan yang berarti antara biaya pembuatan dengan listrik yang dihasilkan (<http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/09/panduan-pembangunan-pembangkit-listrik.html>). Keuntungan ekonomis dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro dapat dicapai manakala disertai dengan perencanaan yang matang. Dan dengan melibatkan peran masyarakat setempat secara aktif, sejak awal pembangunan proyek dan terintegrasi baik dari aparat maupun warga desanya.

Prinsip dasar mikrohidro adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan (Gambar 2). Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari



Gambar 1. Skala Ekonomi dari Mikrohidro (berdasarkan data tahun 1985)

Keterangan Gambar 1:

Average cost for conventional hydro = Biaya rata-rata untuk hidro konvensional.

Band for micro hydro = Kisaran untuk mikro-hidro

Capital cost = Modal

Capacity = Kapasitas (kW)



Gambar 2. Mikrohidro Tipe *Cross Flow*

bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik. Daya yang masuk (P_{gross}) merupakan penjumlahan dari daya yang dihasilkan (P_{net}) ditambah dengan faktor

kehilangan energi (*loss*) dalam bentuk suara atau panas. Daya yang dihasilkan merupakan perkalian dari daya yang masuk dikalikan dengan efisiensi konversi ($\sum \eta$) (Anonim, 2008).

Prinsip mikro hidro:

1. Energi yang digunakan untuk menggerakkan turbin didapatkan dari dua cara:
 - a. Dengan *head*; memanfaatkan beda ketinggian permukaan air (energi potensial sungai)
 - b. Tanpa *head*; memanfaatkan aliran sungai (energi kinetik sungai)
2. *Head* = Jarak vertikal/besarnya ketinggian jatuhnya air.

3. Semakin besar *head* umumnya akan semakin baik karena air yang dibutuhkan semakin sedikit dan peralatan semakin kecil, dan turbin bergerak dengan kecepatan tinggi.
4. Masalahnya adalah tekanan pada pipa dan kekuatan sambungan pipa harus kuat dan diperhatikan dengan cermat.

Daya kotor adalah *head* kotor (H_{bruto}) yang dikalikan dengan debit air (Q) dan juga dikalikan dengan sebuah faktor gravitasi ($g = 9,81 \text{ m/dt}^2$), sehingga persamaan dasar dari pembangkit listrik (<http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai>) adalah:

$$P = Q \times H_{bruto} \times g \times \Sigma \eta \text{ (kW)}$$

dimana H_{bruto} (tinggi jatuh air kotor) (m), dan Q (debit air) (m^3/dt).

Perhitungan daya listrik pada sistem PLTMH:

Daya poros turbin

$$P_t = Q \times H_{eff} \times g \times \eta_t$$

Daya yang ditransmisikan ke generator

$$P_{trans} = Q \times H_{eff} \times g \times \eta_t \times \eta_{belt}$$

Daya yang dibangkitkan generator

$$P_g = Q \times H_{eff} \times g \times \eta_t \times \eta_{belt} \times \eta_{gen}$$

dimana: Q = debit air, m^3/dt , H_{eff} = tinggi jatuh air efektif (*efektif head*), m, $H_{eff} =$

$H_{Bruto} - H_{losses}$, H_{losses} = kehilangan tinggi jatuh air = $10\% \times H_{bruto}$, η_t = efisiensi turbin (0,76 untuk turbin crossflow T-14 dan 0,75 untuk turbin propeller open flume lokal), η_{belt} = efisiensi transmisi (0,98 untuk flat belt dan 0,95 untuk V belt), η_{gen} = efisiensi generator (0,89).

Daya yang dibangkitkan generator ini yang akan disalurkan ke pengguna. Dalam perencanaan jumlah kebutuhan daya di pusat beban harus di bawah kapasitas daya terbangkit, sehingga tegangan listrik stabil dan sistem menjadi lebih handal (berumur panjang).

Jenis instalasi untuk daerah pegunungan pada umumnya terdiri dari komponen sebagai berikut (Sinaga, 2009):

1. Pintu Pengambilan (Intake/Diversion)
2. Bak Pengendapan (Desilting Tank)
3. Saluran Penghantar (*headrace*)
4. Bak Penenang (Forebay)
5. Pipa pesat (Penstock)
6. Gedung Pembangkit (Power House)
7. Saluran Buang (Tailrace)
8. Jaringan Transmisi (Grid Line)

Perhitungan diameter pipa pesat (pipa air jatuh):

$$D = \sqrt{(Q/0,25\pi v)}$$

Dimana $\sqrt{} = 0,125 \sqrt{2 \times g \times H_{eff}}$

Dalam penentuan tebal pipa pesat diperhitungkan gaya akibat tekanan air dalam pipa yang arahnya tegak lurus aliran air, sehingga tebal pipa pesat adalah:

$$\delta = \frac{Po \times D}{2 \times \varphi \times \sigma_{baja}}$$

dimana: $Po = \gamma \times Heff$ adalah gaya tekan air, D = diameter pipa, γ = berat jenis air, φ = koefisien profil, σ_{baja} = tegangan bahan pipa baja.

Turbin yang direncanakan adalah turbin crossflow type X- Flow T-14 D300 *Low head Series* yang memiliki spesifikasi dengan tinggi jatuh efektif 3 - 9 m dan debit 200 – 800 l/dt (lihat Gambar 2). Efisiensi yang digunakan berdasarkan spesifikasi jenis turbin yang digunakan adalah: efisiensi turbin (η_t) = 0,76; efisiensi generator (η_g) = 0,89; dan efisiensi transformator (η_{tr}) = 0,95, sehingga efisiensi total yang dihasilkan adalah: $\Sigma\eta = \eta_t \times \eta_g \times \eta_{tr}$.

Tinggi jatuh air efektif yang sebenarnya (H'_{eff}) akan dihitung dari H_{bruto} dikurangi H'_{losses} . H'_{losses} adalah tinggi air jatuh akibat kehilangan-kehilangan energi seperti: karena saringan kasar, pada *entrance* (mulut masuk pipa), karena gesekan sepanjang pipa, dan karena belokan pipa. Kehilangan-kehilangan energi itu adalah sebagai berikut:

$$H_r = \varphi (s/b)^{4/3} (v^2/2g) \sin \alpha$$

dimana: h_r = Kehilangan energi karena saringan(m), φ = Koefisien profil, s = Lebar profil dari arah aliran (m), b = Jarak antar profil saringan (m), v = Kecepatan aliran air (m/dt), α = Sudut kemiringan saringan.

Kehilangan energi pada entrance:

$$H_e = K_e (\Delta v^2/2g)$$

dimana: H_e = Kehilangan energi pada *entrance* (m), K_e = Koefisien bentuk mulut, Δv = Selisih kecepatan sebelum dan sesudah *entrance* (m/dt).

Kehilangan energi karena gesekan sepanjang pipa:

$$H_f = f (L/D)(v^2/2g)$$

dimana: H_f = Kehilangan energi karena gesekan sepanjang pipa (m), f = Koefisien gesek pipa.

Kehilangan energi karena belokan pipa:

$$H_l = K_b v^2/2g$$

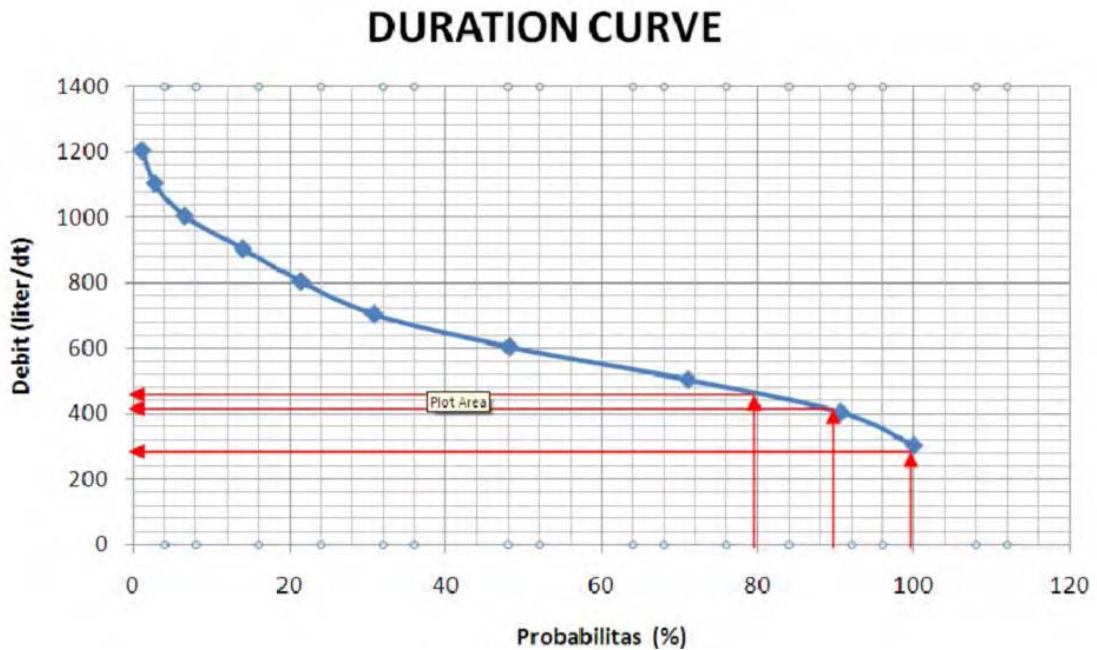
dimana: H_l = Kehilangan energi karena belokan pipa (m), K_b = Koefisien kehilangan energi yang nilainya tergantung r/D .

Total kehilangan energi:

$$H'_{losses} = H_r + H_e + H_f + H_l$$

Total energi dalam 1 tahun yang diperoleh:

$$E1 = P_{80} \times 80\% \times 365 \times 24$$



Gambar 3. Probabilitas (%) vs Debit Air (l/dt)

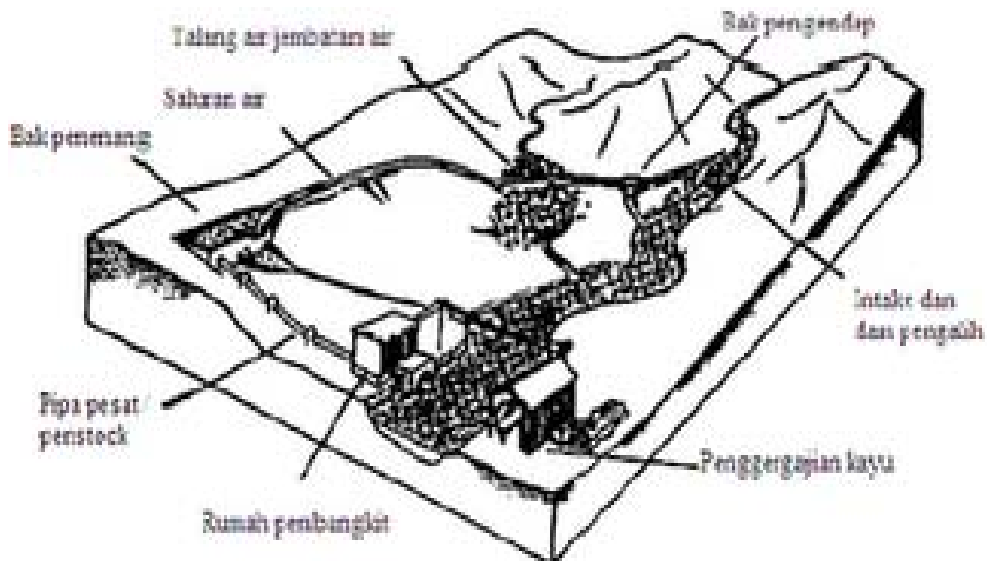
$$E2 = (P_{80} + P_{90})/2 \times 10\% \times 365 \times 24$$

$$E3 = (P_{90} + P_{100})/2 \times 10\% \times 365 \times 24$$

dimana P_{80} , P_{90} , dan P_{100} adalah daya terpasang yang diperoleh dari Gambar 3 berdasarkan nilai debit air pada nilai

probabilitas 80%, 90%, dan 100%. Sehingga total energi yang diperoleh dalam 1 tahun adalah: $\Sigma E = E1 + E2 + E3$ (kWh).

Gambar 4 menunjukkan beberapa komponen yang digunakan untuk Pem-



Gambar 4. Komponen-komponen Besar dari sebuah Skema Mikrohidro

bangkit Listrik Tenaga Mikrohidro baik komponen utama maupun bangunan penunjang antara lain (Energiterbarukan.net, 2008):

1. Dam/Bendungan Pengalih (*intake*). Dam pengalih berfungsi untuk mengalihkan air melalui sebuah pembuka di bagian sisi sungai ke dalam sebuah bak pengendap.
2. Bak Pengendap (*Settling Basin*). Bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir.
3. Saluran Pembawa (*headrace*). Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan.
4. Pipa Pesat (*Penstock*). *Penstock* dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah ke sebuah roda air, dikenal sebagai sebuah turbin.
5. Turbin. Turbin berfungsi untuk mengkonversi energi aliran air menjadi energi putaran mekanis.
6. Pipa Hisap. Pipa hisap berfungsi untuk menghisap air, mengembalikan tekanan aliran yang masih tinggi ke tekanan atmosfer.
7. Generator. Generator berfungsi untuk menghasilkan listrik dari putaran mekanis.
8. Panel kontrol. Panel kontrol berfungsi untuk menstabilkan tegangan.
9. Pengalih Beban (*Ballast load*). Pengalih beban berfungsi sebagai beban sekunder (*dummy*) ketika beban konsumen mengalami penurunan. Kinerja pengalih beban ini diatur oleh panel kontrol.

Penggunaan beberapa komponen disesuaikan dengan tempat instalasi (kondisi geografis, baik potensi aliran air serta ketinggian tempat) serta budaya masyarakat. Sehingga terdapat kemungkinan terjadi perbedaan desain mikrohidro serta komponen yang digunakan antara satu daerah dengan daerah yang lain.

Secara umum ada dua jenis generator yang digunakan pada PLTMH, yaitu generator sinkron dan generator induksi (Energiterbarukan.net, 2008). Generator sinkron bekerja pada kecepatan yang berubah-ubah. Untuk dapat menjaga agar kecepatan generator tetap, digunakan speed governor elektronik. Generator jenis ini dapat digunakan secara langsung dan tidak membutuhkan jaringan listrik lain sebagai penggerak awal. Sangat cocok digunakan di desa terpencil



Gambar 5. Generator

dengan sistem isolasi (<http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-hydro-power/496-merancang-mikrohidro.pdf>). Pada generator jenis induksi tidak diperlukan sistem pengaturan tegangan dan kecepatan (lihat Gambar 5). Namun demikian, jenis generator ini tidak dapat bekerja sendiri karena memerlukan suatu sistem jaringan listrik sebagai penggerak awal. Generator jenis ini lebih cocok digunakan untuk daerah yang telah dilalui jaringan listrik (*Grid System*).

Batasan umum generator untuk mini-mikrohidro *power* adalah:

1. Output: 50 kVA sampai dengan 6250 kVA
2. Voltage: 415, 3300, 6600, dan 11000 Volt.

3. Speed : 375 – 750 RPM

Perputaran gagang dari roda dapat digunakan untuk memutar sebuah alat mekanik (seperti sebuah penggilingan biji, pemeras minyak, mesin bubut kayu dan sebagainya), atau untuk mengoperasikan sebuah generator listrik. Mesin-mesin atau alat-alat, dimana diberi tenaga oleh skema hidro, disebut dengan ‘Beban’ (*Load*), dalam Gambar 2 dimana bebannya adalah sebuah penggergajian kayu.

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan adalah: 1) *Stop-watch* dan ember dengan volume 25 liter air; 2) Gulungan meter dengan panjang maksimum 25 meter, dan 3) Pengukur elevasi.

Metode pengamatan langsung di lapangan melalui pengukuran-pengukuran seperti kecepatan air sungai dan luas penampang tegak lurus aliran air sungai untuk mendapatkan debit air sungai yang mengalir sebagai data awal dalam analisis kemampuan tenaga air sungai, kemudian untuk menganalisis energi listrik diambil data awal pengukuran tinggi jatuh air (direncanakan 7,5 m) termasuk pengukuran jarak dari titik bendungan air ke air jatuh.



Gambar 6. Obyek Analisis PLTMH di Sungai Ongkak Mongondow

Teknik pengukuran langsung dengan prosedur sebagai berikut: pertama mengukur kecepatan air dan kedua mengukur luas penampang tegak lurus aliran air sungai sehingga didapat debit air (luas penampang dikali kecepatan air, m^3/s), dan terakhir mengukur tinggi jatuh air untuk mendapatkan panjang saluran air dari bendungan air ke air jatuh. Penelitian ini mencakup analisis kemampuan tenaga air yang dihasilkan dari PLTMH dan analisis energi listrik dalam 1 tahun. Disain *power house*, detail per

hitungan bangunan sipil, disain spesifikasi turbin dan generator, dan analisis ekonomi, tidak diikutsertakan dalam analisis.

Obyek pengamatan adalah daerah pembangunan pembangkit listrik mikrohidro di aliran sungai Ongkak Mongondow desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow. Pembangunan PLTMH yang dianalisis letaknya adalah pada N 00 46' 46" E 124 14' 15" untuk bendungan dan N 00 47' 54,9" E - 124 13' 27,8" untuk power house di daerah aliran sungai Ongkak mongondow desa

Tabel 1. Hasil Analisis Kemampuan Tenaga Air dan Tinggi Jatuh Air

Q (m^3/dt)	H _{bruto} (m)	H _{losses} (m)	H _{eff} (m)	P(kW)	P'(kW)
0,458	7,5	0,75	6,75	30,3	19,5

Tabel 2. Hasil Analisis Energi Listrik

$\sum \eta$	$H'_{\text{eff}}(\text{m})$	$Q_{80} (\text{m}^3/\text{dt})$	$Q_{90} (\text{m}^3/\text{dt})$	$Q_{100} (\text{m}^3/\text{dt})$	$\sum E(\text{MWh})$
0,643	7	0,458	0,407	0,254	170,829

Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow. Lebar sungai kira-kira 45 meter dengan rencana saluran miring sepanjang 2 kmk. Gambar 6 menunjukkan obyek analisis PLTMH sebagai lokasi rencana pembangunan PLTMH dan akan dibangun untuk bendungan (*inset*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kemampuan tenaga air dan tinggi jatuh air menurut perhitungan secara kotor sebelum dianalisis lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisis energi listrik dapat dilihat pada Tabel 2.

Debit air (Q) pada tabel 1 adalah debit air yang direncanakan akan masuk pada pipa pesat dengan ketinggian jatuh air 7,5 m dan jika kita menghitung debit air minimum sebesar 20% dari debit air itu maka didapat 91,6 l/dt. Daya yang dihasilkannya tanpa memperhitungkan efisiensi total sebesar 30,3 kW dan jika kita memperhitungkan efisiensi total sebesar 0,643 maka daya yang terpasang sebesar 19,5 kW.

Tabel 2 menunjukkan hasil analisis energi listrik yang dihitung berdasarkan

efisiensi total, gaya gravitasi, tinggi jatuh air efektif yang sebenarnya dan diperoleh dari selisih antara tinggi jatuh air kotor dan total kehilangan tinggi jatuh air (0,5 m yang sebelumnya direncanakan 0,75 m), dan debit air (Q) yang diperoleh dari kurva durasi pada Gambar 3. Energi total yang diperoleh selama 1 tahun dengan tinggi jatuh air efektif yang sebenarnya sebesar 7 m adalah 170,829 MWh dengan daya yang terpasang sebesar 19,5 kW. Bila dibandingkan dengan hasil penelitian oleh Sucipto dalam jurnal keSimpulan.com terbitan Minggu, 02 Agustus 2009 tentang “Inovasi Sucipto dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Gunung Sawur”. Ia membuat PLTMH dengan penelitian berulang kali dengan percobaan *trial and error* sehingga mendapatkan daya yang terpasang sebesar 13 kW. Begitu pula dengan hasil penelitian PLTMH dari Jorfri B. Sinaga (2009) yang membuat rancangan turbin melalui program *visual basic* untuk PLTMH dan hasil rancangannya ditemukan daya listrik sebesar 23,8 kW dengan tinggi jatuh air sebesar 10,7 m sedangkan dalam penelitian ini sebesar 7,5

m didapat daya sebesar 19,5 kW. Hal itu menunjukkan bahwa penelitian ini bisa diaplikasikan dalam keadaan yang sebenarnya untuk PLTMH di desa Muntoi kabupaten Bolaang Mongondow propinsi Sulawesi Utara.

Total energi listrik yang diperoleh dalam 1 tahun sebesar 170.829 kWh (Tabel 2). Bila kita menghitung nilai jual listrik ke PLN dengan memperhitungkan total biaya pengeluaran/tahun sebesar Rp. 90 juta maka nilai jual listrik itu sebesar Rp. 527/kWh.

KESIMPULAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro pada daerah aliran sungai di desa Muntoi kabupaten Bolaang Mongondow telah dianalisis dan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kemampuan tenaga air sebesar 19,5 kW adalah daya yang terpasang atau daya listrik yang dihasilkan akibat tenaga air.
2. Tinggi jatuh air efektif yang sebenarnya sebesar 7 m dengan daya yang dihasilkan sebesar kira-kira 9,5 kW pada debit air 0,458 m³/dt.
3. Energi total yang diperoleh dalam 1 tahun adalah 170,828 MWh.

DAFTAR PUSTAKA

- Analisa Perhitungan Mikrohidro. <http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-pltmh--micro-hydro-power/166--analisa-perhitungan-mikrohidro.html>. Diakses tanggal 05 Mei 2011.
- Anonim. (2008). Manual pembangunan pembangkit listrik tenaga mikrohidro. IBEKA-JICA. Jakarta.
- Anonim. (2003). "Pedoman pengelolaan pengoperasian dan pemeliharaan PLTMH Leuwi Kiara, Kabupaten Tasikmalaya. Bandung: Dinas Pertambangan dan Energi.
- Energiterbarukan.net. (2008). "Panduan pembangunan pembangkit listrik mikro hidro". <http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/09/panduan-pembangunan-pembangkit-listrik.html>. Diakses tanggal 09 April 2011.
- Hendar dan Ujang. (2007). Desain, manufacturing dan instalasi turbin propeller open flume Ø 125 Mm di C.V. Cihanjuang Inti Teknik Cimahi-Jawa Barat. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Indartono dan Setyo, Y. (2008). "Krisis energi di Indonesia: Mengapa dan harus bagaimana". <http://www.tempointeraktif.com/hg/nusa/>.
- Kjolle and Arne. (2001). Hydropower in norway, mechanical equipment. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.

Nias. (2006). "Kajian UNIDO tentang potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTM) di Nias. <http://niasonline.net/2006/10/12/kajian-unido-tentang-potensi-pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidro-pltm-di-nias/>. Diakses tanggal 25 Maret 2011.

Sucipto. (2009). Inovasi Sucipto dengan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) Gunung Sawur. *Jurnal*

keSimpulan.com (Minggu, 02 Agustus 2009). <http://www.kesimpulan.com/2009/08/inovasi-sucipto-dengan-pembangkit.html>. Diakses tanggal 15 April 2011.

Sinaga, B.J. (2009). Perancangan turbin air untuk sistem pembangkit listrik tenaga mikro hidro (Studi kasus Desa Way Gison Kecamatan Sekincau Kabupaten Lampung Barat). *J. Sainsdan Inovasi* No.5, Vol 1, hal.64-75.