

PERANCANGAN TURBIN CROSS-FLOW PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICO HYDRO (PLTPH) DI DESA WIH TENANG UKEN BENER MERIAH

Amar Juni Yanda¹, Said Abubakar², Radhiah³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe
E-mail : amarjuniyanda10@gmail.com

Abstrak— Desa Wih Tenang Uken memiliki potensi dalam pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH) dengan tinggi jatuh air 5,13 meter dan debit air 0,021065 m³/s. Turbin Crossflow menjadi pilihan yang tepat sebagai penggerak mula untuk PLTPH di Desa Wih Tenang Uken karena memiliki kelebihan diantaranya, beroperasi pada debit kecil dengan tinggi jatuh air rendah serta pembuatan yang lebih mudah dengan biaya yang ekonomis. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perancangan turbin crossflow pada PLTPH, daya output turbin dan pengaruh putaran turbin tanpa beban dan berbeban generator. Metode penelitian yaitu studi kasus dalam perancangan turbin Crossflow, dimana hasil data perancangan diperoleh melalui pengukuran debit dan tinggi jatuh air. Hasil perancangan menunjukkan bahwa dengan debit air 0,021065 m³/s dan tinggi jatuh air 5,13 m, maka diperoleh hasil perancangan dengan diameter luar 12,15 cm dan diameter dalam 8,1 cm, lebar sudu runner 20 cm, jarak antar sudu 2 cm, jari-jari kelengkungan sudu 1,956 cm, jumlah sudu 18 buah dapat menghasilkan daya 848,08 watt dengan efisiensi turbin 80%. Putaran turbin tanpa beban berpengaruh terhadap kontrol valve. Pengontrolan valve akan berpengaruh terhadap tekanan air yang masuk ke turbin. putaran turbin dengan berbeban generator mengalami penurunan putaran. Pada kondisi ini putaran generator menjadi lebih tinggi

Kata Kunci : Turbin Crossflow, PLTPH

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan sumber energi listrik di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, PLN sebagai penyalur energi listrik utama tidak dapat memenuhi kebutuhan konsumsi listrik secara maksimal. Sumber energi listrik yang tersedia terbatas mengakibatkan tidak seluruh daerah di Indonesia mendapat penyaluran energi listrik yang memadai. Berbagai penelitian dilakukan untuk menemukan sumber energi listrik yaitu sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan konsumen di Indonesia.

Pembangkit Listrik Tenaga Pico hydro (PLTPH) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan potensi energi air dengan head sangat rendah dan debit air yang disesuaikan dengan aliran air. Pico Hydro menggunakan turbin sederhana, mudah dipasang, serta ramah bagi organisme air seperti ikan. Selain itu, Pico Hydro mudah dalam pengoperasian dan perawatan. Daya listrik maksimal yang dapat dibangkitkan oleh Pico Hydro adalah 1.000 watt.

Turbin air adalah alat yang merubah energi aliran menjadi energi mekanik poros. Pemilihan jenis turbin yang sesuai untuk suatu pembangkit tenaga pico hydro tergantung pada karakteristik aliran yaitu tinggi jatuh dan debit aliran yang tersedia serta kecepatan turbin. Pico hydro merupakan pembangkit listrik yang mudah diterapkan pada masyarakat karena pembuatannya mudah, peralatan yang digunakan sederhana dan tempat yang digunakan relatif lebih kecil. Hal ini merupakan salah satu keunggulan Pembangkit Listrik Tenaga pico hydro, yaitu tidak menimbulkan kerusakan lingkungan.

Turbin *cross flow* merupakan jenis turbin impuls yang juga dikenal juga dengan nama turbin *Michell - Banki*. Juga

terkenal dengan nama turbin *Osberger* yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin *cross flow*. Turbin *cross flow* dapat dioperasikan pada debit 20 liter/s hingga 10 m³/s dengan ketinggian jatuh air antara 1 m sampai 200 m. Turbin *cross flow* menggunakan nosel berbentuk persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner. Aliran air yang masuk ke turbin akan mengenai sudu putar sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis. Air yang membentur sudu memberikan energinya sehingga terjadi penurunan energi pada air. Runner turbin dibuat dari beberapa sudu yang dipasang pada sepasang piringan paralel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

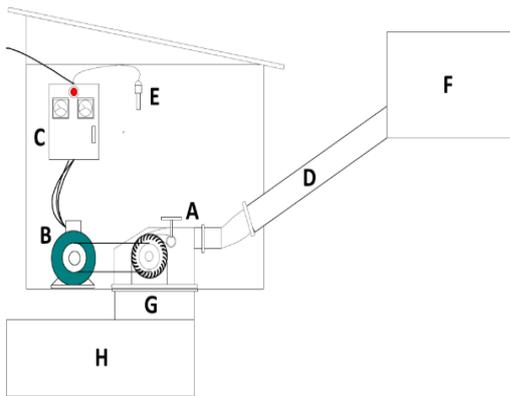
A. Pembangkit Listrik Tenaga Air Pico hydro

Pembangkit listrik tenaga air skala piko pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik.[1]

Pada saluran irigasi ini terdapat penyaringan sampah untuk menyaring kotoran yang mengambang diatas air. Kolam pengendap untuk mengendapkan kotoran. Saluran pembuangan untuk membuang kelebihan air yang mengalir melalui saluran akibat banjir melalui pintu saluran pembuangan. Akhir dari saluran ini adalah sebuah kolam penenang (forebay tank) yang berfungsi untuk mengendapkan dan menyaring kembali air agar kotoran

tidak masuk dan merusak turbin, Selain itu kolam penenang ini berfungsi juga untuk menenangkan aliran air yang akan masuk ke dalam pipa pesat. Pipa pesat (penstock) ini akan mengalirkan air ke rumah pembangkit (power house) yang terdapat turbin dan generator di dalamnya. Besar volume air yang masuk ke pipa pesat diatur melalui pintu pengatur. [4]

Turbin pada proses pembangkitan listrik ini berputar karena adanya pengaruh energi potensial air yang mengalir dari pipa pesat dan mengenai sudu-sudu turbin. Berputarnya turbin kemudian akan mengakibatkan generator juga berputar sehingga generator dapat menghasilkan listrik sebagai keluarannya.



Gambar. 1 A. Turbin B. Generator C. Panel pembangi arus listrik D. Pipa pesat (penstock) E. Lampu pondok F. Bak penenang G. Dudukan Turbin H. Saluran air buangan.

Besarnya daya listrik sebelum masuk ke turbin secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_{in\ turbin} = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \quad (1)$$

Sedangkan besar daya output turbin adalah sebagai berikut :

$$P_{out\ turbin} = \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{turbin} \quad (2)$$

Sehingga secara matematis daya real yang dihasilkan dari pembangkit adalah :

$$P_{real} = \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{turbin} \times \eta_{generator} \times \eta_{tm} \quad (3)$$

Dimana :

- $P_{in\ turbin}$ = daya masukan ke turbin (kW)
- $P_{out\ turbin}$ = daya keluaran dari turbin (kW).
- P_{real} = daya sebenarnya yang dihasilkan (kW).
- ρ = massa jenis air (1000 kg . m3/s).
- Q = debit air (m3/s).

B. Tinggi Jatuh Air (Head) Efektif

Tinggi jatuh air (*head*) efektif adalah tinggi jatuh air yang berguna untuk memutar turbin air dan menghasilkan energi mekanik rotasi. Tinggi jatuh efektif ini diperoleh dari tinggi kotor jatuh air (*head bruto*/ H_{bruto}) dikurangi jumlah total rugi-tugi tinggi jatuh air (*head loss*). Untuk mendapatkan hasil yang optimal, maka sistem pembangkit harus didesain sedemikian hingga sehingga tekanan maksimal 10% dari *head bruto*. [2]

$$H_{eff} = \text{tinggi jatuh air (head) efektif (m)} \quad (4)$$

$$H_{eff} = H_{Bruto} - H_{losses}$$

$$H_{losses} = \text{kehilangan tinggi jatuh air} \\ = 10 \% \times H_{bruto} \quad (5)$$

C. Debit Air

Terdapat banyak metode pengukuran debit air. Sistem konversi energi air skala besar memerlukan pengukuran debit air yang dapat berlangsung bertahun-tahun. Sedangkan untuk sistem konversi energi air skala kecil waktu pengukuran dapat lebih pendek. Mengukur luas permukaan sungai, dan kecepatan aliran air sungai dapat dilakukan seperti langkah – langkah pengukuran berikut : [5]

1. Pengukuran kedalaman sungai dilakukan di beberapa titik berbeda ($T_1 - T_n$)
2. Lebar sungai
3. Hitung kedalaman rata-rata, menggunakan rumus :

$$T_{rata-rata} = \frac{\sum T}{n} \quad (6)$$

Dimana :

$\sum T$ = kedalaman penampang (m)

n = jumlah banyak kedalaman yang diukur

$T_{rata-rata}$ = rata-rata kedalaman penampang (m)

4. Luas penampang diperoleh dengan mengalikan kedalaman rata-rata dengan lebar sungai, yaitu :

$$A = T_{rata-rata} \times l \quad (7)$$

Dimana :

A = luas penampang (m²)

$T_{rata-rata}$ = rata-rata kedalaman penampang (m)

l = lebar penampang (m)

5. Mengukur kecepatan aliran air (v), langkah – langkah pengukurannya: carilah bagian aliran air yang lurus dan tidak mempunyai arus putar yang menghambat jalannya pelampung. Ikatlah sebuah pelampung kemudian dihanyutkan dari titik $t_0 - t_1$ seperti terlihat pada gambar. Hal ini dilakukan beberapa kali berturut – turut kemudian catat waktu tempuh pelampung tersebut ($t_0 - t_1$) dengan menggunakan *stopwatch*.

6. Hitunglah waktu tempuh rata-rata dari pelampung tersebut, yaitu :

$$t_{\text{rata-rata}} = \frac{\sum t}{n} \quad (8)$$

Dimana :

t = waktu tempuh pelampung (detik/sekon)

n = jumlah waktu yang terukur

$t_{\text{rata-rata}}$ = rata-rata waktu tempuh pelampung (detik)

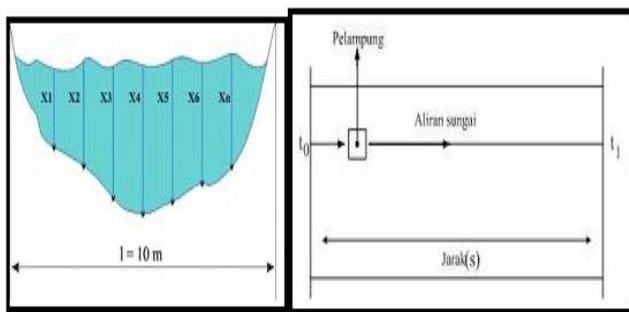
Kecepatan aliran air sungai (v) diperoleh dengan membagi jarak sungai (s) dengan waktu tempuh rata-rata dari pelampung tersebut, yaitu :

$$v = \frac{s}{t_{\text{rata-rata}}} \quad (9)$$

Dimana :

s = jarak aliran air (m)

v = kecepatan aliran air (m/s) [6]



Gambar 2 Pengukuran Luas Penampang Dan Kecepatan Aliran Air

Setelah luas dan kecepatan aliran sungai diketahui, maka besar debit pada aliran air tersebut dapat dianalisis :

$$Q = A \times v \quad (10)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (m^3/s)

A = luas penampang (m^2)

v = kecepatan aliran air (m/s)

D. Turbin Air

Turbin adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin sederhana memiliki satu bagian yang bergerak. Fluida yang bergerak menjadikan baling-baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor. Turbin air merupakan alat yang digunakan untuk merubah energi potensial pada air untuk menjadi energi mekanik, dimana energi mekanik yang dihasilkan akan diteruskan oleh poros untuk menggerakkan generator atau dinamo dan pergerakan generator ini akan menghasilkan energi listrik. [7]

Aplikasi penggunaan turbin berdasarkan tinggi head dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini yang menjelaskan jenis turbin berdasarkan perbedaan ketinggian :

Tabel 1 Pemilihan Turbin Turbin Berdasarkan Head [10]

Tipe Turbin	Head Range (m)
Kaplan & Propeller	$2 < H < 400$
Francis	$3 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1.300$
Crossflow	$5 < H < 200$
Turgo	$50 < H < 250$

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Pada Tabel 2 berikut menunjukkan pengelompokan turbin.

Tabel 2 Pengelompokan Turbin

Jenis Turbin	High Head	Medium Head	Low Head
Turbin Impuls	Pelton, Turgo	Crossflow, Multi-jet, Pelton, Turgo	Crossflow
Turbin Reaksi		Francis	Kaplan Propeller

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

- Faktor tinggi jatuhnya air efektif (*Net 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.
- Faktor daya (*power*) yang diinginkan berkaitan dengan *head* dan debit yang tersedia.
- Kecepatan (putaran) turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh untuk sistem transmisi *direct couple* antara generator dengan turbin pada *head* rendah, sebuah turbin reaksi (*propeller*) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin *pelton* dan *crossflow* berputar sangat lambat (*low speed*) yang akan menyebabkan sistem tidak beroperasi. [6]

Ketiga faktor di atas seringkali diekspresikan sebagai "kecepatan spesifik (N_q)", yang didefinisikan dengan formula :

$$N_q = \frac{n\sqrt{Q}}{H_{eff}^{0,75}} \tag{11}$$

Dimana :

- N_q = kecepatan spesifik turbin (rpm)
- n = kecepatan putaran turbin (rpm)
- H_{eff} = tinggi jatuh efektif (m)
- Q = Debit air (m^3/s) [2]

E. Perencanaan Runner Turbin *Cross-flow*

Perencanaan atau perhitungan parameter turbin crossflow menggunakan persamaan-persamaan mockmore [8] yaitu sebagai berikut :

1. Diameter luar (D) dan lebar sudu (L) runner turbin

$$LD = \frac{2,62 Q}{\sqrt{H}}$$

2. Diameter dalam runner turbin (D_1)

$$D_1 = \frac{2}{3} D$$

3. Jarak antar sudu (K)

$$K = 0,174 D$$

4. Jari jari kelengkungan sudu (ρ)

$$\rho = 0,3261 \times r_1$$

5. Jumlah sudu (N)

$$N = \frac{\pi \cdot D}{K}$$

F. Generator

Generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik putaran poros menjadi energi energi listrik. Konversi Energi tersebut berlangsung melalui medium medan magnet. Untuk instalasi PLTMH dapat digunakan generator sinkron dan generator induksi.

Umumnya tegangan yang keluar dari PLTMH adalah arus bolak-balik (AC, alternating current) dapat juga searah (DC, direct current). Tegangan AC dapat diubah menjadi tegangan tinggi secara mudah dan murah dengan menggunakan transformator, sehingga energi listrik dapat dijangkau penghantaran pada jarak yang cukup jauh dari rumah pembangkit (power house) sehingga lebih ekonomis dan kerugian jaringan penghantarnya dapat diminimalkan. Keuntungan lain dari penggunaan arus AC ialah konstruksi generator AC yang lebih sederhana Arus AC menuntut frekuensi sistem tetap konstan terutama jika menggunakan motor induksi sebagai generator Untuk itu diperlukan

pengaturan kecepatan putar generator di samping pengatur tegangan (voltage regulator). [3]

G. Daya Listrik Yang Dapat Dihasilkan

Daya turbin air ditentukan oleh besarnya debit air, massa jenis air, gravitasi dan tinggi jatuh air (head) sehingga dapat ditulis dengan persamaan Daya input turbin;

$$P_{in} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \tag{12}$$

Dan daya output turbin;

$$P_{out} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \tag{13}$$

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

$$(12)$$

$$P_g = 9,8 \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr} \tag{14}$$

Dimana :

- P_{in} = Daya input turbin (kW)
- P_{out} = Daya output turbin (kW)
- ρ = masa jenis air (1000 kg/m^3)
- g = gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)
- H = head (m)
- Q = debit (m^3/s)
- η_t = efisiensi turbin (%)
- η_g = efisiensi generator (%)
- η_{tr} = efisiensi transmisi Mekanik (%) [9]

$$(16)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

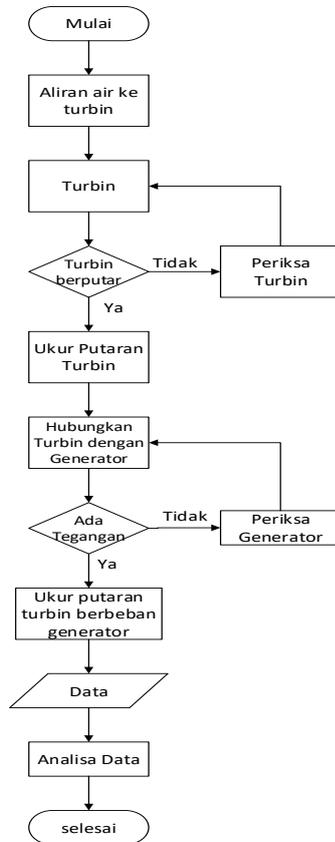
Penelitian ini dilakukan Desa Wih Tenang Uken, Kecamatan Permata, Kabupaten Bener Meriah. Dengan waktu penelitian selama 4 bulan terhitung dari tanggal 3 Maret sampai 15 Juni 2020.

Teknik Pengumpulan data berupa studi literatur dan teknik pengambilan data lapangan yaitu Pengukuran luas penampang saluran air, Kecepatan aliran air, Pengukuran tinggi jatuh air dengan aplikasi altimeter, Pengukuran jarak kolam tando ke rumah pembangkit.

Metode ini digunakan untuk melakukan analisis pada data lapangan guna mendapatkan data yang valid berupa :Debit aliran air, Volume kolam tando, tinggi jatuh efektif air, panjang pipa *penstock* yang diperlukan. Data data tersebut digunakan untuk diperhitungkan dalam perencanaan pembangkit sehingga dapat mengetahui dan menganalisis dalam pemilihan jenis turbin yang sesuai

dengan *head* dan debit yang telah diperhitungkan dan pemilihan generator yang digunakan.

Metode analisa yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan berdasarkan gambar *flow chart* dibawah ini :



Gambar. 3 Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Parameter Perancangan Turbin Crossflow

1. Perhitungan Diameter luar (D) dan lebar sudu (L) *runner* turbin

$$\begin{aligned}
 LD &= \frac{2,62 Q}{\sqrt{H}} = \frac{2,62 \times 0,021065 \text{ m}^3/\text{s}}{\sqrt{5,13 \text{ cm}}} \\
 &= 0,0243 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0243 \times 10.000 \text{ cm}^2 \\
 &= 243 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Tabel 3 Perbandingan Lebar Dan Tinggi

LD = 243 (cm ²)	
L (cm)	D (cm ²)
10	24,3
20	12,15
30	8,1
40	6,075
50	4,86

Dalam perancangan ini penulis menggunakan sudu turbin dengan lebar 20 cm dan diameter luar 12,15 cm.

2. Perhitungan diameter dalam *runner* turbin (D₁)

$$\begin{aligned}
 D_1 &= \frac{2}{3} \times D \\
 &= \frac{2 \times 12,15 \text{ cm}}{3} = 8,1 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan jarak antar sudu (K) menggunakan

$$\begin{aligned}
 K &= 0,174 \times D \\
 &= 0,174 \times 12,15 \text{ cm} \\
 &= 2,114 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4. Perhitungan Jari-jari kelengkungan sudu (ρ)

$$\begin{aligned}
 \rho &= 0,3261 \times r_1 \\
 &= 0,3261 \times 6,075 \text{ cm} \\
 &= 1,956 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

5. Perhitungan Jumlah sudu (N) menggunakan persamaan

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{\pi \cdot D}{K} \\
 &= \frac{3,14 \times 12,15 \text{ cm}}{2,114 \text{ cm}} = 18,04 \text{ Buah} \approx 18 \text{ Buah sudu}
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan Daya Turbin Crossflow

1. Perhitungan daya input turbin

$$\begin{aligned}
 P_{\text{in turbin}} &= \rho \cdot Q \cdot h \cdot g \\
 &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,021065 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,13 \text{ m} \\
 &= 1060,102 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan daya Output turbin

$$\begin{aligned}
 P_{\text{out turbin}} &= \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{\text{turbin}} \\
 &= 1060,102 \text{ watt} \times 0,8 = 848,08 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

C. Spesifikasi Turbin Cross-Flow

Turbin cross-flow yang telah di rancang, untuk spesifikasinya dapat dilihat tabel 4 di bawah ini :

Tabel 4 Spesifikasi Turbin

SPESIFIKASI TURBIN	
Tipe Turbin	<i>Cross-flow</i>
Berat Turbin	10 kg
Daya Turbin	1060,102 watt
RUNNER	
Diameter Luar Runner	12,15 cm
Lebar Sudu Runner	20 cm
Diameter Dalam Runner	8 cm
Jarak Antara Sudu	2 cm
Jari-jari Kelengkungan Sudu	1,956 cm
Jumlah Sudu	18 Buah
Berat Runner	2 kg
BEARING	
Type Guide Bearing	UC204-12 (3/4") mm
Grease	Chassis Grease (L)

D. Sistem Transmisi Mekanik

Pada perencanaan ini, untuk mentransmisikan daya dari poros turbin ke poros generator digunakan sistem transmisi dengan sabuk (*belt*). Sabuk yang digunakan berjenis *V-belt*.

1. Perhitungan Rasio Kecepatan (r_{nc})

Rasio kecepatan adalah perbandingan antara putaran generator yang akan digunakan pada PLTPH dengan putaran turbin *crossflow*. Rasio kecepatan dapat dihitung:

$$r_{nc} = \frac{n_g}{n_t} = \frac{1500 \text{ rpm}}{900 \text{ rpm}} = 1,66$$

* Data Putaran turbin diambil setelah dilakukan pengujian sebelumnya, pengujian dilakukan tanpa beban generator.

2. Perhitungan Diameter Pulley

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 yang digunakan memiliki diameter 3 inci dengan as poros 24 mm, sehingga diameter *pulley* turbin yang digunakan dapat dihitung:

$$dp_t = dp_g \cdot r_{nc} = 3 \times 1,66 = 4,98 \text{ inci} \approx 5 \text{ inci}$$

3. Perhitungan Belt Transmisi

Pada perencanaan PLTPH ini, cara transmisi putaran atau daya dapat di terapkan dengan memasang sebuah sabuk yang dihubungkan pada *pulley* turbin dengan *pulley* generator. Panjang sabuk yang adalah:

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(dp_t + dp_g) + \frac{1}{4.C}(dp_g - dp_t) = 2 \times 33,46 \text{ inci} + \frac{\pi}{2}(5 + 3) + \frac{1}{4 \times 33,46 \text{ inci}}(3 - 5) = 62,75 \text{ inci} \approx 63 \text{ inci}$$

E. Pengujian Turbin Cross-flow

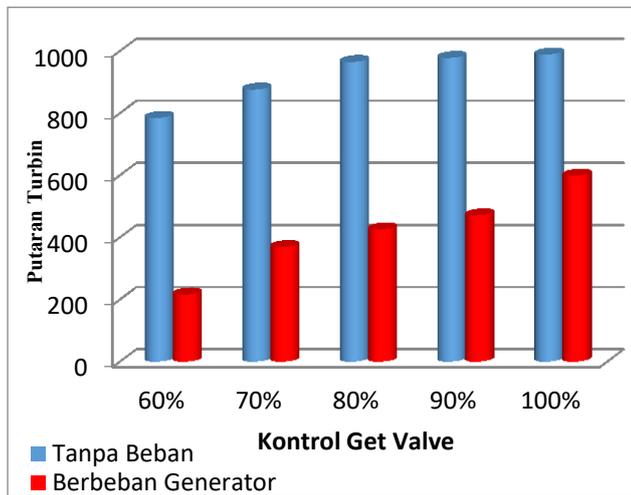
Pengujian turbin *cross-flow* dilakukan di Desa Wih Tenang Uken, pengujian yang dilakukan yaitu putaran turbin tanpa beban dan berbeban generator data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini :

Tabel 5 Data Hasil Pengujian

kontrol Get Valve	Putaran Turbin		Putaran Generator
	Tanpa Beban	Berbeban Generator	
60%	785	216	412
70%	876	369	826
80%	965	426	965
90%	978	471	1141
100%	989	599	1163

Berdasarkan data hasil pengujian turbin crossflow tanpa beban dan berbeban generator, maka dapat dianalisa bahwa pada kontrol *get valve* 100%, putaran turbin tanpa beban berada putaran 989 RPM. Sedangkan pada saat turbin dibebani dengan generator, putaran turbin mengalami penurunan pada putaran 599 RPM. Pada kontrol *get valve* 90%, putaran turbin tanpa beban yaitu 978 RPM sedangkan ketika dibebani generator maka turbin mengalami penurunan putaran pada 471 RPM.

Hal ini juga berlaku pada kontrol *get valve* dari 80% hingga 60% dimana putaran turbin pada saat tanpa beban memiliki putaran yang tinggi dengan dibandingkan dengan putaran turbin ketika dibebani generator. Untuk lebih jelas mengenai putaran turbin tanpa beban dengan dibebani generator dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar. 4 Grafik Putaran Turbin Tanpa Beban Dengan Berbeban Akibat Pengaruh Kontrol Get Valve

Dari grafik pada gambar 4 terlihat bahwa pada saat turbin tanpa dibebani, putaran turbin mengalami peningkatan putaran akibat pengontrolan dari get valve. Pengontrolan get valve ini akan berpengaruh terhadap tekanan air yang masuk ke turbin. tekanan air yang masuk ke turbin dengan kontrol get valve yang tinggi akan berpengaruh terhadap putaran turbin itu sendiri.

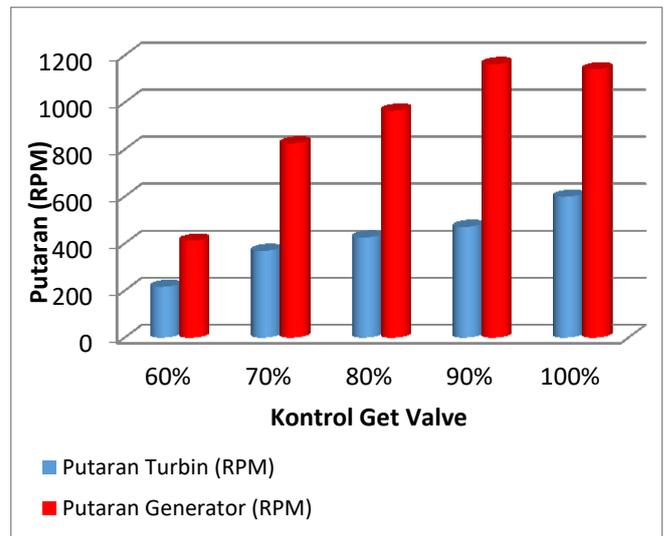
Jika kontrol *get valve* diabaikan, putaran turbin tanpa beban memiliki putaran yang tinggi dibandingkan dengan turbin berbeban generator. Dari analisis diatas Maka dapat disimpulkan bahwa putaran turbin sangat berpengaruh terhadap tekanan air yang masuk ke turbin. Semakin tinggi tekanan air yang masuk, maka putaran turbin akan semakin tinggi. Dan sebaliknya, jika tekanan air yang masuk ke turbin rendah maka putaran turbin akan rendah pula. Putaran turbin tanpa beban akan lebih tinggi dibandingkan dengan turbin pada saat dibebani generator.

F. Analisa Pengaruh Putaran Turbin Terhadap Putaran Generator

Berikut ini data pengujian dimana Turbin telah dihubungkan dengan generator menggunakan sistem tranmisi mekanik. Data pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Putaran Turbin Terhadap Putaran Generator

Kontrol Get Valve	Putaran Turbin (RPM)	Putaran Generator (RPM)
60%	216	412
70%	369	826
80%	426	965
90%	471	1163
100%	599	1141



Gambar. 5 Grafik Pengaruh Putaran Turbin Terhadap Putaran Generator

Dari grafik pada gambar 5 terlihat bahwa pada saat turbin dibebani dengan generator, putaran turbin mengalami penurunan putaran. Pada kondisi ini putaran generator menjadi lebih tinggi. Putaran generator naik dikarenakan pengaruh dipasangnya tranmisi mekanik sabuk *V-belt*.

V. KESIMPULAN

1. Turbin *crossflow* hasil rancangan memiliki parameter yaitu diameter luar 12,15 cm dan diameter dalam 8,1 cm, lebar sudu runner 20 cm, jarak antar sudu 2 cm, jari-jari kelengkungan sudu 1,956 cm, jumlah sudu 18 buah.
2. Daya output turbin *crossflow* yang dapat dihasilkan yaitu sebesar 848,08 watt dengan efisiensi turbin 80%.
3. Putaran turbin tanpa beban berpengaruh terhadap kontrol get valve. Pengontrolan get valve akan berpengaruh terhadap tekanan air yang masuk ke turbin. tekanan air yang masuk ke turbin dengan kontrol get valve yang tinggi akan berpengaruh terhadap putaran turbin itu sendiri.
4. Putaran turbin dengan berbeban generator mengalami penurunan putaran. Pada kondisi ini putaran generator menjadi lebih tinggi. Putaran generator naik dikarenakan pengaruh dipasangnya tranmisi mekanik sabuk *V-belt*.

REFERENSI

- [1] Alkadri, S. I. (2018). Perancangan Turbin Air Cross Flow Dengan Efisiensi Maksimum Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Desa Bungan Jaya Kecamatan Putusibau Selatan Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat. *Politeknosains*, Vol. XVII, No 2, 44
- [2] Bawono, A. N., & Noor, D. Z. (2016). Perancangan Turbin Francis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). 2.
- [3] Bono, & Suwanti. (2019). Variasi Jumlah Sudu Dan Modifikasi Bentuk Nosel Pada Turbin Turgo Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. *Jurnal Teknik Energi* Vol 15 No. 2, 82.
- [4] Dietzel, F., & Sriyono, I. (1980). Turbin, Pompa Dan Kompresor. Wurszburg: PT. Gelora Aksara Pratama.
- [5] Fatani. (2015). Rancang Bangun Turbin Cross-Flow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Skala Laboratorium. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [6] IMIDAP. (2008). Pedoman Teknis Standardisasi Peralatan Dan Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Jakarta: Departemen Energi Dan Sumber Daya Mineral.
- [7] Irawan, D. (2014). Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. *Turbo* Issn 2301-6663 Vol. 3 NO. 1, 2-3.
- [8] Mafrudin, & Irawan, D. (2013). Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow. *Turbo* Issn 2301-6663 Vol. 3 NO. 2, 10.
- [9] Nurhuda, A., Hasanuddin, & Arwizet. (2016). Perancangan Turbin Crossflow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Bukit Biobio. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 11.
- [10] Rewu, O. (2015). Proyek PLTA Risalah Studi Kelayakan Investasi. Makassar: Teknosain.