

# Utilization of River Flow as a Power Generator for Mikrohidro Power in Ceger Area Cipayung

Rizki Putra Simatupang, Estu Prayogi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila

\*Corresponding author: rizkifumii099@gmail.com

**Abstract.** The choice of the type of water turbine in the PLTMH is adjusted to the flow of water, and the height of the water fall (head). Water turbine is an energy conversion machine that functions to change / convert the potential energy (head) owned by water into the form of mechanical energy on the turbine shaft. Technically, micro hydro has three main components, namely water as an energy source, turbines and generators. Water that flows with a certain capacity becomes a source of energy used to drive turbines. The research method focused on calculating the shape, dimensions, blade rotation speed and the maximum power that can be generated by micro-hydro power plants in the work environment. Before carrying out calculations, a survey was conducted to determine the characteristics of the channel to be used as a potential source of energy for micro-hydro power plants. After the channel characteristics are analyzed, it can be seen how the shape and dimensions will be used in the design of the micro hydro power plant. After being drawn in 3D, a prototype of the micro-hydro power plant will be made, then an experiment will be tested to determine the output that can be produced by the prototype. The experimental results show that with a cross-sectional width of 11.5 m, flow velocity 0.9 m / s, turbine outer diameter 0.37 m, and turbine width 0.44 m, the number of blades 18 and 9 "pulley diameter can produce 0.8918 Watt . If you want to increase the rotation of the gerator, you can use a larger pulley.

**Abstrak.** Pemilihan jenis turbin air dalam PLTMH disesuaikan dengan debit air, dan ketinggian jatuh air (head). Turbin air adalah mesin konversi energi yang berfungsi untuk merubah/mengkonversi energi potensial (head) yang dimiliki oleh air ke bentuk energi mekanik pada poros turbin. Secara teknis, mikrohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu menjadi sumber energi yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Metode penelitian yang dilakukan terfokus pada perhitungan bentuk, dimensi, kecepatan rotasi sudu dan daya maksimal yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik mikrohidro pada lingkungan kerja. Sebelum melakukan perhitungan, dilakukan survei untuk mengetahui karakteristik saluran yang akan dimanfaatkan sebagai sumber potensi energi pembangkit listrik mikrohidro. Setelah karakteristik saluran dianalisis, dapat diketahui bagaimana bentuk dan dimensi yang akan digunakan pada rancangan pembangkit listrik mikrohidro tersebut. Setelah digambar dalam bentuk 3D, akan dibuat bentuk *prototype* dari pembangkit listrik mikrohidro yang sudah dirancang. Kemudian akan diuji eksperimen untuk mengetahui *output* yang dapat dihasilkan oleh *prototype* tersebut. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa dengan lebar penampang 11,5 m, kecepatan aliran 0,9 m/s, diameter luar turbin 0,37 m, dan lebar turbin 0,44 m jumlah sudu 18 dan diameter *pulley* 9" dapat menghasilkan 0,8918 Watt. Apabila ingin meningkatkan putaran pada gerator maka dapat menggunakan *pulley* yang lebih besar.

**Kata kunci:** energy conversion, perancangan, manufaktur, *materials processing*, pendidikan teknik mesin.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Kebutuhan energi bagi kehidupan manusia adalah sangat penting karena segala aktivitas yang dilakukan membutuhkan energi. Kemajuan suatu negara dan perkembangan masyarakatnya berbanding lurus dengan jumlah pemakaian energi, semakin maju suatu negara maka akan semakin banyak energi yang dibutuhkan dan juga semakin maju masyarakatnya semakin banyak pula energi yang digunakan. Seiring dengan kebutuhan zaman, manusia banyak membutuhkan energi untuk berbagai keperluan seperti keperluan rumah tangga

transportasi ataupun keperluan industri. Berdasarkan data yang diperoleh konsumsi energi dalam negeri diserap oleh sektor industri sekitar 41,49%, transportasi 32,52%, rumah tangga 16,26%, komersial 4,49%, dan sektor lainnya sebesar 2,45% [1]. Karakteristik sungai yang ada di Indonesia sangatlah beragam salah satunya dapat dilihat dari ketinggian debit aliran. Ada sungai dengan debit yang besar, namun *head*-nya rendah sehingga banyak potensi sungai dengan karakter berbeda yang belum dimanfaatkan untuk

pembangkit listrik. Dibutuhkan penelitian dengan berkelanjutan mengenai turbin arus sungai dengan *head* yang rendah[2].

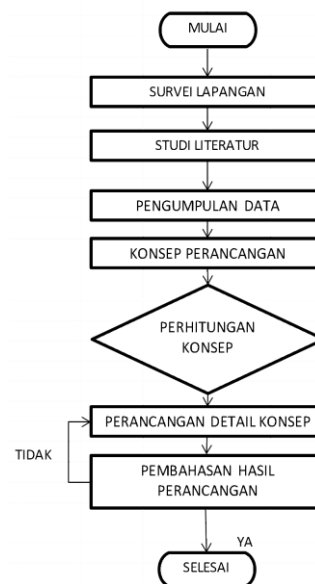
Pemilihan jenis turbin air dalam PLTMH didasarkan dengan debit air maupun ketinggian jatuh air (*head*). Turbin air merupakan mesin konversi energi yang memiliki kemampuan untuk merubah/mengkonversi energi potensial (*head*) yang dimiliki oleh air ke bentuk energi mekanik pada poros turbin. Secara garis besar, pembangkit listrik mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air sumber energi, turbin dan generator. Air yang mengalir dan menggerakkan roda turbin menjadi sumber energi yang digunakan untuk menggerakkan turbin[3]. Berdasarkan bahasan yang ada diatas tujuan dari penelitian ini adalah merancang suatu alat pembangkit listrik yang memanfaatkan aliran sungai di daerah Ceger Kecamatan Cipayung Jakarta Timur menjadi sumber energi. Pemilihan daerah tersebut dikarenakan penulis melihat potensi aliran sungai tersebut untuk dimanfaatkan untuk pembangkit listrik mikrohidro.

Penelitian ini terfokuskan pada perhitungan bentuk, dimensi, kecepatan rotasi sudu dan daya maksimal yang dihasilkan turbin karena turbin merupakan komponen utama yang sangat penting yang bersangkutan dengan listrik yang akan dihasilkan oleh generator karena turbin tersebut sebagai sumber putaran suatu generator. Sehingga perlu dilakukan penelitian mendalam untuk merancang turbin agar sesuai dengan karakteristik pembangkit listrik mikrohidro yang akan dibuat[4].

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang turbin air tipe *crossflow* yang nantinya akan diaplikasikan sebagai pembangkit listrik mikrohidro. Spesifikasi turbin sangat berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan turbin. Dengan diameter dan lebar *runner* yang sesuai dengan debit dan ketinggian air maka akan didapatkan efisiensi turbin yang maksimal.

## Metode Penelitian

**Deskripsi Kerja.** Penelitian yang dilakukan pada tugas akhir ini terfokuskan pada menghitung bagaimana bentuk, dimensi, kecepatan rotasi sudu dan daya maksimal yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik mikrohidro pada lingkungan kerja. Sebelum melakukan perhitungan dilakukan survei dilakukan untuk mengetahui karakteristik saluran yang akan dimanfaatkan sebagai sumber energi penggerak pembangkit listrik mikrohidro. Setelah didapat karakteristik saluran dapat diketahui bagaimana bentuk dan dimensi yang akan digunakan pada rancangan pembangkit listrik mikrohidro tersebut.



**Gambar 1.** Diagram Alir Metodologi Perancangan

**Survei Lapangan.** Survei lapangan dilakukan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan pada pembuatan bentuk serta dimensi yang diperlukan pada pembangkit listrik mikrohidro. Kegiatan yang dilakukan pada survei lapangan tersebut ialah menghitung luas penampang, mengukur kecepatan aliran air serta mengukur ketinggian *head* yang ada pada lingkungan kerja pembangkit listrik mikrohidro tersebut. Adapun langkah yang dilakukan dalam survei lapangan adalah:

### 1. Pengukuran Luas Penampang

Dari hasil pengukuran lebar penampang saluran air didapat ukuran lebar penampang 115 cm atau 1150 mm.



**Gambar 2.** Pengukuran Lebar Penampang

### 2. Pengukuran Tinggi Jatuh Air

Pengukuran tinggi jatuh air dengan menggunakan alat meteran.

### 3. Pengukuran Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan metode menjatuhkan *foam* dari titik A ke titik B dengan jarak antara titik A ke titik B 2 meter dan dilakukan pengukuran waktu dengan *stopwatch*.



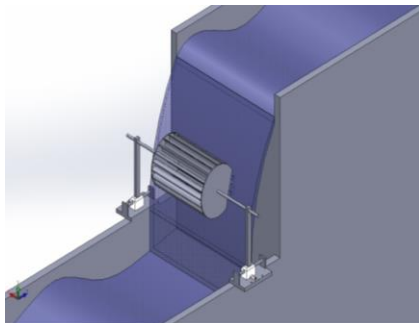
Gambar 3. Pengukuran kecepatan aliran air

Survei lapangan yang telah dilakukan pada daerah Ceger Kecamatan Cipayung Jakarta Timur mencakup beberapa parameter yang dibutuhkan untuk menunjang proses pembuatan turbin *crossflow*. Hasil dari studi lapangan atau pengukuran karakteristik saluran yang berada di daerah Ceger Cipayung Jakarta Timur dapat dilihat pada tabel 1.

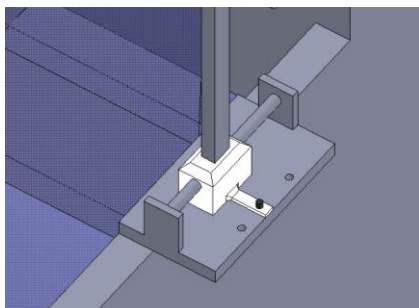
Tabel 1. Hasil pengukuran survei lapangan

NO	Head	Kecepatan	Luas Penampang
1	0,08 m	1 m/s	0,115 m

**Perancangan Konsep.** Perancangan konsep ini hasil dari pengamatan desain dasar awal (tanpa ukuran) menjadi dasar untuk melanjut ke fase berikutnya yaitu fase Perancangan detail konsep perancangan produk, tujuannya adalah agar penelitian lebih terarah dan mengetahui parameter-parameter apa saja yang dibutuhkan untuk mengetahui proses selanjutnya. Pada gambar dibawah menunjukkan desain dasar yang dilakukan setelah dilakukan pengamatan.



Gambar 4. Desain Dasar Turbin Crossflow



Gambar 5. Sistem Pengarah Jarak Turbin Crossflow

**Perhitungan Perancangan.** Perhitungan perancangan dalam penelitian ini mengacu pada hasil perhitungan pada penelitian sebelumnya mengenai head, debit dan kecepatan aliran air berdasarkan potensi arus sungai di daerah ceger cipayung yang akan memutarakan turbin crossflow.

Dengan :

- Head/tinggi jatuh air : 0,8 meter
- Kecepatan : 0,9 m/s
- Lebar penampang : 11,5 meter
- Tinggi permukaan : 0,03 meter

1. Perhitungan Potensi Debit

Nilai debit yang akan dijadikan dasar perhitungan dalam menentukan dimensi turbin *crossflow*, dihitung dengan persamaan berikut :

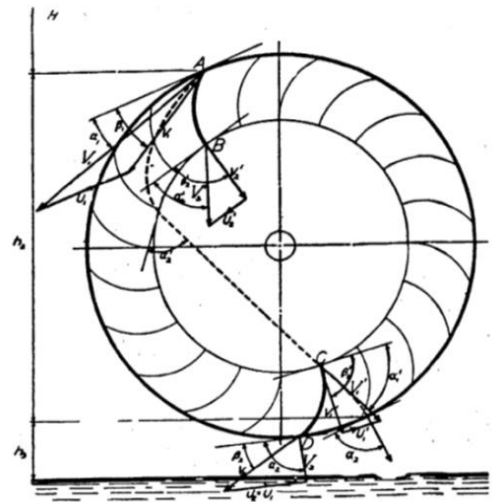
$$Q = A \times V$$

$$Q = (1,15 \text{ m} \times 0,03 \text{ m}) \times 0,8 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,027 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Perhitungan Segitiga Kecepatan

Nilai debit, tinggi jatuh air dan kecepatan aliran air yang sudah didapatkan, akan dijadikan dasar dalam menghitung segitiga kecepatan turbin *crossflow* yang mengacu pada gambar 6. Hasil perhitungan segitiga kecepatan dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 6. Skema Segitiga Kecepatan[5]

Kecepatan Absolut di Bidang A ( $v_1$ )

$$V_1 = \sqrt{2 \times 9,8 \times 80,8}$$

$$V_1 = 3,95 \text{ m/s}$$

Kecepatan Tangensial di Bidang A ( $U_1$ )

$$U_1 = \frac{3,95}{2}$$

$$U_1 = 1,97 \text{ m/s}$$

Sudut absolut antara  $v_1$  dan  $u_1$

$$\text{Berkisar } 14^\circ - 20^\circ = 17^\circ$$

Kecepatan putaran penggerak pada titik jatuh air pada bidang A ( $C_{u1}$ )

$$C_{u1} = 3,95 \times \cos 17^\circ$$

$$C_{u1} = 3,95 \times 0,95$$

$$C_{u1} = 1,14 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran di bidang A ( $C_{m1}$ )

$$C_{m1} = (V \times \sin 17^\circ)$$

$$C_{m1} = (3,95 \times 0,29)$$

$$C_{m1} = 1,14 \text{ m/s}$$

### 3. Perhitungan Dimensi Turbin *Crossflow*

Nilai-nilai segitiga kecepatan yang sudah didapatkan, akan dijadikan acuan dalam menghitung ukuran dimensi dalam proses perancangan turbin *crossflow*. Hasil perhitungan ukuran dimensi dapat dilihat dibawah ini.

Diameter luar turbin ( $D_1$ )

$$D_1 = \frac{(60 \times 3,97)}{(3,14 \times 200)}$$

$$D_1 = \frac{238,2}{628}$$

$$D_1 = 0,37 \text{ meter}$$

Diameter dalam turbin ( $D_2$ )

$$D_2 = (X \times D_1)$$

Dimana =

$$X = \sqrt{\frac{(1-2d \times \cos \beta^1)}{D_1}}$$

$$X = \sqrt{\frac{(1-2 \times 0,1547 \times 0,866)}{0,37}}$$

$$X = \sqrt{\frac{(1 - 0,19)}{0,37}}$$

$$X = \sqrt{1 - 0,51}$$

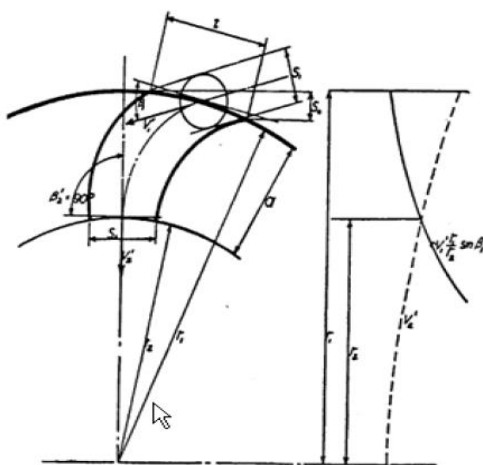
$$X = \sqrt{0,49}$$

$$X = 0,7 \text{ meter}$$

$$D_2 = (0,37 \times 0,7)$$

$$D_2 = 0,259 \text{ meter} / 26 \text{ cm}$$

Jarak sudu ( $t$ )



Gambar 7. Skema Jarak Antar Sudu[6]

$$s_1 = (k \times D_1)$$

$$s_1 = (0,087 \times 0,37)$$

$$s_1 = 0,032$$

$$t = \frac{s_1}{(\sin \times \beta^1)}$$

$$t = \frac{0,032}{(\sin \times 30)}$$

$$t = \frac{0,032}{0,5}$$

$$t = 0,064 \text{ m}$$

Jumlah Sudu ( $n$ )

$$n = (\pi \times \frac{D_1}{t})$$

$$n = (3,14 \times \frac{0,37}{0,064})$$

$$n = (3,14 \times 5,78)$$

$$n = 18,14 \text{ atau } 18 \text{ sudu}$$

Lebar sudu ( $L$ )

$$L = \frac{(144 \times Q \times N)}{[862 \times H^{\frac{1}{2}} \times C \times K \times (2 \times g \times H)^{\frac{1}{2}}]}$$

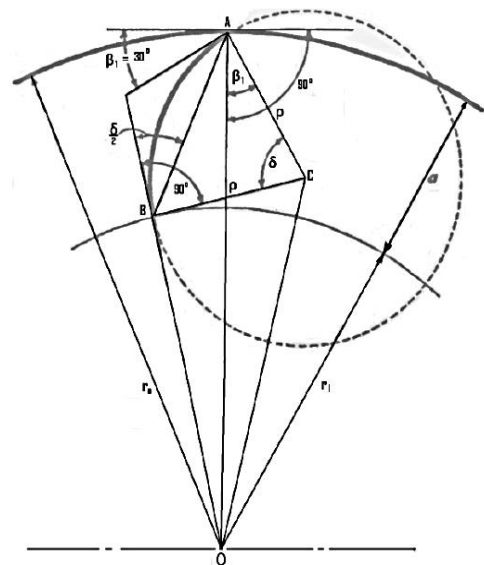
$$L = \frac{(144 \times 0,027)}{[862 \times 0,94 \times 0,98 \times 0,087 (2,9,8 \times 0,9)^{\frac{1}{2}}]}$$

$$L = \frac{777,6}{(69,08 \times 4,19)}$$

$$L = \frac{777,6}{289,44}$$

$$L = 2,68 \text{ m}$$

Jari-jari lengkungan sudu ( $\rho$ )



Gambar 8. Skema Kelengkungan Sudu[6]

$$M = \rho = (0,326 \times r_1)$$

$$\rho = (0,326 \times 0,185)$$

$$\rho = 0,06$$

Hasil perhitungan panjang turbin menunjukkan nilai sebesar 2,68 m. Pembuatan *prototype* turbin pada penelitian ini memperpendek panjang turbin sebesar rasio 1:5 sehingga menjadi ukuran 0,044 m agar seimbang dengan besarnya pipa *outlet* dari saluran.

**Pembuatan Prototype.** Proses pembuatan *prototype* dalam penelitian ini mengacu pada hasil perhitungan perancangan turbin *crossflow* sehingga hasil pengujian eksperimental pada *prototype* turbin *crossflow* akan dibandingkan dengan hasil perhitungan perancangan.

Alat yang digunakan dalam pembuatan *prototype* sebagai berikut:

**Tabel 2.** Alat dalam Pembuatan *Prototype*

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Mesin Laser Cutting	Digunakan untuk membuat profile guide untuk sudu-sudu turbin pada dinding turbin <i>crossflow</i> .
2.	Mesin Bubut	Digunakan untuk membuat dudukan turbin <i>crossflow</i> terhadap poros turbin.
3.	Mesin Las	Mesin las digunakan untuk menyambungkan plate dudukan dinding turbin dengan dudukan poros turbin.
4.	Mesin Gerinda Tangan	Mesin Gerinda tangan digunakan untuk memotong pipa yang akan dijadikan sudu-sudu turbin.
5.	Kunci Pas Set	Kunci pas digunakan untuk mengencangkan baut dan mur pada proses pemasangan dudukan dinding turbin dengan poros turbin.

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *prototype* sebagai berikut:

**Tabel 3.** Bahan dalam Pembuatan *Prototype*

No.	Nama Bahan	Fungsi	Spesifikasi
1.	Plate Aluminium	Dinding Turbin	Tebal 3 mm
2.	Pipa PVC	Sudu Turbin	Type D tebal 1,8 mm
3.	Besi <i>Slotted Angel</i>	Rangka Prototype	STD
4.	Plate dan Cylinder Baja	Dudukan dinding dan <i>shaft</i> turbin	Plate tebal 8 mm Dan <i>Shaft</i> Dia. 16 mm
5.	Baut dan Mur	Pengikat 2 benda	HS M6×20

#### 1. Proses Pembuatan

Proses pembuatan komponen *prototype* turbin *crossflow* yaitu:

- Pemotongan matrial aluminium sesuai gambar kerja yang diinginkan.
- Pembentukan profil pada plat aluminium dengan tebal 3 mm yang sudah disiapkan.
- Pengukuran dimensi hasil akhir pada proses pembentukan profil.

- Pemotongan matrial pipa pvc secara *vertical* dengan panjang sesuai dengan perhitungna yang telah ditentukan.
- Pengukuran dan membandingkan hasil dari potongan dengan sisi *runner* yang telah dibuat profil.
- Menyiapkan poros serta bantalan.
- Pemotongan matrial Besi *Slotted Angel* sesuai dengan gambar kerja yang telah dibuat.
- Merakit potongan-potongan besi yang sudah disiapkan.
- Menyiapkan *pulley* yang akan digunakan.
- Mengukur *belt* yang akan digunakan.

#### 2. Proses Perakitan

Proses perakitan komponen *prototype* turbin *crossflow* yaitu:

- Pemasangan bilah sudu-sudu turbin dari potongan pipa PVC ke dalam *profile* sudu yang ada pada dinding turbin.
- Pemasangan poros yang digunakan sebagai tumpuan turbin.
- Pemasangan dudukan poros turbin pada dinding turbin yang direkatkan dengan baut dan mur.
- Penggabungan komponen turbin dan komponen pengarah aliran yang dipasangkan dengan *bearing*.
- Penggabungan bagian-bagian *frame* yang telah di potong.
- Perakitan antara *pulley* dan *belt*.

**Proses Uji Eksperimen.** Proses pengujian eksperimental pada *prototype* turbin *crossflow* dimaksudkan untuk mengetahui performansi, fungsi kerja *prototype* dan kesalahan yang mungkin terjadi pada sistem *prototype* turbin *crossflow*. Pencatatan data hasil uji eksperimental yang dilakukan pada *prototype* bertujuan untuk mengetahui hasil *output* yang bisa dihasilkan oleh *prototype* yang dibuat.

Urutan pengujian :

- Posisikan alat sesuai dengan tempatnya.
- Cek apakah putaran turbin sudah sesuai dengan yang diinginkan.
- Apabila lampu indikator mati maka putaran sudah sesuai yang diinginkan.
- Ukur kecepatan putaran turbin dengan *tachometer*.
- Ukur kecepatan *pulley* pada motor dengan *tachometer*.
- Ukur tegangan yang dihasilkan motor dengan menggunakan multimeter(Volt).
- Ukur arus listrik yang dihasilkan menggunakan multimeter (Amper)

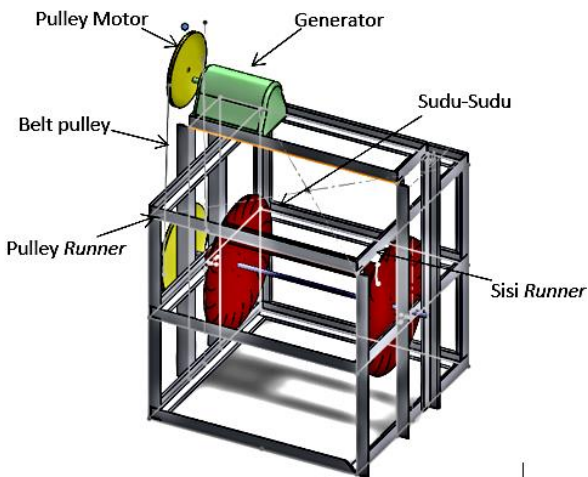
c. Tegangan listrik yang dihasilkan generator.

**Hasil dan Pembahasan**

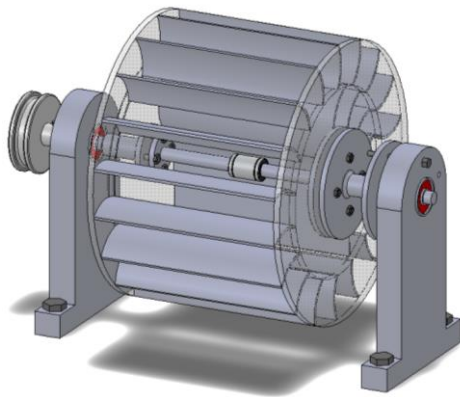
**Hasil Uji Eksperimen.** Pengujian eksperimental yang telah dilakukan untuk mengetahui potensi daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik mikrohidro dengan turbin *crossflow* didaerah Ceger-Cipayung, diperoleh data-data sebagai berikut:

**Tabel 5.** Hasil Uji Eksperimen

Perbandingan Pulley	Debit aliran (Q)	Kecepatan runner (Rpm)	Arus listrik (Amper)	Tegangan (Volt)	Daya (Watt)
3,4 : 9	0,027	376	0,07	12,74	0,89
3,4 : 11	0,027	1109	0,22	13,12	2,90



**Gambar 9.** Skema Prototype Keseluruhan



**Gambar 10.** Skema Turbin Crossflow

Alat yang digunakan dalam proses uji eksperimental sebagai berikut:

**Tabel 4.** Alat Uji Eksperimen

No.	Nama Alat	Type/Merk	Spesifikasi
1.	Tachometer	SANWA SE300	pembacaan 30-99999 rpm dan jarak deteksi 50-500 mm
2.	Multitester	ZOTEK ZT101	tegangan maksimum yang dapat diukur 1000 V dan arus maksimum yang dapat diukur 10 A
3.	Stopwatch	STD	STD

*Variable output* yang ditargetkan dalam uji eksperimental adalah sebagai berikut:

- Kecepatan putar turbin aktual.
- Pengamatan terhadap pergerakan aliran air dalam runner

Dapat terlihat di tabel 4.3, pada skala 3,4 : 9 dengan kecepatan *runner* berputar 1109 Rpm maka mekanisme ini menghasilkan 2,90 Watt dengan arus yang mengalir sebesar 0,22 dan tegangan yang dihasilkan 13,12. perubahan yang dilakukan untuk meningkatkan kinerja pada turbin dilakukan dengan merubah ukuran dari diameter *pulley* untuk meningkatkan kecepatan putar *alternator*. Dari kedua skema *pulley* berbeda yang ada di tabel tersebut keduanya sama-sama melakukan pengisian terhadap *accu* tetapi dengan daya yang berbeda. Hal ini diketahui dari lampu indikator yang terpasang pada rangkaian pembangkit listrik mikrohidro tersebut. Apabila lampu menyala maka *accu* belum terisi dan apabila lampu indikator mati maka *accu alternator* tersebut sudah mulai bekerja.

**Kesimpulan**

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil penelitian dan pengujian dapat disimpulkan bahwa:

- Spesifikasi *turbine crossflow* yang telah dibuat yaitu :
  - Diameter luar turbin = 0,37 m
  - Diameter dalam turbin = 0,259 m
  - Jarak antar sudu S1 = 0,32 m dan t = 0,064 m
  - Jumlah sudu = 18
  - Jari-jari lengkungan sudu = 0,06 m
  - Lebar sudu = 2,68 m
- Daya yang dihasilkan turbin *crossflow* yaitu 2,90 Watt
- Kecepatan yang dihasilkan turbin 1109 Rpm



### Daftar Pustaka

- [1] pudjanarso astu & djati nursud, *mesin konversi energi*, 3rd ed. Yogyakarta: ANDI, 2013.
- [2] I. W. B. Saputra, A. I. Weking, and L. Jasa, “Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Menggunakan Kincir Overshot Wheel,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 2, p. 48, 2017.
- [3] hunggul y. s. h. nugroho, *plthm(pembangkit listrik tenaga mikro hidro) panduan lengkap membuat sumber energi terbarukan secara swadaya*, 1st ed. Yogyakarta: ANDI, 2015.
- [4] A. P. Irawan, *Perancangan dan Pengembangan Produk Manufaktur*, 1st ed. Yogyakarta: ANDI, 2017.
- [5] M. Mafruddin and D. Irawan, “Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-Flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 7–12, 2014.
- [6] M. Tirono, “Pemodelan Turbin Cross-Flow Untuk Diaplikasikan Pada Sumber Air Dengan Tinggi Jatuh Dan Debit Kecil,” *J. Neutrino*, 2015.