

POTENSI PLTMH PADA SALURAN PRIMER BENDUNG SUNGAI PRAFI KABUPATEN MANOKWARI

(Potency of Microhydro Power Plant at Primary Duct of Prafi River Dam in Manokwari)

Yulianus Rombe Pasalli, ST., M.Eng

*Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Fakultas MIPA
Universitas Negeri Papua Manokwari
e-mail : uli_gean@yahoo.com*

ABSTRACT

This research was conducted in order to provide data, information and the design of hydraulics potential-based PLTMH (microhydro power plant) of the Prafi rivers. It is expected that the work will contribute thinking and planning for the Manokwari Government and those concerned in microhydro power plant installation to tourism and camp areas. The research was carried out by measuring data on the hydraulics potentials of debit and head. Followed with site condition observation of the microhydro power of tourism and camp areas. The collected data were then analyzed as bases for the microhydro power design emphasizing on the civil work, mechanical work, and the electric installation for microhydro power. The results obtained were civil work design of microhydro power with designed debit of 0,455 m³/s, and 3 m head, and generated power of 10 kW. The civil work design include intake submerged with size 0,58 m x 0,65 m, trashrack size 0,68 m x 0,85 m, material from strip iron 3 mm x 30 mm, head race size 0,5 m x 0,91 m, from the couple of crevice stone, inclined 1:500, silt basins size 1,5 m x 2 m, depth 2 m, made of the couple of crevice stone. Spillway size 0,4 m x 1,8 m, spillways is made above turbine pool, turbine pool is planned from concrete with diameter 0,80 m depth 1 m, draft tube is used PVC pipe, kind: AW, thick grey, diameter 8 inch, tail race there are 2 kind of tail race, from crevice stone and and soil, power house is planed with size 4 m x 5 m, foundation: couple crevice stone, pool, slop and concrete ring balk, wall concrete brick, floor white floor tile and roof iron sheeting. The mechanical installation using by turbine Propeller Open Flume with electric power effectif 10 kW or the specific speed 927 (rpm, HP, m), speed 999,76 rpm, with total efficiency 74,6 %, the fulley diameter (Dpt) 262,5 mm, Turbine Speed (Nt) 1000 rpm, for electric installation using by generator induction AC generator 10 kW, 220/380 Volt, 50 Hz, speed 1500 rpm, 4 poles, cos ϕ 0,8, and efficiency 0,9.

Keywords: *Prafi river, microhydro, power plant.*

PENDAHULUAN

Potensi tenaga air diseluruh Indonesia secara teoritis diperkirakan sekitar 75.000 MW yang tersebar pada 1.315 lokasi dan baru dimanfaatkan sekitar 2,5.% dari potensi yang ada. Tenaga air merupakan salah satu potensi sumber energi yang sangat besar, tetapi pemanfaatannya masih jauh dibawah potensinya. Dari potensi ini sebesar 34.000 MW dapat dikembangkan untuk pusat pembangkit listrik dengan kapasitas cukup besar,

yaitu mulai dari 100 MW keatas (Dep.ESDM 2003).

Pengembangan ketenagalistrikan dengan memanfaatkan potensi yang ada di daerah mempunyai peran strategis dalam penyediaan ketenagalistrikan yang meliputi tersedianya pasokan listrik untuk industri dan rumah tangga serta dapat pula dijadikan sebagai salah satu sumber pendapatan daerah, hal tersebut sejalan dengan nuansa otonomi daerah seperti yang diamanatkan dalam UU No. 22 dan UU No. 25 tentang otonomi daerah serta pertimbangan keuangan antara pusat dan daerah, memberikan

peluang kepada daerah untuk mengatur rumah tangganya sendiri termasuk pemanfaatan dan pengelolaan potensi sumber daya alam yang dimiliki.

Tenaga air dibagi dalam tiga kategori yaitu skala besar, mini, dan mikro. Belum ada ketentuan secara jelas mengenai pembagian skala tersebut. Tampaknya setiap negara mempunyai ukuran yang berbeda. Namun secara umum tenaga air (hydro) skala besar mempunyai kapasitas diatas 10 MW, mini berkapasitas 200 kW sampai 10 MW, dan mikro berkapasitas sampai 200 kW (Dep.ESDM, 2003).

Rencana Strategis Kabupaten Manokwari Provinsi Papua Barat diarahkan untuk mendorong aktifitas pembangunan untuk mencapai masyarakat yang sejahtera dengan memperhatikan kelestarian sumber energi untuk jangka pendek maupun jangka panjang, pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM), peningkatan penguasaan teknologi ketenagalistrikan dan mendorong pertumbuhan usaha industri kecil dan menengah (Badan Pusat Statistik Manokwari, 2007).

Perancangan PLTMH pada saluran primer Bendung Sungai Prafi merupakan salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik pada kawasan wisata Bendungan dan Bumi Perkemahan karena selama ini kawasan tersebut belum mendapat pasokan listrik dari PLN.

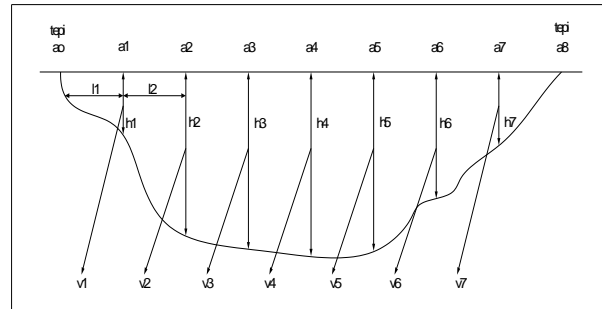
TINJAUAN PUSTAKA

Pengukuran debit sesaat

Pengukuran debit digunakan untuk mengetahui berapa besar debit sungai pada saat pengukuran terjadi. Pengukuran debit sesaat dapat digunakan apabila tidak ada data debit pada dinas perairan, sehingga digunakan data debit sesaat untuk perhitungan. Adapun cara pengukuran debit:

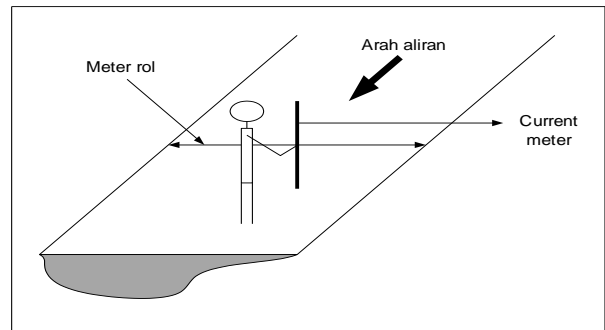
1. Pilihlah alur sungai yang memiliki kelurusan aliran sekitar 4 – 5 meter serta memiliki kedalaman dasar yang tidak terlalu bervariasi dari satu tepi ke tepi sebelahnya.
2. Ukurlah lebar sungai dengan pita meteran dan ujung-ujung meteran setegang mungkin pada kedua tepi sungai. Diusahakan agar penarikan pita meteran ini tegak lurus terhadap arah aliran sungai.
3. Bagilah besar sungai terukur menjadi beberapa bagian yang sama panjang guna penentuan

titik pengukuran kecepatan aliran air sungai seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Pembagian lebar sungai dalam pengukuran debit sungai

4. Ukurlah jarak a , kedalaman h , serta kecepatan aliran masing-masing bagian lebar sungai.
 - a. Posisi pengukur harus berada berlawanan arah dengan arah aliran
 - b. Kecepatan alir diukur pada 0,5 kedalaman.
 - c. Debit aliran air sungai diperoleh dengan menjumlahkan debit dari masing - masing bagian terukur dari lebar sungai.



Gambar 2. Posisi pengukur pada pengukuran aliran sungai

Gambaran Umum PLTMH

PLTMH merupakan bagian dari pemanfaatan energi air (*hydro power*) untuk diubah menjadi bentuk energi listrik. Mikrohidro memiliki beberapa kelebihan dibanding energi lain (Das, 2002), antara lain bersih lingkungan, merupakan energi terbarukan, tidak konsumtif terhadap pemakaian air, biaya operasional rendah, tahan lama, dan sesuai dengan daerah terpencil.

Bangunan Instalasi Sipil

Pekerjaan sipil menurut Arismunandar dan Kuwahara (2004), merupakan pekerjaan terbanyak dari pekerjaan pembangkit listrik tenaga air, baik

tidaknya pembangkit listrik semacam ini tergantung dari kualitas pekerjaan sipilnya. Perencanaan pekerjaan sipil seperti terlihat pada gambar dibawah, antara lain, *intake* (pintu pengambilan), *trashrack* (saringan sampah), *spillway*, *head race* (saluran pembawa), *silt basins* (bak pengendap), *kolam turbin*, *power house* (rumah pembangkit), *draf tube* (pipa isap), dan *tail race* (saluran pembuang).

Instalasi mekanikal

1. Daya turbin

Daya merupakan kemampuan turbin air untuk melakukan kerja dengan beban tertentu sesuai dengan potensi yang dimiliki air tersebut. Fluida mengalir melalui ruang diantara sudu, sehingga roda turbin dapat berputar. Gaya yang timbul pada turbin terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja yang mengalir diantara sudu (Arismunandar, W, 2004).

2. Daya turbin teoritis (Pa)

Daya turbin teoritis yang dihasilkan sebuah turbin dapat dihitung dengan persamaan berikut (Patty, 1995)

$$Pa = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \text{ (Watt)} \quad (1)$$

dengan:

$$\begin{aligned} \rho &= \text{massa jenis air (kg/m}^3\text{)} \\ g &= \text{percepatan gravitasi (m/s}^2\text{)} \\ Q &= \text{debit air (m}^3\text{/s)} \\ H &= \text{tinggi jatuh air (m)} \end{aligned}$$

3. Daya turbin efektif (Pt)

Daya turbin efektif dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Pa = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \text{ (Watt)} \quad (2)$$

dengan: η = efisiensi turbin

4. Daya hidrolis (Ph)

Daya hidrolis (Ph) dapat ditentukan berdasarkan segitiga kecepatan. Pada turbin Propeller, kecepatan tangensial masuk dan keluar sudu besarnya sama, selain itu proyeksi kecepatan absolute dalam arah aksial sudu besarnya sama. Daya hidrolis dapat dihitung dengan persamaan:

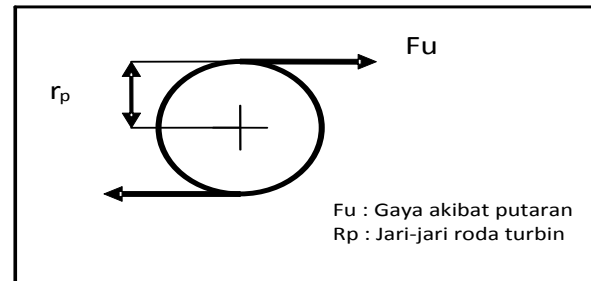
$$Ph = \rho \cdot Q \cdot U_1 \cdot V_{U1} \text{ (Watt)} \quad (3)$$

dengan:

$$\begin{aligned} U_1 &= \text{kecepatan keliling pada sisi masuk sudu (m/s)} \\ V_{U1} &= \text{kecepatan absolute aliran air pada sisi masuk sudu (m/s)} \end{aligned}$$

5. Daya mekanis (Pm)

Daya mekanis merupakan daya yang dihasilkan akibat momen puntir atau torsi yang diakibatkan oleh putaran turbin (Arismunandar, W., 2004). Transfer daya dalam bentuk putaran poros turbin ditunjukkan pada gambar dibawah.



Gambar 3. Transfer daya dalam bentuk putaran poros

6. Generator

Generator merupakan mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran turbin menjadi energi listrik. Generator listrik pada PLTMH dikelompokkan menjadi 2 (dua), yaitu generator induksi dan generator sinkron. Generator induksi diperoleh dari motor induksi dengan cara memutar rotor pada kecepatan diatas kecepatan medan putar atau mesin bekerja pada slip negatif motor induksi sebagai generator banyak dipergunakan dalam PLTMH karena memiliki beberapa keunggulan (Bambang, 2006), sebagai berikut: konstruksinya sederhana, kokoh, harga murah, perawatan mudah dan kecepatan putar relatif konstan tanpa beban sampai beban penuh. Generator induksi juga terdiri dari generator 1 fase dan generator 3 fase.

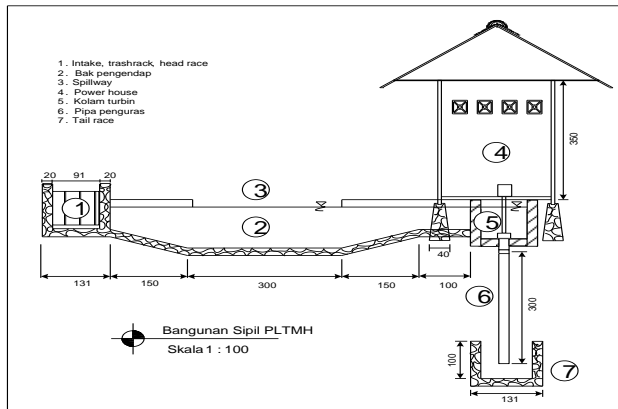
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Debit Sesaat

Pengukuran debit yang dilakukan pada lokasi penelitian adalah pengukuran debit sesaat, hal ini dilakukan karena penulis kesulitan dalam memperoleh data debit tahunan. Pengukuran dilakukan pada bulan September 2008 pada saat musim kemarau dimana curah hujan mencapai 26 mm, debit terukur pada saluran primer Bendung Sungai Prafi 1,935 m³/s. Dimana luasan saluran dihitung dengan menggunakan tongkat ukur per 1 meter.

Hasil Perhitungan Bangunan Sipil

Direncanakan menggunakan bangunan sipil seperti tampak pada gambar 4 dengan data perhitungan disajikan dalam tabel 1.



Gambar 4. Bangunan sipil

Tabel 1. Data Hasil Perhitungan Bangunan Sipil

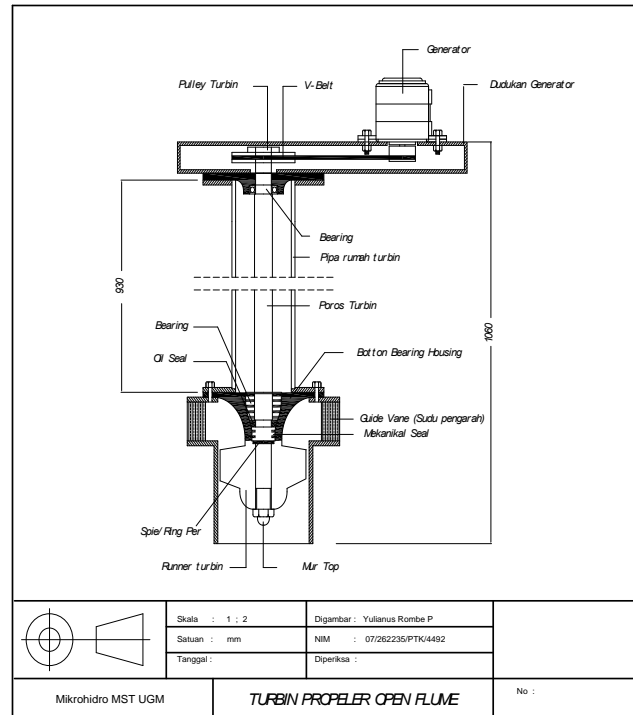
No	Jenis Bangunan Sipil	Dimensi
1	Intake terendam	0,58 m x 0,65 m
2	Saringan sampah (<i>trashrack</i>)	0,68 m x 0,85 m
3	Saluran pembawa (<i>head race</i>)	0,5 m x 0,91 m
4	Bak pengendap (<i>silt basins</i>)	1,5 m x 2 m
5	Saluran pelimpah (<i>spillway</i>)	0,4 m x 1,8 m
6	Kolam turbin	0,8 m x 1 m
7	Pipa isap (<i>draft tube</i>)	PVC 8 inch
8	Saluran pembuang	0,5 m x 0,91 m

Direncanakan menggunakan dua macam saluran pembuang, yaitu pasangan batu belah dan saluran tanah. Penggunaan saluran tanah dengan pertimbangan lebih ekonomis dan layak karena tanahnya jenis tanah liat, tidak mudah erosi.

Rumah pembangkit (*power house*) direncanakan ukuran 4 m x 5 m, pondasi pasangan batu belah, kolom, slop dan ring balk beton bertulang, tembok batako, lantai tegel putih, dan atap seng.

Hasil perhitungan Instalasi Mekanikal

Instalasi mekanikal direncanakan menggunakan turbin propeller *open flume* (gambar 5) dengan daya efektif 10.000 watt = 13,40 HP. Kecepatan spesifik turbin 927, direncanakan putaran turbin 1000 rpm, efisiensi toral 74,6 % dan diameter fulley generator 175 mm.



Gambar 5. Turbin propeller

Instalasi Elektrik

Spesifikasi generator yang akan digunakan pada PLTMH adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Perencanaan Instalasi Elektrik

No	Data Generator	Kapasitas
1	Generator Induksi	AC
2	Daya	10 Kw
3	Tegangan	220/380 Volt
4	Putaran	1500 rpm
5	Frekwensi	50 Hz
6	Jumlah Phasa	3 phasa
7	Jumlah kutub	4 buah
8	Cos ϕ	0,8
9	Efisiensi full load	0,9

Sistem proteksi yang direncanakan dalam pembangkit listrik tenaga mikrohidro ini adalah *Induction Generator Controller (IGC)*.

KESIMPULAN

Berdasarkan studi pustaka dan landasan teori serta hasil pengukuran yang telah dianalisa dalam perancangan PLTMH pada saluran primer Bendung Sungai Prafi kesimpulan: Setelah dilakukan pengukuran debit sesaat pada saluran primer

Bendung Sungai Prafi maka didapat debit sebesar $1,935 \text{ m}^3/\text{s}$, head 3 meter. Perancangan PLTMH membutuhkan debit sebesar $0,455 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan head 3 meter. Dari hasil perhitungan didapat *output* sebesar 10 kW. Generator yang direncanakan adalah generator induksi AC 10 kW, 220/380 Volt, 50 Hz, putaran 1500 rpm, jumlah kutub 4, $\cos \phi$ 0,8, efisiensi 0,9. Kecepatan spesifikasi yang diperoleh setelah dilakukan perhitungan sebesar 927, dan turbin yang digunakan adalah turbin propeller *open flume* sesuai dengan diagram kecepatan spesifikasi untuk beberapa turbin.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W., Kuwahara, S, 1991, Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik, Jilid I Cetakan ke 8, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Manokwari, 2007, Manokwari Regency Map
- Das, 2002, Mikrohidro dan Perkembangannya, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Energi dan Ketenagalistrikan, Jakarta.
- Dendaker, MM, 1991, Pembangkit Listrik Tenaga Air, Erlangga Jakarta.
- Dinas PU, Kabupaten Manokwari, 2007, Subdin Pengairan Kabupaten Manokwari.
- Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi, 2003, Kursus Singkat Manajemen dan Implementasi Penyediaan Sumber Energi Listrik untuk Pembangunan Daerah, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Electrical Test Laboratory, 1933, University of California Medical School.
- Giancoli, 1997, Fisika Terapan Jilid II, Erlangga Jakarta.
- Harvey, A., 1993, Micro-Hydro Design Manual: A guide to small-scale waterpower schemes, London, IT Publications, London.
- Hutauruk TS, 1986, "Pengetanahan netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan", Penerbit Erlangga, Jakarta
- [http://www.pemilihan tipe turbin pada pembangkit listrik oleh Subhan Nafis \(download 12 Desember 2008\).](http://www.pemilihan tipe turbin pada pembangkit listrik oleh Subhan Nafis (download 12 Desember 2008).)
- <http://www.Hezhongindotama.net/ELCB.html> oleh Imam Uzair (download 8 Maret 2009).
- Inversen A, R, 1990, Mikro-Hidropower Source Book, NRECA International Foundation, Washington, D.C
- Jagdish., Lal.1975.Hydraulic Machines.Co-Privated Ltd. Delhi.
- JICA, 2003, Panduan untuk Pembangunan Pembangkit Listrik Mikrohidro, Tokyo Electric Power Services, Tokyo
- Kamal, S, 2004, Pengembangan Potensi Energi Alternatif, Pusat Studi Energi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pabla, A,S, 1991, Sistem Distribusi Daya Listrik, Erlangga Jakarta.
- Patty, O,F, 1995, Tenaga Air, Cetakan Pertama, Erlangga, Jakarta.
- PLN, 2005, Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2006-2015, PT. PLN (Persero), Jakarta.
- PLN, Cabang Manokwari, 2007, Sistem Kelistrikan Kabupaten Manokwari.
- Program Pasca Sarjana, 2001, Petunjuk Penulisan Usulan Penelitian dan Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Zuhal, 2004, Prinsip Dasar Elektronika, Erlangga Jakarta