

Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Air Sungai di Desa Tenga Kabupaten Minahasa Selatan Propinsi Sulawesi Utara

Jenly D. I. Manongko dan Parabelem T. D. Rompas

Pendidikan Teknik Mesin Fatek Universitas Negeri Manado
Kampus Unima, Tondano, 95618
jenly_manongko@yahoo.com

Abstrak

Analisis pembangkit listrik di desa Tenga kabupaten Minahasa Selatan propinsi Sulawesi Utara telah diinvestigasi. Tenaga pembangkit listrik bersumber dari air sungai Molinow di desa Tenga kabupaten Minahasa Selatan propinsi Sulawesi Utara. Energi listrik di desa Tenga dan sekitarnya sudah tidak mencukupi lagi karena semakin bertambahnya konsumen sehingga mengakibatkan sering terjadi pemadaman listrik dan sangat mengecewakan masyarakat dan pelaku usaha. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kemampuan tenaga air yang menghasilkan energi listrik untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat dan pelaku usaha di desa Tenga dan sekitarnya. Metode yang digunakan adalah survey, percobaan, dan analisis kemampuan tenaga air sungai. Survey yang dilakukan adalah mempelajari lokasi untuk rencana pembangunan pembangkit listrik tenaga air sungai. Percobaan yang telah dilakukan adalah percobaan rendemen pipa pesat dan penempatan sudut kemiringannya yang akan digunakan dalam pembangunan pembangkit listrik. Pipa yang digunakan dalam ujicoba ada tiga jenis bahan masing-masing berdiameter 2" yaitu pipa PVC, Stainless Steel, dan Baja dengan tiga kategori sudut kemiringan yaitu masing-masing 45° , 60° , dan 75° . Kemampuan tenaga air sungai dianalisis untuk mendapatkan besarnya energi listrik yang dihasilkan pada generator pembangkit. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung di lapangan. Panjang pipa pesat dan tinggi air jatuh masing-masing 28 m dan 20 m dengan kemiringan 45° . Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi yang dipilih sangat cocok untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga air sungai, dan pipa jenis bahan dari Stainless Steel rendemennya lebih kecil dibandingkan dengan bahan lain, serta kemampuan tenaga air sebesar 300 kW.

Keywords: pembangkit listrik, sungai molinow, pipa pesat

Pendahuluan

Air sungai mempunyai banyak manfaat yang salah satunya adalah sebagai sumber daya. Kondisi air sungai yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran, 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 alir air persatuan waktu (*flow capacity*) sedangkan beda ketinggian daerah aliran sampai ke instalasi dikenal dengan istilah *head*. Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air.

Daerah Sulawesi Utara lebih khusus Kabupaten Minahasa Selatan mempunyai topografi daerah pegunungan dan perbukitan yang mana mempunyai beberapa sungai dengan potensi sumber energi yang cukup besar untuk pembangkit listrik bila direncanakan secara matang dapat mengatasi masalah krisis energi listrik. Hal itu belum dipecahkan secara menyeluruh dan penggunaan potensi sumber energi air sungai di daerah ternyata masih cukup besar (Indartono dan Setyo, 2008). Terbukti masih banyak desa-desa yang jauh dari perkotaan masih belum mendapatkan pasokan listrik secara memadai. Saat ini, pada daerah-daerah perkotaan yang mengandalkan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel hanya beroperasi pada malam hari saja dari jam 6-12 malam dan ketika bahan bakar minyak susah didapatkan maka akan terjadi pemadaman secara luas (Sucipto, 2009). Salah satu solusi yang sedang marak dikembangkan di Indonesia saat ini adalah sumber energi dari air sungai sebagai penggerak mula turbin dari suatu pembangkit listrik. Jenis instalasi pembangkit listrik untuk daerah

pegunungan dan perbukitan pada umumnya terdiri dari komponen sebagai berikut (Sinaga, 2009; Kjolle and Arne, 2001; Energiterbarukan.net, 2008):

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

Pembangunan pembangkit listrik tenaga air sungai perlu diawali dengan pembangunan bendungan untuk

mengatur aliran air yang akan dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak pembangkit listrik tenaga air sungai. Bendungan ini dapat berupa bendungan beton atau bendungan beronjong. Bendungan perlu dilengkapi dengan pintu air dan saringan sampah untuk mencegah masuknya kotoran atau endapan lumpur. Bendungan sebaiknya dibangun pada dasar sungai yang stabil dan aman terhadap banjir.

Di dekat bendungan dibangun bangunan pengambilan

(*intake*). Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan saluran penghantar yang berfungsi mengalirkan air dari *intake*. Saluran ini dilengkapi dengan saluran pelimpah pada setiap jarak tertentu untuk mengeluarkan air yang berlebihan. Saluran ini dapat berupa saluran terbuka atau tertutup. Di ujung saluran pelimpah dibangun kolam pengendap. Kolam ini berfungsi untuk mengendapkan pasir dan menyaring kotoran sehingga air yang masuk ke turbin relatif bersih. Saluran ini dibuat dengan memperdalam dan memperlebar saluran penghantar dan menambahnya dengan saluran penguras. Kolam penenang (*forebay*) juga dibangun untuk menenangkan aliran air yang akan masuk ke turbin dan mengarahkannya masuk ke pipa pesat (*penstock*). Saluran ini dibuat dengan konstruksi beton dan berjarak sedekat mungkin ke rumah turbin untuk menghemat pipa pesat (Damastuti, 1997).

Sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yang dikenal saat ini adalah pembangkit listrik tenaga mini hidro. Mini hidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air dengan daya antara 100 kW sampai 5000 kW (Wijaya dkk., 2012). Kondisi air yang biasa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah

memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Kondisi-kondisi itu akan dianalisis pada daerah aliran sungai Molinow di desa Tenga Kabupaten Minahasa Selatan Propinsi Sulawesi Utara.

Tujuan analisis adalah untuk mendapatkan kemampuan tenaga air sungai yang menghasilkan energi listrik untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat dan pelaku usaha di desa Tenga dan sekitarnya.

Metode Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Analisis pembangkit listrik tenaga air sungai di desa Tenga dilakukan dengan menggunakan tiga metode yaitu pertama, survey ke lokasi yaitu ke sungai Molinow di desa Tenga; kedua, eksperimen atau percobaan di laboratorium dengan tujuan untuk mendapatkan perbedaan jenis bahan pipa pesat dan sudut kemiringan air jatuhnya; dan ketiga, pengamatan langsung dilapangan melalui pengukuran-pengukuran.

Survey yang dilakukan adalah mempelajari lokasi untuk rencana pembangunan pembangkit listrik tenaga air sungai termasuk kegiatan sosialisasi dan wawancara dengan masyarakat sekitar lokasi pembangunan pembangkit listrik (lihat gambar 1 dan 2).



Gambar 1. Lokasi dari Air Sungai Molinow



Gambar 2. Sosialisasi dan Wawancara dengan Masyarakat Sekitar Pembangunan Pembangkit Listrik

Percobaan yang dilakukan adalah mempelajari tiga jenis pipa air jatuh atau *penstock* yang rendemennya lebih cocok dalam penggunaan nanti di lapangan dan tiga sudut kemiringan pipa air jatuh. Pipa yang digunakan dalam ujicoba ada tiga jenis bahan masing-masing berdiameter 2” yaitu pipa PVC, Stainless Steel, dan Baja

dengan tiga kategori sudut kemiringan yaitu masing-masing 45° , 60° , dan 75° . Pengamatan langsung dilapangan 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 termasuk pengukuran jarak dari titik bendungan air ke pipa air jatuh. 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 panjang pipa air jatuh.

Fasilitas yang digunakan dalam kegiatan survey lokasi adalah peralatan pemotretan digital dan peralatan sosialisasi termasuk peralatan wawancara. Fasilitas yang digunakan dalam percobaan di laboratorium dapat dilihat pada gambar 5. Fasilitas yang digunakan dalam pengamatan langsung adalah *stopwatch*, *altimetry*, dan gulungan meter (maksimum 25 m).

Kemampuan tenaga air sungai dianalisis dengan menggunakan data-data hasil survey, percobaan, dan pengamatan langsung untuk mendapatkan besarnya energi listrik yang dihasilkan pada generator pembangkit.

Analisis kemampuan tenaga air sungai didapat dari persamaan-persamaan sebagai berikut:

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-pltmh--micro-hydro-power/166--analisa-perhitungan-mikrohidro.html>) adalah sebagai berikut:

$$P = Q \times H_{bruto} \times g \times \sum \eta \quad (\text{kW}) \quad (1)$$

dimana Q (debit air) (m^3/dt).

Daya poros turbin (P_t):

$$P_t = Q \times H \times g \times \eta_t \quad (2)$$



Gambar 4. Skema Kegiatan Penelitian

Daya yang ditransmisikan ke generator (P_{trans}):

$$P_{trans} = Q \times H \times g \times \eta_t \times \eta_{belt} \quad (3)$$

Daya yang dibangkitkan generator (P_g):

$$P_g = Q \times H \times g \times \eta_t \times \eta_{belt} \times \eta_{gen} \quad (4)$$

dimana : Q = debit air, m^3/dt , $H = H_{Bruto} - H_{losses}$, η_t = (0,76 untuk turbin crossflow T-14 dan 0,75 untuk turbin propeller open flume lokal), η_{belt} = (0,98 untuk flat belt dan 0,95 untuk V belt), $\eta_{gen} = 0,89$.

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).

Skema Penelitian

Skema peralatan percobaan laboratorium dapat dilihat pada gambar 5 adalah sebagai berikut:

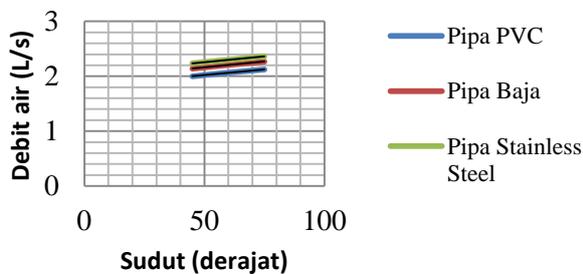


Gambar 5. Skema Peralatan Percobaan Jenis Pipa dan Sudut Kemiringannya

Hasil dan Pembahasan

Hasil survey dapat dilihat pada gambar 1 dan 2. Gambar 1 menunjukkan bahwa sungai Molinow mempunyai potensi besar untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga air sungai dan dari segi topografi (sisi sebelah kanan sungai) menunjukkan bahwa dinding sungai dapat dibangun saluran pengantar air menuju rumah pembangkitan atau *power house*.

Hasil percobaan di laboratorium dapat dilihat pada gambar 6. Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin besar sudut kemiringan pipa maka semakin besar pula debit air untuk semua jenis pipa. Jenis pipa yang cocok untuk digunakan dalam pembangunan pembangkit tenaga listrik adalah jenis pipa baja. Hal itu dipilih berdasarkan debit air, harga pasaran, dan persediaan banyak dipasaran. Sudut kemiringan juga dipilih 45° karena dilihat dari debit air dan cara pemasangan di lapangan serta survey lokasi sangat cocok.



Gambar 6. Pengaruh sudut kemiringan terhadap debit air dari tiga jenis pipa air jatuh

Hasil pengamatan di lapangan melalui pengukuran didapat pada lokasi pembuatan bendungan yang mana lebar sungai 8 m dan tebal air rata-rata 0,20 m. Pada sisi masuk saluran pengantar didapat panjang saluran pengantar 850 m, lebar salurannya 4 m, dan tingginya 1 m. Panjang pipa air jatuh adalah 28 m.

Hasil analisis kemampuan tenaga air menurut analisis dengan data pendukung hasil pengamatan dan hasil kajian teori sebelum dianalisis lebih lanjut dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil analisis kemampuan tenaga air

Q (m ³ /dt)	H (m)	P _i (kW)	P _g (kW)
2,38	20	350	300

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada debit air sungai 2,38 m³/detik dan tinggi jatuh air pada pipa pesat menghasilkan kemampuan tenaga air pada poros turbin sebesar 355 kW dan pada generator sebesar 300 kW. Hal itu menunjukkan bahwa data-data itu dapat dimungkinkan untuk perencanaan

pembangunan pembangkit listrik tenaga air sungai berskala mini hidro.

Kesimpulan

Analisis pembangkit listrik tenaga air sungai di desa Tenga kabupaten Minahasa Selatan propinsi Sulawesi Utara dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sungai Molinow mempunyai potensi besar untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga air sungai dan dari segi topografi (sisi sebelah kanan sungai) menunjukkan bahwa dinding sungai dapat dibangun saluran pengantar air menuju rumah pembangkitan atau *power house*.
2. Jenis pipa yang cocok untuk digunakan dalam pembangunan pembangkit tenaga listrik adalah jenis pipa baja dan sudut kemiringan paling cocok yaitu 45°.
3. Saluran pengantar didapat panjang 850 m, lebar salurannya 4 m, dan tingginya 1 m.
4. Debit air sungai adalah 2,38 m³/detik dan tinggi jatuh air pada pipa pesat 20 m dan panjang pipa air jatuh adalah 28 m menghasilkan kemampuan tenaga air pada poros turbin sebesar 355 kW dan pada generator sebesar 300 kW.
5. Data-data hasil temuan dan analisis dapat dimungkinkan untuk perencanaan pembangunan pembangkit listrik tenaga air sungai berskala mini hidro.

Ucapan Terima kasih

Pemberian penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terimakasih kepada pemberi dana dalam penelitian ini yaitu institusi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan melalui Dirjendikti Jakarta dan kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung kegiatan penelitian ini.

Nomenklatur

H = tinggi jatuh air efektif (*efektif head*) (m)

H_{losses} = kehilangan tinggi jatuh air (m)

H_{bruto} = tinggi jatuh air kotor (m)

η_t = efisiensi turbin

η_{belt} = efisiensi transmisi

η_{gen} = efisiensi generator

∑η = jumlah efisien-efisien

Referensi

- Analisa Perhitungan Mikrohidro.
<http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-pltmh--micro-hydro-power/166--analisa-perhitungan-mikrohidro.html>. Diakses tanggal 20 Agustus 2013.

- Anonim. Manual Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. IBEKA-JICA. Jakarta. (2008).
- Anonim. Pedoman Pengelolaan Pengoperasian dan Pemeliharaan PLTMH Leuwi Kiara, Kabupaten Tasikmalaya. Dinas Pertambangan dan Energi. Bandung (2003).
- Damastuti, A. P., Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Teknologi*. Edisi 7 Maret-April (1997).
- Energiterbarukan.net. Panduan Pembangunan Pembangkit Listrik Mikro Hidro. <http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/09/panduan-pembangunan-pembangkit-listrik.html> (2008). Diakses tanggal 20 Agustus 2013.
- Hendar dan Ujang. Desain, Manufacturing dan Instalasi Turbin Propeller Open Flume Ø 125 Mm di Cv Cihanjuang Inti Teknik Cimahi-Jawa Barat. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor (2007).
- Indartono dan Setyo, Y. Krisis Energi di Indonesia : Mengapa dan Harus Bagaimana (2008). Dalam : <http://www.tempointeraktif.com/hg/nusa/> Diakses tanggal 10 September 2013.
- Kjolle and Arne. Hydropower in Norway, Mechanical Equipment. Norwegian University of Science and Technology. Trondheim (2001).
- Nias. Kajian UNIDO Tentang Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) di Nias (2006). <http://niasonline.net/2006/10/12/kajian-unido-tentang-potensi-pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidro-pltm-di-nias/>. Diakses tanggal 20 Agustus 2013.
- 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 18 September 2013.
- Sinaga, B. J. Perancangan Turbin Air untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Studi kasus desa Way gison kecamatan Sekincau kabupaten Lampung barat). *J.Sains dan Inovasi* No.5, Vol 1, hal.64-75 (2009).
- Wijaya, W., Windarto J., dan Karnoto. Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro di Sungai Logawa Kecamatan Kedungbanteng Kabupaten Banyumas. *Transient*, Vol. 1, No. 3, ISSN: 2302-9927, hal.24-34 (2012).