

## MIKROHIDRO UNTUK SOLUSI DAERAH TERPENCIL

Sunardi<sup>1</sup>, Wahyu Sapto Aji  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta 55164, Indonesia  
Email: <sup>1</sup>sunardi@mti.uad.ac.id

### Abstract

*Electricity is one of the most elements needed in the life for any activities and productivities. In the other side, no electricity is the classically problem occurred for the any remote areas caused by no electricity supply by the agent of government. We are required to overcome the problem based on leverage of the existing resource, such as water, geothermal, wind, solar, etc. A small system use the waterflow in order to generate an electrical system known as microhydro has been developed for remote area in District Wonosobo Central Java. There are a waterways or water channel as a result of the dam of Galuh River. Flow of clean water condition has a constant throughout the year. Drains and location of research has a height difference of 6 m therefore has potential enough power to drive a turbine through an 25 cm diameter of a pipe used for the water input. The microhydro system has been developed with maximal capacity of 3000 kW Electricity produced has been used for street lighting and any small enterprises, i.e. fish pond, chicken farm, and mushroom cultivation. This area was previously not affordable, now by this electricity become bright and productive.*

*Keywords: electricity, remote area, microhydro, waterflow*

### 1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Semakin maju suatu negara, semakin besar energi yang dibutuhkan. Berdasarkan pengadaan energi dunia, saat ini minyak dan gas (migas) masih mendominasi sebagai sumber utama energi. Sumber migas sangat terbatas dan diperkirakan akan segera habis. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan solusi sumber energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti migas untuk dapat dimanfaatkan bagi kemaslahatan hidup dan produktivitas masyarakat.

Negara Indonesia yang beradapada garis katulistiwa memiliki daratan dengan ditumbuhi hutan belantara. Selain itu juga terdapat gunung atau pegunungan yang di dalamnya aliran-aliran sungai dari hulu ke hilir sampai kelaut. Wilayah Indonesia dengan kekayaan berbagai sumber daya alam merupakan tantangan tersendiri bagi para peneliti lokal untuk melakukan pengkajian atau penelitian. Salah satu bidang kajian yang menarik adalah ikhtiar

mendapatkan sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif yang banyak dikembangkan adalah pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).

PLTMH atau mikrohidro dapat beroperasi jika memiliki daerah aliran sungai dengan beberapa parameter yang dipersyaratkan untuk mampu membangkitkan energi listrik. Parameter tersebut diantaranya debit air, beda ketinggian/potensial antara sumber air dan kincir, konstruksi serta hal-hal teknis terkait titik jatuh air dll. Salah satu yang paling utama tentu adalah keberadaan sumber/energi air yang mampu menggerakkan kincir untuk kemudian oleh generator diubah menjadi energi listrik.

Penelitian ini membangun suatu sistem mikrohidro sebagai solusi penyediaan listrik di kawasan terpencil pada daerah Kabupaten Wonosobo. Listrik digunakan pada tahap awal untuk penerangan dan tahap selanjutnya untuk optimalisasi unit-unit usaha masyarakat seperti peternakan ayam, peternakan kambing, kolam dll.

## 2. Kajian pustaka

Beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini diantaranya adalah Susatyo (2009) yang telah sukses melakukan implementasi teknologi Pembangkit listrik Tenaga Mikro Hidro kapasitas 30kW di desa Cibunar Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat. Penelitian lainnya telah dilakukan oleh Naif Fuhaid pada tahun 2012 yang menyatakan bahwa sudut pipa pesat sangat berpengaruh terhadap putaran turbin dan efisiensi listrik yang dihasilkan. Semakin besar bukaan pada katup maka semakin besar debit air yang dihasilkan. Laju aliran air pada bukaan katup berpengaruh besar terhadap efisiensi listrik yang dihasilkan. Semakin besar laju aliran air maka efisiensi listrik yang dihasilkan semakin besar.

Suyanto (2013) telah melakukan perbandingan peningkatan daya terpasang pada Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) di Daerah Wukirsari Imogiri Bantul Yogyakarta. Sulaeman dan Ramu Adi Jaya pada tahun 2014 melakukan pekerjaan pembangunan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro (PLTMH) di Kinali. Daya yang masuk ke generator listrik adalah 25 kW. Jumlah rumah yang potensial untuk dialiri listrik adalah 86 rumah, 1 SD, 2 rumah ibadah dan 1 pustu dengan daya masing-masing rumah 274 Watt.

Penelitian yang dilakukan oleh Desmiwarman dan Valdi Rizki Yandri pada tahun 2015 di Desa Guo Kecamatan kurangi Kota Padang menyimpulkan bahwa generator sinkron lebih cocok digunakan untuk PLTMH dibanding generator induksi karena generator induksi memerlukan adanya daya reaktif dari luar, untuk menjaga keberadaan medan magnet stator dibutuhkan sumber daya reaktif dari luar, dapat berupa kapasitor maupun diambil dari jaringan PLN.

Beberapa penelitian terbaru di tahun 2017 telah dilakukan oleh Habsari tentang Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Desa Sidomulyo Kota Batu. Terdapat juga Sitompul (2017) tentang desain pembangkit listrik tenaga mikro hidro menggunakan kincir air tipe overshoot dengan bentuk sudu mangkok dan bentuk sudu datar, Jumadi (2017) tentang

perencanaan dan perancangan pembangkit listrik tenaga mikro-hidro jenis *crossflow*, serta Bagaskara (2017) tentang analisa potensi daya listrik pada Bendungan Colo, Kecamatan Nguter, Kabupaten Sukoharjo untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

## 3. Metodologi

Sistem mikrohidro yang dibangun menggunakan saluran air sebagai output dari bendungan Sungai Galuhdi kaki Gunung Sumbing Wonosobo. Output bendungan yang masuk kedalam saluran air dikontrol dengan debit yang relatif konstan sepanjang tahun. Hal ini karena saluran air digunakan untuk berbagai keperluan masyarakat terutama untuk pengairan lahan pertanian. Oleh karena sistem mikrohidro yang dibangun berada di lokasi saluran air yang mengalir secara kontinu sepanjang tahun maka mikrohidro mendapatkan supply air sebagai sumber energi dengan debit yang relatif konstan setiap saat.

Sistem mikrohidro yang dibangun memanfaatkan saluran air yang dialihkan sebagian alirannya kedalam bak penampung dengan ukuran 1,5 m x 1,5 m x 1,5 m. Bak penampung dilengkapi dengan alat penyaring sampah serta dibuat corong untuk mengarahkan aliran air ke pipa pesat. Potensi daya yang dimungkinkan, generator yang dipakai, dan perhitungan tentang turbin yang digunakan dijelaskan seperti berikut.

### 3.1 Potensi Daya dan Generator

Potensi daya sistem pembangkit mikro hidro diukur berdasarkan dua parameter utama yaitu debit air ( $Q$ ) dan tinggi terjun air ( $h$ ). Debit air diukur dengan menggunakan data kecepatan aliran air dan luas penampang saluran seperti persamaan berikut;

$$Q = K.A.V \quad (1)$$

dengan:

$Q$  = Debit aliran air ( $m^3/s$ )

$A$  = Luas penampang ( $m^2$ )

$V$  = Kecepatan aliran air ( $m/s$ )

$K$  = Koefisien Pengairan

Koefisien pengairan didasarkan pada kondisi dasar sungai yaitu berbatu (0,60),

berbatu campur dengan pasir (0,65), berpasir (0,75), dan cadas (0,80). Kecepatan aliran air yang mengalir di saluran dilakukan dengan menggunakan metode pelampung berupa bola pingpong dilengkapi dengan meteran dan stopwatch. Area sampling dipilih berdasarkan jarak terdekat dengan lokasi pembangunansistem mikrohidro. Kedalaman dan lebar aliran saluran diukur pada bagian sisi kiri dan kanan serta pada bagian tengah dengan memasukkan sebilah kayu kedalam air. Pengukuran ini diperlukan untuk mendapatkan data luas penampang. Pengukuran ini dilakukan di area daerah sampling pada lima titik untuk kemudian diambil rata-rata. Pada pengukuran tinggi terjun air dengan cara persamaan pythagoras. Panjang lintasan tebing yang miring dan panjang lintasan datar diukur untuk kemudian digunakan untuk menghitung sisi tegak atau ketinggiannya.

Tenaga potensial pada sistem mikrohidromerupakan akibat adanya debit air yang mengalir di aliran saluran dan adanya tinggi terjun antara bak penampung dan rumah pembangkit. Pemanfaatan tenaga tersebut dapat dilakukan dengan mengubah menjadi energi mekanis menggunakan turbin air yang kemudian disalurkan ke generator sehingga menghasilkan energi listrik. Daya yang mampu dibangkitkan dapat dihitung dengan mengalikangaya berat atau gravitasi, debit air dan tinggi terjun. Persamaan untuk besarnya daya yang terkandung dalam air adalah:

$$P = g \times Q \times h \tag{2}$$

dengan

P = Daya nyata (kW)

g = Percepatan gravitasi bumi (9,8m/s<sup>2</sup>)

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

h = Tinggi terjun air (m)

jika parameter g = 9,8m/s<sup>2</sup> dimasukkan kedalam persamaan (2) maka didapatkan persamaan berikut:

$$P = 9,8 \cdot Q \cdot h \tag{3}$$

Pada sistem mikrohidro tentu tidak mungkin untuk mampu memberikan efisiensi yang sempurna 100%. Terdapat tiga macam efisiensi (menurunkan kesempurnaan) yaitu efisiensi pipa pesat  $\eta_p = 0,90 - 0,95$  (tergantung pada panjang pipa pesat), efisiensi turbin  $\eta_t = 0,77 - 0,85$ (tergantung pada tipe turbin), dan

efisiensi generator  $\eta_g = 0,80 - 0,95$  (tergantung pada kapasitas generator). Ketiga parameter efisiensi tersebut jika dimasukkan kedalam persamaan (3) menjadi daya optimal yang mampu dibangkitkan dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = 9,8 \cdot Q \cdot h \cdot \eta_p \cdot \eta_t \cdot \eta_g \tag{4}$$

Berdasarkan perhitungan daya ini kemudian ditentukan penggunaan generator yang akan digunakan. Selain itu itu juga dipertimbangkan kemungkinan adanya keperluan transmisi mekanik (*pulley* dan *v-belt*) untuk mendapatkan putaran minimal untuk menghidupkan generator berfungsi menghasilkan listrik. Perbandingan jari-jari *pulley* dengan kecepatan putar *pulley* menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1} \tag{5}$$

### 3.2 Turbin

Penentuan dimensi turbin diantaranya mencakup diameter dan lebar *runner*, putaran turbin, jarak antar sudu, jumlah sudu, lebar keliling radial, kelengkungan sudu, jarak pancaran dari pusat poros, jarak pancaran dari tepi dalam *runner*. Detil dijelaskan seperti berikut (Firmansyah, dkk) Putaran turbin dapat diketahui dengan persamaan berikut.

$$N_t = \frac{862 \times H^{1/2}}{D_1} \tag{6}$$

dengan H adalah diameter luar turbin dan D1 adalah diameter turbin sisi dalam (keduanya dalam satuan inci). Jarak pancaran dari pusat poros menggunakan persamaan berikut.

$$y_1 = (0,1986 - 0,945 k) D_1 \tag{7}$$

dengan  $y_1$  adalah Jarak pancar dari pusat poros dan  $k$  adalah Koefisien kecepatan = 0,087.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penentuan karakteristik turbin diantaranya faktor kecepatan, kecepatan satuan, debit satuan, dan putaran spesifik yang detil dijelaskan seperti berikut.

Faktor kecepatan diperoleh dengan persamaan berikut:

$$\phi = \frac{D \cdot N_t}{84,6 \sqrt{H_n}} \tag{8}$$

dengan  $N_t$  adalah banyaknya putaran per menit dan D adalah diameter (dengan satuan m)

Putaran spesifik, adalah besarnya putaran turbin yang geometris serupa sehingga pada  $H_{netto} = 1$  meter menghasilkan daya sebesar 1 kW. Putaran spesifik ditentukan melalui persamaan berikut:

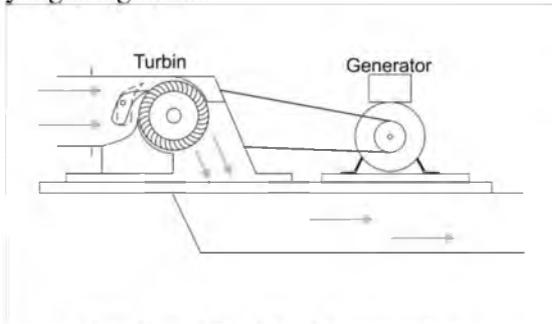
$$N_s = \frac{NP^{0,5}}{H_n^{5/4}} \quad (9)$$

dengan:

- $N_s$  = Putaran spesifik (putaran/menit)
- $N$  = Banyaknya putaran per menit (putaran/menit)
- $P$  = Daya (kW)
- $H_n$  = Perbedaan tinggi muka air dikurangi kehilangan tinggi (m)

### 3.3 Transmisi Mekanik

Sistem transmisi menggunakan *v-belt* dan komponen pendukung lainnya seperti *pulley* dan bantalan seperti pada Gambar 1. Kecepatan putar generator dapat diatur pada nilai tertentu berdasarkan kecepatan putar turbin sesuai dengan perbandingan yang diinginkan.



Gambar 1. Turbin dan generator dihubungkan *V-belt*.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Potensi Daya dan Generator

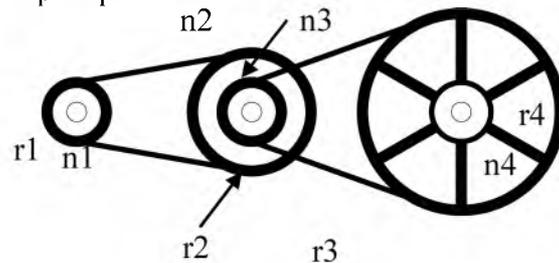
Berdasar pengukuran luas penampang dan kecepatan aliran air yang telah dilakukan di lapangan didapatkan debit air sesuai dengan persamaan (1) adalah  $Q = K.A.V = 0,65 \times 1,0506 \times 0,718 = 0,4901 \text{ m}^3/\text{s}$ . Berdasarkan data yang sudah diperoleh di lapangan tersebut kemudian digabungkan dengan ketinggian air terjun sebesar 5,6 m untuk mendapatkan besarnya daya yang terkandung sesuai dengan persamaan (3) sehingga diperoleh  $P = 9,8 \times 0,4901 \times 5,6 = 26,897,000 \text{ W} = 26,897 \text{ kW}$ .

Daya optimal yang mungkin untuk dibangkitkan dihitung mengikuti persamaan

(4) dengan ketiga parameter efisiensi semuanya diambil yang paling rendah sehingga didapatkan  $P = g \times Q \times h \times \eta_p \times \eta_t \times \eta_g = 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,4901 \times 5,6 \times 0,90 \times 0,77 \times 0,80 = 13,556 \text{ kW}$ . Berdasarkan daya optimal yang mampu dibangkitkan, sebagai penelitian dan implementasi awal digunakan generator yang memiliki daya output sebesar 3 kW. Generator memerlukan minimal 1500 rpm dan frekuensi 50 Hz.

### 4.2 Transmisi Mekanik

*Pully* dan *v-belt* sebagai komponen utama pada transmisi mekanik digunakan untuk mendapatkan input frekuensi 50 Hz generator. Kecepatan turbin yang dihasilkan berdasarkan perhitungan dan kecepatan yang diperlukan oleh generator untuk menghasilkan daya dengan putaran minimal yang diinginkan generator sebesar 1500 rpm, maka dibuat desain transmisi mekanik seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain susunan *pulley*

Berdasarkan data di lapangan didapatkan  $n_4 = 93,85 \text{ rpm}$ . Generator yang digunakan memerlukan  $n_1$  minimal sebesar 1500 rpm. Oleh karena itu diperlukan *pulley* dengan menggunakan ukuran  $r_4 = 50 \text{ cm}$ ,  $r_3 = 20 \text{ cm}$ , dan  $r_2 = 40 \text{ cm}$ . Data tersebut selanjutnya digunakan untuk memperoleh hasil putaran pada  $n_2$  yang memiliki besaran sama dengan putaran pada  $n_3$  menggunakan persamaan (5), yaitu perbandingan jari-jari *pulley* dengan kecepatan putar *pulley* berupa  $\frac{n_4}{n_3} = \frac{r_3}{r_4}$  atau  $\frac{93,85}{n_3} = \frac{20}{50}$  sehingga didapatkan  $n_3 = n_2 = 234,625 \text{ rpm}$ . Data tersebut kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai  $r_1$  yang sesuai yaitu  $\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1}$  atau  $\frac{1500}{234,625} = \frac{40}{r_1}$  sehingga didapatkan  $r_1 = 0,0626 \text{ m} = 6,26 \text{ cm}$ .

Berdasarkan perhitungan dan implementasi di lapangan, generator yang digunakan mampu menghasilkan energi listrik. Listrik telah digunakan untuk menyalakan lampu penerangan pada kawasan di sekitar lokasi mikrohidro yang dibangun.

#### 4.3 Turbin

Pemilihan jenis turbin yang akan digunakan ditentukan berdasarkan debit dan tinggi jatuh efektif. Debit air yang terdapat di lapangan adalah 0,4901 m<sup>3</sup>/detik dengan tinggi jatuh 5,6 meter. Putaran turbin air dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (6), dengan  $D = 15,74$  inci dan  $H = 18,373$  inci, diperoleh hasil  $N_t = \frac{862 \times H^{1/2}}{D_1} = \frac{862 \times 18,373^{1/2}}{15,74} = 234,7423$  rpm. Jarak Pancaran dari pusat poros menggunakan persamaan (7), dengan  $k = 0,087$ , didapatkan  $y_1 = (0,1986 - 0,945 k) D_1 = (0,1986 - 0,945 \times 0,087) 15,74 = 1,832$  inci = 4,653 cm.

Faktor Kecepatan turbin diperoleh dengan menggunakan persamaan (8), dengan  $D = 15,74$  inci = 40 cm dan  $H_n = 5,6$  m, didapatkan  $\phi = \frac{D \cdot N_t}{84,6 \sqrt{H_n}} = \frac{40 \times 234,7423}{84,6 \times \sqrt{5,6}} = 0,02$ . Putaran spesifik adalah besarnya putaran turbin yang geometris serupa sehingga pada  $H_{netto} = 1$  meter menghasilkan daya sebesar 1 kW sesuai dengan persamaan (9) didapatkan  $N_s = \frac{NP^{0,5}}{H_n^{5/4}} = \frac{234,7423 \times 13,556^{0,5}}{5,6^{5/4}} = 100,328$  rad/s.

Penelitian ini menggunakan turbin *cross-flow* karena memiliki spesifikasi *head*, debit serta kecepatan spesifik yang lebih mendekati pada perhitungan di atas. Turbin yang digunakan memiliki diameter 100 cm dan jarak antar sudu 15 cm.

#### 5. Kesimpulan

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem mikrohidro yang ada di lokasi daerah Wonosobo sangat potensial karena debit air secara konstan sepanjang tahun.
2. Daya yang dapat dihasilkan dari sistem mikrohidro dengan telah

mempertimbangkan efisiensi-efisiensi minimal adalah 13,556 kW.

3. Penelitian ini telah berhasil mendapatkan kelistrikan dengan menggunakan generator dengan kapasitas 3000 W.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bagaskara, H.N. and Hasyim, A.A., 2017. *Analisa Potensi Daya Listrik Pada Bendungan Colo, Kec Nguter, Sukoharjo Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [2] Desmiwarman dan Valdi Rizki Yandri.(2015). Pemilihan Tipe Generator Yang Cocok Untuk PLTMH Desa Guo, Kecamatan Kuranji, Kota Padang. *Jurnal Teknik Elektro ITP*. Vol. 4 No. 1 Januari 2015. Hal 25-28
- [3] Firmansyah, R., Utomo, T., Purnomo, H. *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur Unit 3 Lumajang*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [4] Habsari, W., 2017. Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Desa Sidomulyo Kota Batu. *Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro-Fakultas Teknik UM*.
- [5] Jumadi, j. And amir, f., 2017. Perencanaan dan perancangan pembangkit listrik tenaga mikro-hidro jenis crossflow. *Polimesin*, 15(1).
- [6] Naif Fuhaid. (2012). Pengaruh Sudut Pipa Pesat Terhadap Efisiensi PLTMH. *Jurnal Proton*. Vol 4 No 1 Hal 27-32.
- [7] Sitompul, a.n., 2017. *Desain pembangkit listrik tenaga mikro hidro menggunakan kincir air tipe overshoot dengan bentuk sudu mangkok dan bentuk sudu datar* (doctoral dissertation, politeknik negeri sriwijaya).
- [8] Sulaeman dan Ramu Adi Jaya.(2014). Perencanaan Pembangunan Sistem PLTMH di Kinali Pasaman Barat. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 4 No. 2 Oktober 2014 Hal 90-96.

- [9] Susatyo, A. & Subekti, R.A. (2009). Implementasi Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Kapasitas 30kW di desa Cibunar Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat. Prosiding Seminar Nasional Daur Bahan Bakar. Diselenggarakan oleh Puslit Tenaga Listrik dan Mekatronik – LIPI : Serpong. Hal C22-26
- [10] Suyanto, M., 2013. Perbandingan Peningkatan Daya Terpasang Pada Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) Di Daerah Wukirsari Imogiri Bantul Jogjakarta. *Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.*