

# RANCANGAN PARAMETER TURBIN *CROSSFLOW* GENERATOR SIKRON PADA PLTMH TALANG LINTANG

**Erliza Yuniarti**

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Palembang  
erlizay@yahoo.com

## *Abstrak*

Potensi aliran air di dusun Talang Lintang Desa Semidang Alas adalah  $0,073 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan *head* efektif 10 m dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan akan energi listrik di desa ini, dengan memanfaatkan teknologi tepat guna Pembangkit Listrik Mikrohidro. Aliran air merupakan *prime over* akan menggerakkan turbin *crossflow* sebagai sumber energi mekanik. Dari turbin dihasilkan putaran yang akan dikopel ke generator untuk memutar rotor yang pada akhirnya dapat membangkitkan energi listrik. Putaran turbin dan generator tidaklah sama, putaran turbin di ditentukan oleh jenis generator, jumlah kutub dan frekuensi kerja, untuk itu putaran turbin dan generator perlu disinkronkan sehingga membutuhkan transmisi mekanik yang sesuai dengan kebutuhan. Analisis sistem mikrohidro yang sudah dilakukan menggunakan turbin *crossflow* di dapat daya 5 kW pada putaran 578,53 rpm dan generator jenis sinkron 1 fasa dengan putaran 1500 rpm dan transmisi daya mekanik dengan rasio *pulley* 2,592 kali. Agar didapatkan kecepatan putar sesuai dengan yang dibutuhkan, maka transmisi daya menggunakan 2 buah *pulley* dengan diameter masing-masing 26 cm dan 10 cm serta 1 buah *belt* yang panjangnya 216 cm, maka mampu memutar motor untuk mendapatkan energi listrik sesuai dengan desain yaitu 5 kW dengan asumsi efisiensi turbin adalah 75 % dan efisiensi generator sinkron yang dipergunakan sebesar 90 %.

*Kata kunci* : transmisi mekanik, turbin *crossflow*, putaran spesifik PLTMh.

## PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMh) merupakan pembangkit energi listrik berskala kecil atau mikro dengan batasan di bawah 100 kilowatt (kW) yang dapat dibuat dengan memanfaatkan potensi air yang berasal dari sungai kecil atau air terjun yang direkayasa sehingga mampu menghasilkan aliran listrik sebagaimana yang dilakukan PLN.

Sumber air dari kaki gunung Dempo yang dimanfaatkan sebagai sumber air minum memiliki debit air cukup deras yaitu  $0,073 \text{ m}^3/\text{dt}$  dan terjunan setinggi 12 meter berdasarkan hasil studi potensi yang telah dilakukan. Potensi inilah yang akan dimanfaatkan untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) untuk menerangi rumah penduduk dan mushola yang ada.

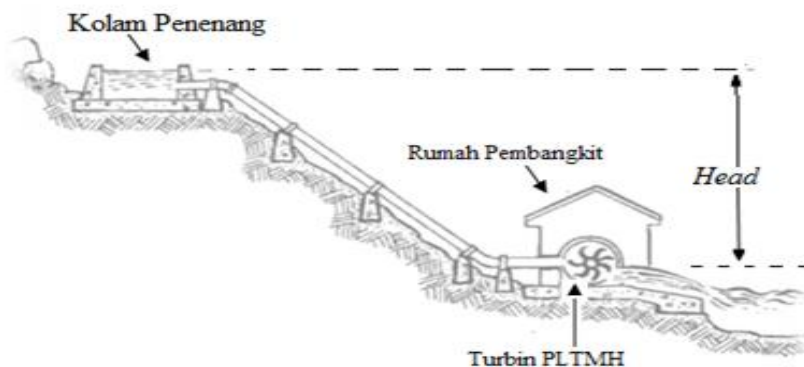
PLTMh dirancang dengan perawatan dan pengelolaan yang mudah. Air yang keluar dari pipa pesat akan memasuki turbin pada bagian *inlet*, dimana di dalamnya terdapat *guided*

*vane* untuk mengatur pembukaan dan penutupan turbin serta mengatur jumlah air yang masuk ke *runner* (Arter, 1992). Aliran air akan memutar *runner* dan menghasilkan energi kinetik yang akan memutar poros turbin (IMIDAP, 2009). Energi yang timbul akibat putaran poros kemudian ditransmisikan ke generator, seluruh sistem ini harus *balance*. Daya poros dari turbin ini akan ditransmisikan ke generator agar dapat diubah menjadi energi listrik (IMIDAP, 2009 ; Jaganathan et al, 2011).

## TINJAUAN PUSTAKA

Proses pembangkitan energi listrik dari PLTMh berasal dari air yang mengalir dengan kapasitas dan ketinggian tertentu disalurkan menuju turbin dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan ke generator dengan menggunakan kopling, dari generator akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol (Goyal et al) arus listrik sebelum dialirkan ke rumah-rumah (beban). Parameter utama pembangkitan adalah besaran debit dan tinggi jatuh efektif. PLTA maupun PLTMh biasanya diklasifikasikan menurut tinggi jatuh air (*head*). Menurut ketinggiannya, maka PLTMh dikelompokkan menjadi ( Arter, 1992 ; Heriyanto, 2010 ; Paisey, 2010) :

1. PLTMh dengan *head* tinggi  
*Head* 30 m ke atas, jenis turbin yang digunakan; Pelton, Crossflow atau Francis.
2. PLTMh dengan *head* sedang  
*Head* 6–30 m, jenis turbin yang digunakan; *Crossflow*, *Francis* dan *Turgo*.
3. PLTMh dengan *head* rendah  
*Head* 3–6 m, jenis turbin yang digunakan; *propeller*.
4. PLTMh dengan *head* sangat rendah  
*Head* lebih kecil dari 3 m, jenis turbin yang digunakan; terutama *propeller* tubular atau *bulb sets*



**Gambar 1. Tinggi jatuh (*head*) PLTMh**

Daya yang dibangkitkan dari pembangkit PLTMh adalah (Jaganathan et al, 2011) :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \quad (1)$$

Dengan :

$P$  = Daya yang dibangkitkan (kW)

$Q$  = Debit air ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$H$  = Ketinggian (m)

$\rho$  = Masa jenis air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\eta_t$  = Efisiensi dari sistem turbin (%)

$\eta_g$  = Efisiensi dari generator (%)

$g$  =  $9,8 \text{ m}/\text{det}^2$

### Debit Aliran

Debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu, dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ). Debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran (Goyal et al) . Hidrograf aliran adalah suatu perilaku debit sebagai respon adanya perubahan karakteristik biogeofisik yang berlangsung dalam suatu daerah aliran sungai (DAS), dan atau adanya perubahan iklim lokal baik musiman maupun tahunan.

Laju aliran permukaan merupakan jumlah atau volume air yang mengalir pada suatu titik per detik atau per jam (Arter, 1992 ; Goyal et al ; Paisey, 2010). Laju aliran permukaan dikenal juga dengan istilah debit. Besarnya debit ditentukan oleh luas penampang air dan kecepatan alirannya, yang dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = A \cdot V \quad (2)$$

Dengan:

$Q$  = debit air ( $\text{m}^3/\text{detik}$  atau  $\text{m}^3/\text{jam}$ )

$A$  = luas penampang air ( $\text{m}^2$ )

$V$  = kecepatan air melalui penampang  
( $\text{m}/\text{detik}$ )

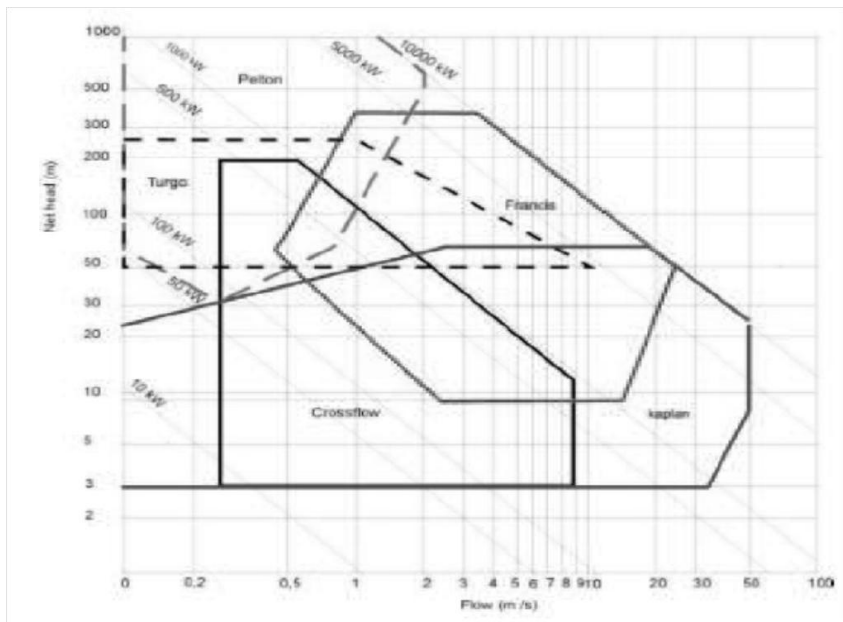
Aliran sungai berasal dari hujan yang masuk ke dalam alur sungai berupa aliran permukaan, aliran air di bawah permukaan, aliran air bawah tanah dan butir-butir hujan yang langsung jatuh kedalam alur sungai. Debit aliran sungai akan naik setelah terjadi hujan yang cukup, kemudian akan turun kembali setelah hujan selesai. Gambaran tentang naik turunnya debit sungai menurut waktu dinyatakan sebagai hidrograf (Heriyanto, 2010).

Bentuk hidrograf suatu sungai tergantung dari sifat hujan dan sifat-sifat daerah aliran sungai yang bersangkutan (Heriyanto, 2010). Sebagian besar debit aliran pada sungai kecil yang masih alamiah adalah debit aliran yang berasal dari air tanah atau mata air dan debit aliran air permukaan (air hujan). Dengan demikian aliran air pada sungai kecil pada umumnya lebih menggambarkan kondisi hujan daerah yang bersangkutan. Sedangkan sungai besar, sebagian besar debit alirannya berasal dari sungai-sungai kecil dan sungai sedang di atasnya. Sehingga aliran air sungai besar tidak mesti menggambarkan kondisi hujan dilokasi yang bersangkutan (Arter, 1992 ; Jaganathan et al, 2011 ; Ogata, 1996). Aliran dasar pada sungai kecil terbentuk dari aliran mata air dan air tanah, sedang aliran dasar pada sungai besar dibentuk dari aliran dasar sungai-sungai kecil dan sedang di atasnya.

### *Turbin Crossflow*

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu;

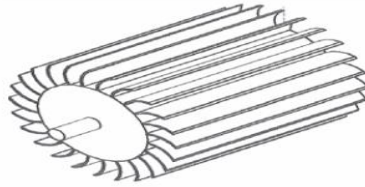
1. Faktor tinggi jatuhnya air efektif (*head*) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin. Sebagai contoh, turbin pelton efektif untuk operasi pada head tinggi, sementara turbin propeller sangat efektif beroperasi pada *head* rendah.
2. Faktor daya (*power*) yang diinginkan berkaitan dengan *head* dan *debit* yang tersedia (Heriyanto,2010 ; IMIDAP,2008 ; IMIDAP,2009 ; Penche et al ; Saadat,2004).



**Gambar 2. Debit dan head pada pemilihan jenis turbin (IMIDAP,2009)**

Turbin air berperan untuk mengubah energi air yang berasal dari energi potensial, tekanan dan energi kinetik, menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik (IMIDAP, 2008).

Turbin *crossflow* yang dipergunakan pada rancang bangun PLTMh ini menggunakan turbin Banki (*crossflow*). Turbin *crossflow* terdiri atas dari dua bagian yaitu *nozzle* dan *runner* turbin. *Runner* terbuat dari dua atau lebih lempengan berbentuk lingkaran yang paralel yang di gabung dengan susunan sudu berbentuk kurva.



**Gambar 3. Runner turbin crossflow**

Turbin *crossflow* bekerja berdasarkan air yang keluar dari *nozzle* masuk ke runner, menumbuk sudu-sudu tingkat pertama dan kemudian air tersebut keluar dari lorong sudu-sudu tingkat pertama lalu melewati ruang kosong dalam *runner* yang selanjutnya menumbuk sudu-sudu tingkat ke dua dan akhirnya air itu keluar dari lorong sudu-sudu tingkat ke dua menuju *drafttube*.

Turbin perlu dilengkapi *casing* yang berfungsi mengarahkan air ke runner. Pada bagian bawah *casing* terdapat pengunci turbin. Bantalan (*bearing*) terdapat pada sebelah kiri dan kanan poros dan berfungsi untuk menyangga poros agar dapat berputar dengan lancar. Daya poros dari turbin ini harus ditransmisikan ke generator agar dapat diubah menjadi energi listrik, generator yang digunakan pada mikrohidro adalah generator sinkron.

### **Putaran dan Daya Turbin Crossflow**

#### ***Putaran Spesifik***

Putaran spesifik ( $n_s$ ), menunjukkan bentuk dari turbin itu dan tidak berhubungan dengan ukurannya. Kecepatan spesifik merupakan kriteria utama yang menunjukkan pemilihan jenis turbin yang tepat berdasarkan karakteristik sumber air (Ogata, 1996).

Putaran spesifik juga merupakan titik awal dari analisis desain turbin. Turbin *crossflow* memiliki putaran spesifik berkisar antara 40-200 rpm, putaran spesifik dapat dihitung dengan persamaan :

$$N_s = \frac{N \cdot \sqrt{P}}{H^{5/4}} \quad (3)$$

dengan;

$$\begin{aligned} N_s &= \text{Putaran spesifik} \\ N &= \text{putaran turbin (rpm)} \\ H_{\text{net}} &= \text{tinggi air jatuh (m)} \\ P &= \text{Daya turbin (HP)} \end{aligned}$$

#### ***Putaran Turbin Crossflow***

Kecepatan putar turbin (*turbine speed*), merupakan perbandingan antara *head netto* dan diameter turbin *crossflow*.

$$N = \frac{41 \cdot \sqrt{H_{\text{net}}}}{D_{\text{turbin}}} \quad (4)$$

dengan;

- N = Putaran turbin (rpm)
- $D_{\text{turbin}}$  = Diameter turbin (m)
- $H_{\text{net}}$  = tinggi air jatuh (m)

### Daya Turbin

Daya turbin air ditentukan oleh besarnya debit air, massa jenis air, gravitasi dan tinggi jatuh air (*head*) sehingga dapat ditulis dengan persamaan (Goyal et al ; Heriyanto, 2010 ; IMIDAP, 2008) :

Daya *input* turbin;

$$P_{in} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (5)$$

Dan daya *output* turbin;

$$P_{out} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \quad (6)$$

dengan;

- $P_{in}$  = Daya *input* turbin (kW )
- $P_{out}$  = Daya *output* turbin (kW)
- $\rho$  = masa jenis air (1000kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- $H_{ef}$  = *head* (m)
- Q = debit (m<sup>3</sup>/s)
- $\eta_t$  = efisiensi pembangkit (%)

### Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ )

Efisiensi turbin merupakan parameter kinerja atau kemampuan turbin. Efisiensi ditentukan oleh perbandingan daya ( $P_{out}$ ) dengan daya ( $P_{in}$ ) turbin, efisiensi turbin umumnya mencapai hingga 80% (IMIDAP, 2008 ; Penche et al ; Saadat, 2004) , dalam bentuk persamaan dapat ditulis sebagai berikut;

$$\eta_t = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (7)$$

### Sistem Transmisi Mekanik

Transmisi daya berperan untuk menyalurkan daya dari poros turbin ke poros generator. elemen-elemen transmisi daya yang digunakan terdiri dari sabuk (*belt*), *pulley*, kopling, dan bantalan (*bearing*).

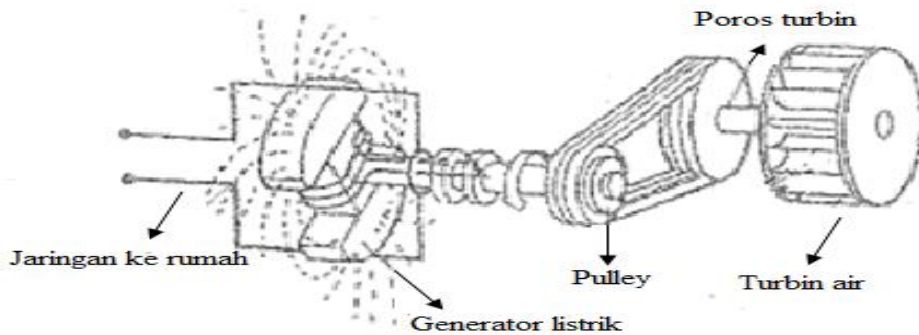
*Belt* berfungsi untuk menyalurkan daya dari poros turbin ke poros generator, sedangkan *pulley* berfungsi untuk menaikkan putaran sehingga putaran generator sesuai dengan putaran daerah kerjanya. sedangkan *kopling*, bantalan dan *clamp* merupakan komponen pendukung lainnya. secara umum sistem transmisi daya dapat dikelompokkan menjadi :

a. Sistem transmisi daya langsung

Transmisi daya langsung (*direct drives*), daya dari poros turbin (rotor) langsung di transmisikan ke poros generator yang disatukan dengan sebuah *kopling*, dengan cara ini konstruksi sistem transmisi ini menjadi lebih kompak, mudah untuk melakukan perawatan dan efisiensi lebih tinggi, serta tidak memerlukan elemen mesin lain seperti *pulley* dan *belt*.

b. Sistem transmisi dengan sabuk (*belt*)

Sabuk dipakai untuk memindahkan daya antara dua poros yang sejajar. Pemilihan jenis sabuk tergantung pada besar kecilnya daya yang akan di transmisikan, sabuk memainkan peranan penting dalam menyerap beban kejut dan meredam pengaruh getaran. Sabuk yang digunakan umumnya jenis *flat belt* dan *V-belt*.



Gambar 4. Prinsip kerja PLTMh

**Rasio Kecepatan ( $r_{nc}$ )**

Rasio kecepatan adalah perbandingan antara putaran generator sinkron yang akan dipergunakan pada PLTMh dengan putaran turbin yang di desain berdasarkan data diameter turbin dan head,

$$r_{nc} = \frac{n_g}{n_t} \quad (8)$$

dengan;

- $r_{nc}$  = Rasio kecepatan
- $n_g$  = Putaran generator (rpm)
- $n_t$  = Putaran turbin (rpm)

Rasio kecepatan diatas dipakai acuan untuk menentukan rancangan diameter *pulley* turbin crossflow yang akan dipergunakan ( $dp_t$ ) atau rasio diameter *pulley* ( $dr_p$ ).

**Diameter Pulley Turbin ( $dp_t$ )**

Penentuan besaran diameter pulley turbin didasarkan pada ukuran diameter *pulley* generator, rasio kecepatan putaran antara turbin dan generator yang telah diperhitungkan sebelumnya. Diameter *pulley* generator biasanya telah ada sesuai dengan desain pabrikan, sehingga

besarnya *pulley* turbin menyesuaikan dengan *pulley* generator. Umumnya ukuran *pulley* generator lebih kecil dibandingkan dengan *pulley* turbin.

$$dp_t = dp_g \cdot r_{nc} \quad (9)$$

Dengan :

$$\begin{aligned} dp_t &= \text{Diameter } \textit{pulley} \text{ turbin (mm)} \\ dp_g &= \text{Diameter } \textit{pulley} \text{ generator (mm)} \\ r_{nc} &= \text{Rasio kecepatan} \end{aligned}$$

### ***Belt Transmisi***

Jarak yang jauh antara dua buah poros sering tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi. Dalam hal demikian, cara transmisi putaran atau daya yang lain dapat di terapkan, di mana sebuah sabuk luwes atau rantai dibelitkan sekeliling *pulley* atau *sprocket* pada poros.

Panjang sabuk berbagai *V-Belt* dan *Belt Synchronous* pada drive 2 *pulley* dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus di bawah ini (Penche et al) :

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(dp_t + dp_g) + \frac{1}{4.C}(dp_g - dp_t)^2 \quad (10)$$

dipilih sabuk standar dengan panjang sabuk (L) dengan demikian jarak poros yang dipakai adalah:

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(dp_g - dp_t)^2}}{8} \quad (11)$$

$$b = 2 \cdot L - \pi(dp_g + dp_t) \quad (12)$$

dengan :

$$\begin{aligned} L &= \text{Panjang sabuk (mm)} \\ C &= \text{Jarak sumbu poros (mm)} \\ dp_g &= \text{Diameter puli turbin (mm)} \\ dp_t &= \text{Diameter puli generator (mm)} \end{aligned}$$

### **Generator**

Berdasarkan perhitungan dalam perencanaan PLTMh dengan potensi dilokasi Dusun Talang Lintang Desa Sebidang Alas Kecamatan Joko Dempo Tengah Pagaralam ini digunakan generator dengan:

$$\begin{aligned} \textit{Rating Power (P)} &: 5 \text{ kVA} \\ \textit{Type} &: \text{Sinkron} \\ \textit{Jumlah kutup (p)} &: 4 \\ \textit{Kecepatan putar (N)} &: 1500 \text{ rpm} \\ \textit{Tegangan keluaran (V)} &: 380/220 \text{ Volt} \\ \textit{Cos } \theta &: 0,8 \\ \textit{Frekuensi (f)} &: 50 \text{ Hz} \end{aligned}$$



## DATA TEKNIS PLTMh

Data teknis PLTMh yang didapat pada survei potensi daya di titik yang akan dibangun, adapun data teknis yang didapat adalah:

- Jarak lokasi ke beban =  $\pm 600$  m
- *Head bruto* = 12 m
- *Head netto* = 10 m
- Debit air =  $0,072 \text{ m}^3/\text{detik}$

Desain PLTMh dibuat berdasarkan besaran-besaran baku berikut, sehingga daya *output* yang bisa di desain menggunakan turbin *crossflow* adalah :

- Efisiensi turbin = 0,75
- Massa jenis air =  $1000 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Gravitasi =  $9,81 \text{ m}/\text{dt}^2$
- $D_{\text{turbin}}$  = 0,20 m
- Daya *output* turbin = 5 kW (7,15 HP)

## PERHITUNGAN DAN ANALISA

### Perhitungan Daya Turbin

Daya input turbin *crossflow* dihitung menggunakan persamaan yaitu,

$$\begin{aligned}P_{\text{in}} &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\P_{\text{in}} &= 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,072 \cdot 10 \\P_{\text{in}} &= 7063 \text{ Watt} \\P_{\text{in}} &= 7 \text{ kW}\end{aligned}$$

Sedangkan daya *output* turbin *crossflow* dengan efisiensi 75 % adalah,

$$\begin{aligned}P_{\text{out}} &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \\P_{\text{out}} &= 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,072 \cdot 10 \cdot 0,75 \\P_{\text{out}} &= 5000 \text{ W} \\P_{\text{out}} &= 5 \text{ kW}\end{aligned}$$

### Perhitungan Putaran Turbin

Putaran turbin *crossflow* dengan  $H_{\text{net}}$  10 m dan diameter disk turbin 20 cm atau 0,2 m adalah,

$$\begin{aligned}n &= \frac{41 \cdot \sqrt{H_{\text{net}}}}{D_{\text{turbin}}} \\n &= \frac{38 \cdot \sqrt{10}}{0,20} \\n &= 578,53 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Sedangkan putaran spesifiknya,

$$N_s = \frac{N \cdot \sqrt{P}}{H^{5/4}}$$

$$N_s = \frac{578,53 \cdot \sqrt{7,15}}{10^{5/4}}$$

$$N_s = 87 \text{ rpm}$$

### Perhitungan Transmisi Daya Mekanik

Transmisi daya putaran dari poros turbin ke generator dalam desain ini menggunakan transmisi sabuk. data-data dari desain sebelumnya adalah:

- Daya turbin ( $P_t$ ) = 5 kW
- Putaran turbin ( $N_t$ ) = 578,83 rpm
- Putaran generator ( $N_g$ ) = 1500 rpm
- Diameter *pulley* generator = 10,16 cm = 4 inchi
- Jarak antara poros turbin dengan poros generator = 800 mm.

### Rasio Kecepatan

Rasio kecepatan atau *speed ratio* ( $r_{nc}$ ) dari generator dengan putaran sebesar 1500 rpm, dan turbin *speed* sebesar 578,83 rpm, dapat dihitung dengan,

$$r_{nc} = \frac{n_g}{n_t}$$

$$r_{nc} = \frac{1500}{578}$$

$$r_{nc} = 2,592$$

Rasio ini tidak memiliki satuan, rasio ini dapat juga diartikan bahwa perbandingan kecepatan antara generator dan turbin adalah 1 : 2,592. Kecepatan diatas dipakai acuan untuk menentukan desain diameter *pulley* turbin ( $dp_t$ )

### Diameter Pulley Turbin ( $dp_t$ )

Desain diameter *pulley* turbin ( $dp_t$ ) PLTMh ini dirancang sebesar :

$$dp_t = dp_g \cdot r_{nc}$$

$$dp_t = 101,6 \cdot 2,592$$

$$= 263,42 \text{ mm} = 10 \text{ inchi}$$

Kenaikkan putaran sehingga putaran generator sesuai dengan putaran daerah kerjanya, maka dipilih transmisi daya menggunakan 2 buah *pulley* dengan diameter masing-masing 10 inchi dan 4 inchi.

### Panjang Sabuk

Panjang sabuk menjadi salah satu parameter yang penting pada perencanaan transmisi mekanik PLTMh untuk meyakinkan bahwa putaran turbin dan generator yang dikopel dapat bekerja sesuai desain. Sabuk yang pendek akan mengakibatkan terjadinya pengereman, sehingga putaran akan terjadi perlambatan, sebaliknya sabuk yang terlalu panjang memungkinkan transmisi terlepas sehingga turbin akan berputar tanpa terkopel dengan generator.

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{1}{4.C} + (D_1 - D_2)^2$$

$$L = 2.800 + \frac{3,14}{2}(254 + 101,6) + \frac{1}{4.800} + (254 - 101,6)^2$$

$$L = 2165,5 \text{ mm}$$

$$L = 216,55 \text{ cm}$$

maka dipilih sabuk dengan panjang sabuk 216,5 mm atau 215 cm sesuai dengan yang ada dipasaran, dengan demikian maka jarak poros turbin dan generator yang di pakai adalah:

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_1 - D_2)^2}}{8}$$

Dengan,

$$b = 2.L - \pi(D_1 - D_2)$$

$$b = 2.2165,5 - 3,14.(254 - 101,6)$$

$$b = 3852,464 \text{ mm}$$

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_1 - D_2)^2}}{8}$$

$$C = \frac{3852,464 + \sqrt{3852,464^2 - 8(254 - 101,6)^2}}{8}$$

$$C = \frac{7680,73}{8} = 960,09 \text{ mm}$$

$$C = 960,09 \text{ mm}$$

$$C = 96,009 \text{ cm}$$

### Daya Listrik (*Output*) PLTMh

Daya output PLTMh merupakan besaran beban yang mampu disuplai, untuk mendapatkan daya ini daya turbin dikalikan dengan efisiensi generator sesuai dengan yang ada di *name plate*.

$$P = 9,8 . \rho . Q . H . \eta_t . \eta_g$$

$$P = 9,8 . 1 . 10 . 0,75 . 0,92$$

$$P = 4,873 \text{ kW}$$

jadi, daya listrik PLTMh yang terbangkit dari hasil desain sebesar 4,873 kW

## Analisis Putaran Turbin dan Generator PLTMh Menggunakan Turbin *Crossflow*

Analisis sistem mikrohidro yang sudah dilakukan menggunakan turbin *crossflow* dengan daya 5 kW pada putaran 578,53 rpm dan generator jenis sinkron 1 phasa dengan putaran 1500 rpm dan transmisi daya mekanik dengan rasio *pulley* 2,592 kali. *Pulley* berfungsi untuk menaikkan putaran sehingga putaran generator sesuai dengan putaran daerah kerjanya. Agar didapatkan kecepatan putar sesuai dengan yang dibutuhkan, maka transmisi daya menggunakan 2 buah *pulley* dengan diameter masing-masing 26 cm dan 10 cm serta 1 buah *belt* yang panjangnya 216 cm. *Belt* berfungsi untuk menyalurkan daya dari poros turbin ke poros generator.

**Tabel 1. Parameter turbin dan generator PLTMh menggunakan turbin *crossflow***

Q	H	P <sub>t</sub>	N <sub>s</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>g</sub>	C	L	Perbandingan <i>pulley</i>		Output PLTMH
								dp <sub>t</sub> (cm)	dp <sub>g</sub> (cm)	
0,072	10	7,15	87	578,53	1500	96	216	26	10	4,873

## SIMPULAN

Berdasarkan uraian dan pembahasan serta analisa, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk menaikkan putaran sehingga putaran generator sesuai dengan putaran daerah kerjanya, maka dipilih transmisi daya menggunakan 2 buah *pulley* dengan diameter masing-masing 10 inchi dan 4 inchi
2. Daya listrik yang akan didistribusikan untuk pelanggan adalah 80% dari daya yang dihasilkan, yaitu sebesar 4 kW. Daya ini akan dibagi secara merata kesetiap rumah dimana setiap rumah akan mendapat daya listrik sebesar 0,2 kW.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arter, A., Widmer, R. 1992. *Village Electrification*. Volume 5. Harnessing Water Power on Small Scale.
- Chan, Takyin Taky. *Transient Analysis of Integrated Solar/Hybrid Power System Using MATLAB Simulink*. School of Electrical Engineering Victoria University. Australia
- Goyal, Himani., Hanmandlu, M., Kothari D.P. *An Artificial Intelligence Based Approach for Control of Small Hydro Power Plants*. Indian Institute of Technology. Hauz
- Heriyanto, Helmi. 2010. *Rancang Bangun Alat Kontrol dan Proteksi Terintegrasi Berbasis Zelio Logic Smart Relays untuk PLTMH*. Tesis UGM

- IMIDAP. 2008. *Pedoman Studi Kelayakan PLTMh*. Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen Eenergi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta
- IMIDAP. 2009. *Studi Kelayakan Mekanikal Elektrikal*. Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen Eenergi dan Sumber Daya Mineral. Jakarta
- Jaganathan, S., Palaniswami, S., Adithya, R., Kumar, Naresh. 2011. *Synchronous Generator Modelling and Analysis for A Microgrid in Autonomous and Grid Connected Mode*. International Journal of Computer Applications, Vol. 13 No. 5.
- Ogata, Katsuhiko. 1996. *Teknik Kontrol Automatik*. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Paisey, F.Y.S. 2010. *Kontrol Beban Elektronik (Menggunakan IC LM741) untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. Journal of Information, Science and Technology. Vol 2 No.1, Februari 2010
- Penche, C., Minas, I., *Layman's Handbook on How to Develop A Small Hydro Site*. 2nd ed. Directorate General for Energy, Commission of the European Communities by European Small Hydropower Association (ESHA).
- Saadat, Hadi. 2004. *Power System Analysis*. New York Company, International Edition, McGraw-Hill
- Tamrakar., S.L.B., Fernandes, B.G., Nilsen, R. 2007. *Voltage and Frequency Control of Parallel Operated Synchronous Generator and Induction Generator With STATCOM In Mycro Hydro Scheme*. Nepal Institution Engineering and Technology, Generator, Transmision, Distribution. pp 743-750. Khas, New Delhi,India