

RANCANG BANGUN PEMBANGKIT LISTRIK TURBIN AIR MIKRO HIDRO TIPE *CROSS-FLOW* KAPASITAS 2.500 WATT Di Kp. MULYASARI -BOGOR JAWA BARAT

Firmansyah Azharul

Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Muhammadiyah Cileungsi
Jln. Angrek No. 25, Perum. PTSC, Cileungsi,
Cileungsi, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
Email: firmansyah.azharul@stm-cileungsi.ac.id

Asep Dharmanto

Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Muhammadiyah Cileungsi
Jln. Angrek No. 25, Perum. PTSC, Cileungsi,
Cileungsi, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
Email: asep.dharmanto@stm-cileungsi.ac.id

Wilarso

Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Muhammadiyah Cileungsi
Jln. Angrek No. 25, Perum. PTSC, Cileungsi,
Cileungsi, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
Email: wilarso@stm-cileungsi.ac.id

ABSTRAK

Untuk memenuhi kebutuhan listrik di malam hari dan produktivitas hasil pertanian di Kp. Mulyasari dilakukan rancang-bangun Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang dapat menghasilkan daya s/d 2.500 Watt. Mesin ini dirancang mudah dalam pemasangan, mudah dioperasikan, perawatan yang murah. Jenis turbin yang dipilih adalah turbin air Cross-Flow untuk head rendah. Turbin beroperasi pada tekanan impuls, dimana energi potensial air diubah menjadi energi kinetik melalui nozel untuk mendorong sudu-sudu depan turbin. Dalam rancang bangun turbin ini, di rancang, agar mempunyai daya pakai yang lama, nilai investasi yang murah, biaya perawatan minimal sekali, biaya pemasangan yang mudah, degnan digerakan oleh air, sehingga melestarikan sumber daya alam. Turbin dirancang berdasarkan data hasil survey lapangan di Kp. Mulyasari, dengan hasil; Head (H)= 1,85 m; Debit air (Q)=0,2 m³/s; Putaran turbin (rencana) (n)= 214 rpm; Effisiensi turbin (rencana) (η_t)= 68%; Massa jenis air (ρ)= 997.8 kg/m³. Dari hasil perhitungan, didapat spesifikasi rancangan turbin Cross-Flow sebagai berikut : Tinggi air jatuh (H) = 1,85 m; Debit air (Q) = 0,2 m³/s; Effisiensi turbin (rencana) (η_t) = 68%; Daya (N) = 2,497 kW; Putaran (n) =214 rpm; Kecepatan spesifik (ns) = 770,4138831 rpm; Diameter sudu jalan (D_L) = 0,40 m; Diameter naaf (D_n) = 0,035 m; Lebar sudu pengarah (B) = 0,032 m; Jumlah sudu jalan = 26 buah.

Kata kunci: Head, debit, turbin Cross-Flow, sudu pengarah/nozel, sudu jalan, daya turbin.

ABSTRACT

To meet the electricity needs at night and the production of agricultural products in Kp. Mulyasari was designed and built a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) Turbine which can produce power up to 2,500 Watt. This machine is designed to be easy to install, easy to operate, inexpensive to maintain. The selected turbine type is a Cross-Flow air turbine for a low head. Turbines operate at impulse pressure, where the potential energy of water is converted into kinetic energy through the nozzles to push the turbine's front blades. In the design of this turbine, it is designed, so that it has a long life span, low investment value, minimal maintenance costs, easy installation costs, and is driven by water, thereby conserving natural resources. The turbine is designed based on data from field survey results in Kp. Mulyasari, with results; Head (H) = 1.85 m; Water discharge (Q) = 0.2 m³ / s; Turbine rotation (planned) (n) = 214 rpm; Turbine efficiency (plan) (η_t) = 68%; Density of water (ρ) = 997.8 kg / m³. From the calculation results, obtained the Cross-Flow turbine design specifications as follows: High waterfall (H) = 1.85 m; Water discharge (Q) = 0.2 m³ / s; Turbine efficiency (plan) (η_t) = 68%; Power (N) = 2,497 kW; Rotation (n) = 214 rpm; Specific speed (ns) = 770,4138831 rpm; Road blade diameter (DL) = 0.40 m; Naaf diameter (Dn) = 0.035 m; Steering blade width (B) = 0.032 m; Number of road blades = 26 pieces.

Keywords: Head, discharge, Cross-Flow turbine, steering blade/nozzle, road blade, turbine power.

1. PENDAHULUAN

Kp. Mulyasari adalah suatu kampung yang berada dikawasan desa Sukamulya, kecamatan Sukamakmur dan terletak di kabupaten Bogor Jawa Barat yang belum teraliri listrik dari PLN, dimana daerah ini berada didaerah pegunungan yang berpotensi menjadi daerah Wisata berbasis kopi dan arena olah-raga ketangkasan bermotor. Di kampung Mulyasari sumber energi air cukup melimpah untuk dikembangkan sebagai pembangkit tenaga listrik. Untuk memenuhi kebutuhan akan listrik di malam hari dan produktivitas hasil pertanian berupa kopi perlu di rancang sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang dapat menghasilkan daya s/d 2.500 Watt. Mesin dirancang mampu dioperasikan dengan mudah, dan perawatan yang murah. Jadi dengan mengalir listrik, pada rumah yang belum teraliri listrik maka dengan menjadikan pembangkit mikrohidro sebagai alternatif [1]. Ini karena dengan PLTMH didapat listrik yang mandiri [2] serta menghemat biaya. Perancangan mikrohidro dilakukan oleh dosen dan mahasiswa, untuk meningkatkan kompetensi dalam hal teknologi, yang bisa di kembangkan dikemudian hari.

Dalam hal perancangan ini mikrohidro mempunyai beberapa bagian utama, yaitu: sumber energi berupa air, turbin sebagai media untuk memutar generator, generator sebagai penghasil listrik, serta kontrol panel untuk mengontrol daya yang dihasilkan. Dengan beroperasi di daerah ketinggian dan menggunakan instalasi pipa, sehingga air yang mengalir dikontrol dengan baik dan debit air sesuai dengan kebutuhan [3]. Air yang mengalir dari ketinggian dengan debit yang sudah diperhitungkan akan mendorong sudu pada turbin, sehingga memutar poros turbin dan menggerakkan rotor generator dan menghasilkan listrik. Untuk menggerakkan poros ada 2 opsi bisa menggunakan vee belt, maupun rantai.

Efisiensi turbin cross flow [4] yang meliputi diameter luar, luas penampang, sudut, nozzle, jarak sudu, radius kelengkungan sudu, jumlah sudu, sudut keluar sudu, sudu kecepatan relatif pada saat menuju nozzle, serta efisiensi dan kecepatan sudut yang berbeda, ketinggian ujung nozzle, dan jarak ujung nozzle, perlu dilakukan perhitungan sesuai dengan data dilapangan [5].

Dalam memenuhi kebutuhan listrik pada malam hari masyarakat menggunakan turbin air konvensional, sesuai dengan Gambar 1.



Gambar 1. PLTMH yang ada di Kp Mulyasari Bogor.

Daya yang dari generator di sambungkan ke panel kontrol untuk mengatur pembagian daya, untuk mengetahui arus, frekwensi, terhadap daya yang dikeluarkan apakah sudah sesuai atau belum. Jika semua kondisi normal, kemudian di distribusikan ke kerumah-rumah warga.

Tujuan penelitian adalah untuk merancang dan membuat mesin turbin pembangkit listrik tenaga mikro-hidro (PLTMH) yang dapat menghasilkan daya 2.500 Watt. Mesin mampu dibawa dan dipindahkan dengan mudah, pemasangan dengan mudah, mudah dioperasikan, dengan perawatan yang minimal. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro (PLTMH) yang berada di Kp. Mulyasari untuk menerangi 62 kepala keluarga, dimana Kp. Mulyasari belum di aliri listrik dari PLN. Dengan kondisi geografis pegunungan dan menuju kampung tersebut dibutuhkan tantangan yang cukup berat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pemilihan jenis turbin.

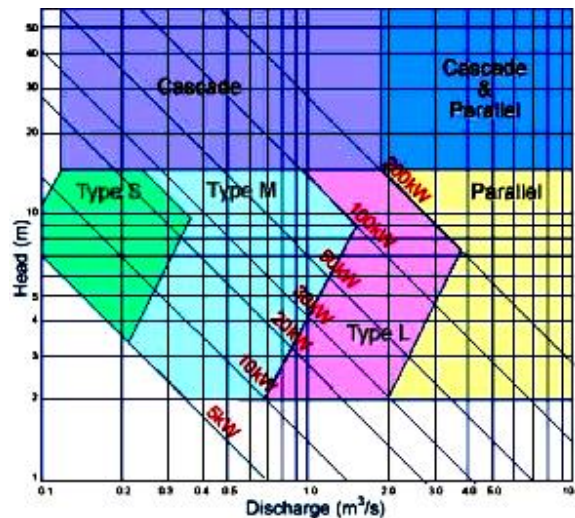
Untuk pemilihan jenis turbin dapat terlihat pada Gambar 2, dimana turbin dapat dipilih sesuai besar debit dan headnya[6], yang dijelaskan pada Tabel 1, berdasarkan data jenis runner dan tekanan pada desain mikrohidro.

Tabel 1. Klasifikasi jenis turbin.

<i>Turbin Runner</i>	<i>Head Pressure</i>		
	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>
<i>Impulse</i>	• Pelton	• Crossflow	
	• Turgo	• Turgo	• Crossflow
	• Multi-Jet Pelton	• Multi-Jet Pelton	
<i>Reaksi</i>		• Francis	• Propeller
		• Pump-As-Turbine	• Kaplan

Sumber: *Micro-Hydro Design Manual, IT Penerbitan, 1993*

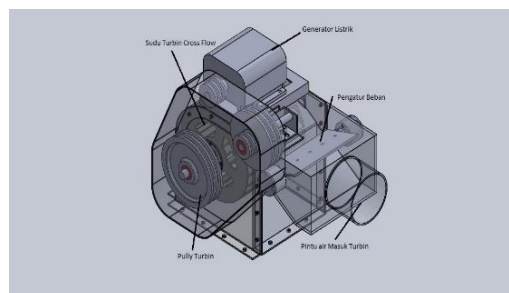
Dari data diatas jenis turbin yang dipilih adalah Turbin air *cross-flow* dipakai untuk *head* yang rendah [7]. Turbin air *cross-flow* dipakai untuk head yang rendah. Turbin air *cross-flow* menggunakan bila dengan sudu tetap :



Gambar 2. Grafik tipe turbin yang dipilih.

Turbin yang akan dirancang dalam penelitian ini masih dalam katagori tipe *cross-flow* yang ditunjukkan Tabel 1.

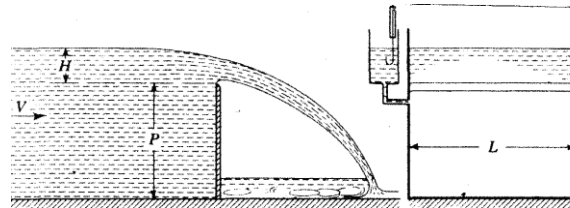
Turbin air *cross-flow* beroperasi pada tekanan reaksi [8], dimana energi potensial yang ada dirubah dahulu melalui melalui sudu pengarah (nozel) menjadi energi kinetik dalam bentuk semburan air berkecepatan tinggi yang mendorong sudu-sudu depan turbin . Dengan cara pengoperasian sesuai dengan prosedur, operator yang mengoperasikan mempunyai pengetahuan dan ketrampilan yang maksimal, perawatan sesuai dengan jadwal, akan berdampak pada kinerja mikrohidro itu sendiri, dan bisa umur mikrohidro akan mampu bertahan lama [9]. Gambar 3 memperlihatkan gambar skematik turbin air tipe *cross-flow*.



Gambar 3. Diagram skematik turbin air type Cross-Flow.

2.2. Pengukuran debit dan tinggi jatuh air.

Pada instalasi yang sudah terpasang, dan disesuaikan kondisi aktual di lapangan, pengukuran debit aliran yang praktis dan mungkin dilaksanakan adalah dengan teknik bendungan [10] seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 4. Pengukuran debit dengan teknik bendungan [1]

Dengan metoda tersebut, menurut [6] debit aliran Q dengan menggunakan rumus:

$$Q = 1,84 LH^{3/2} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (1)$$

2.3. Menentukan rancangan dasar dimensi utama turbin.

Perancangan yang dilakukan, untuk menentukan dimensi pada mikrohidro, yang disesuaikan dengan temuan dilapangan, adapun data yang didapat sebagai berikut:

- Head, $H = 1,85 \text{ m}$
- Debit air, $Q = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$
- Putaran turbin (rencana), $n = 214 \text{ rpm}$
- Effisiensi turbin (rencana), $\eta_t = 68\%$
- Massa jenis air (airsungai), $\rho = 997,8 \text{ kg/m}^3$
- Gravitasi, $g = 9,81 \text{ m/det}^2$

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Dimensi Turbin Air.

Untuk merancang turbin air pada suatu lokasi tertentu, diperlukan data-data lokasi minimal *Head* dan debit air [11], dan kemudian perhitungan didasarkan data yang diperoleh :

- 1) Menghitung daya turbin, N

$$N = [Q \times H \times \eta_t \times \rho] / 75 \text{ (HP)} \quad (2)$$

- 2) Menghitung putaran spesifik turbin, berdasarkan satuan debit [4], n_q

$$n_q = \frac{N\sqrt{Q}}{H^4} \text{ (rpm)} \quad (3)$$

Σ kutup = 28 buah; $n = 214 \text{ rpm}$.

- 3) Menghitung putaran spesifik turbin, berdasarkan satuan daya, n_s

$$n_q = \frac{n\sqrt{N}}{H^{5/4}} \text{ (rpm)} \quad (4)$$

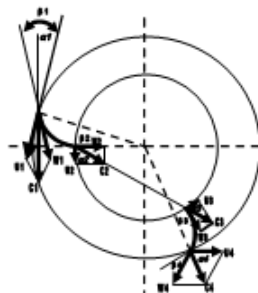
Perhitungan dan analisa rancangan, yang terdiri dari :

- 4) Kecepatan pancaran air.

$$C_1 = k(2 \cdot g \cdot h)^{1/2} \text{ (m/s)}; K=0.98 \quad (5)$$

- 5) Kecepatan keliling roda turbin

$$U_1 = 1/2 \cdot C_1 \cdot \cos \alpha_1 \text{ (m/s)}; \alpha_1 = 12.6^\circ \quad (6)$$



Gambar 5. Segitiga kecepatan pada pancaran air masuk

6) Sudut relatif tingkat I

$$\tan \beta_1 = 2 \tan \alpha_1. \quad (7)$$

7) Efisiensi turbin maximum [4]

$$\eta_t = \text{Cos}^2 \alpha_1 \quad (\%) \quad (8)$$

8) Diameter luar roda jalan

$$D_1 = \frac{60 \cdot U_1}{\pi \cdot n} \quad (9)$$

9) Faktor pembandingan roda sudu jalan

$$X = \left[\frac{1 - 2 \cdot D_3 \cdot \text{Cos} \beta_1}{D_1} \right]^{1/2}; D_3 = 0.326 \cdot D_1 \quad (10)$$

10) Diameter roda dalam turbin

$$D_2 = X \cdot D_1 \text{ (mm)} \quad (11)$$

Diameter roda turbin ditinjau dari sisi lain:

Jika, $a = 0,17 D_1$ Maka $D_2 = D_1 - 2 \cdot a$ (mm)

11) Sudu dt absolut keluar aliran air

$$\alpha_2 = \text{arc. tan.} \left(\frac{2 \tan \alpha_1}{X_2} \right); \alpha_2 = \alpha_3; \alpha_4 = 90^\circ \quad (12)$$

12) Kecepatan relatif masuk sudu tingkat I

$$W_1 = \frac{U_1}{\text{Cos} \beta_1} \text{ (m/s)} \quad (13)$$

13) Kecepatan keliling air keluar

$$U_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{60} \text{ (m/s)} \quad (14)$$

14) Kecepatan relatif air keluar sudu

$$W_2 = U_2 \tan \alpha_2 \text{ (m/s)} \quad (15)$$

15) Kecepatan absolut air keluar sudu

$$C_2 = \frac{W_2}{\sin \alpha_2} \text{ (m/s)} \quad (16)$$

Dimana, $C_2 = C_3$; $W_2 = W_3$; $U_2 = U_3$; $U_4 = U_1$; $W_4 = W_1$

16) Kecepatan absolut air keluar dari sudu roda jalan

$$C_4 = W_1 \sin \beta_1 \text{ (m/s)} \quad (17)$$

Geometri sudu dari sisi dalam:

17) Jari-jari pusat kelengkungan sudu

$$R = (R_2^2 + R_3^2)^{1/2} \text{ (mm)} \quad (18)$$

18) Sudut pusat untuk jari-jari sudu.

$$\delta = \text{arc. sin} \frac{R_3}{R} \quad (19)$$

$$\delta = \text{arc. cos} \left[\frac{R_1^2 + R - R_3^2}{2 \cdot R_1 \cdot R} \right] \quad (20)$$

$$\delta_2 = \delta - \delta_1 \quad (21)$$

19) Panjang tali busur (AB)

$$AB = \sqrt{[R_2^2 + R_1^2 - 2 \cdot R_2 \cdot R_1 \cdot \text{Cos} \delta_2]} \text{ (mm)} \quad (22)$$

20) Sudut kelengkungan sudu:

$$\theta = \text{arc. Cos} \left[\frac{2 \cdot R_3^2 - AB}{2 \cdot R_3^2} \right] \quad (23)$$

$$\theta = \text{arc. Cos} \quad (24)$$

21) Jari-jari pusat titik berat sudu

$$\varepsilon + \frac{1}{2} \theta = 180^\circ - \beta_1 - \beta_2 \quad (25)$$

$$R_4^2 = R^2 + R_3^2 - 2 \cdot R \cdot R_3 \cdot \text{Cos} \varepsilon \quad (26)$$

Geometri sudu dari sisi luar

22) Panjang C, (mm)

$$C = \sqrt{(R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \text{Cos} (\beta_1 + \beta_2))} \quad (27)$$

23) Harga ε :

$$\varepsilon = \text{arcsin} \left\{ \frac{R_2 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{c} \right\} \quad (28)$$

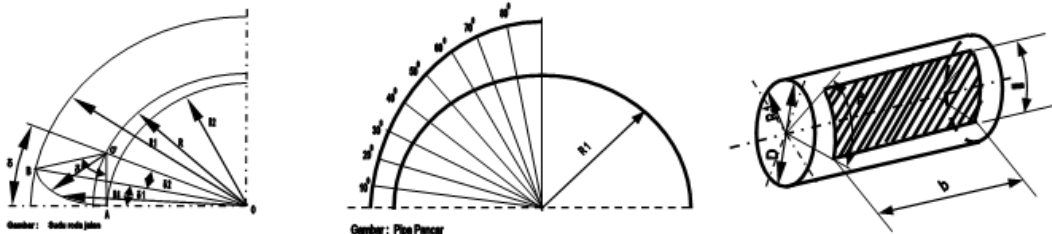
24) Harga ζ :

$$\zeta = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2 + \varepsilon) \quad (29)$$

25) Harga φ :

$$\varphi = \beta_1 + \beta_2 - (180^\circ - 2\zeta) \quad (30)$$

- 26) Harga d : mm
- 27) Sudut kelengkungan sudu:
- $$d = \frac{R_2 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{2 \sin(180 - \zeta)} \quad (31)$$
- $$\delta = 180^\circ - (\beta_1 + \varepsilon) \quad (32)$$
- 28) Jari kelengkungan sudu: mm
- $$rb = \frac{d}{\cos(\beta_1 - \varepsilon)} \quad (33)$$
- 29) Jari-jari pusat kelengkungan sudu: mm
- $$= 148.2017073 \quad (34)$$
- 30) Jadi tebal plat sudu yang dipakai:
- $$T = R_3 - rp \quad (35)$$
- $$rp = \sqrt{(rb^2 + R_1^2 - 2 \cdot rb \cdot R_1 \cos \beta_1)} = 6.32 \text{ mm} \sim 6.6 \text{ mm} \quad (36)$$
- 31) Sudut kelengkungan sudu rata-rata yang dipakai:
- $$\gamma = (\theta + \delta)/2 \quad (37)$$
- 32) Jumlah sudu:
- $$\theta^\circ = \frac{360}{Z} = 26 \text{ buah} \quad (38)$$
- 33) Jarak antara sudu:
- $$\delta_0 = \frac{\pi \cdot D_1}{Z} \quad (39)$$
- $$\delta_0 = 48.30769231 \text{ (mm)} \quad (40)$$
- Jumlah sudu yang bersentuhan dengan pancaran air
- $$Z = \frac{85}{360} \times 26 ; \text{ sudut pancar } 85^\circ \quad (41)$$
- $$Z = 6.138 \approx 6 \text{ buah} \quad (42)$$
- 34) Bentuk pipa pancaran.
- Jari-jari harus dihitung untuk setiap 5° dari $\phi = 0^\circ$ s/d 90° .
- $K = \tan \alpha_1$
 - Merubah besaran harga sudut $\phi = 360 = 2\pi$
 - $\gamma_0 = e^{\tan \alpha_1 \phi^{(0)\text{rad}}}$
 - $R_0 = \gamma_0 \cdot R_1$



Gambar 6. Sudu roda jalan, pipa pancar, roda/alas

- 35) Sudut pancar turbin.
- Dari data percobaan simulasi $\theta = 85^\circ$ $R_0 = 278.67 \text{ mm}$.
- 36) Lebar pipa pancar (s)
- $$k = \frac{s}{D_1} ; k = 0.075 - 0.3 \quad (43)$$
- 37) Lebar roda / alas (b)
- $$L = \frac{\beta}{360} \pi \cdot D_1 \text{ mm} \quad (44)$$
- $$b = \frac{\varphi}{L \cdot C_1 \cdot \sin \alpha_1} \text{ mm} \quad (45)$$
- 38) Hubungan antara efisiensi teoritis, daya & momen torsi terhadap turbin
- $\eta_t = \frac{4(\varphi_1 C_1 \cos \alpha_1 - \varphi_1^2)}{C_1^2} \quad (46)$
 - $P = \rho \cdot \varphi [2 \cdot U_1 C_1 \cos \alpha_1 - 2] \cdot U_1^2 \quad (47)$
 - $T = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (48)$
 - $U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n_{put}}{60} \quad (49)$

3.2. Data Hasil Perhitungan

Hasil perancangan dimensi utama mesin *Turbine Type Cross-Flow*, didapat data-data sebagai data desain berikut:

- Head, $H = 1,85$ (m)
- Debit air, $Q = 0,2$ (m^3/s)
- Putaran turbin (rencana), $n = 214$ (rpm).

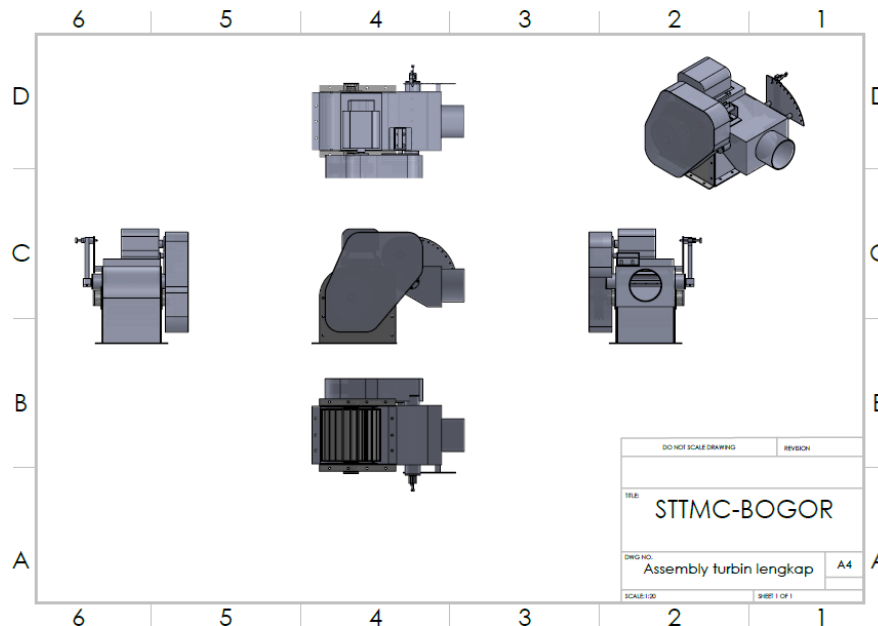
Berdasarkan tinjau pustaka dan data hasil survei, maka dapat dihitung dan didesain turbin *air type propeller vanes*, dengan hasil seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan rancangan turbin

Item	Satuan	Hasil
Daya turbin ($2.497kW$)	HP	3.3472864
Torsi	kg.mm	11365.1948
n_q	rpm	60.33231292
n_s	rpm	770.4138831
V air $(2.g.h)^{1/2}$	m/s	6.024699163
A(area)	m^2	0.033196678
D saluran $_{1,5}$	mm	308.4634742
D poros turbin $_{1,75}$	mm	35
Berat, W	kg	19.54454435
Sudut puntir	$^{\circ}/meter$	7.10523E-07
n kritis	rpm	4686.470094

3.2. Rancangan turbin

Dari data hasil perhitungan pada Tabel 2 dibuat rancangan turbin seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 7. TurbinCross-Fllow 2,5 kW

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan diatas, didapat spesifikasi turbin yang dirancang sebagai berikut: Type= *Cross-Flow* poros vertical. Tinggi air jatuh, $H = 1,85$ (m), Debit air, $Q = 0,2$ (m^3/s), Effisiensi turbin (rencana), $\eta_t = 68\%$, Massa jenis air (air sungai), $\rho = 997.8$ (kg/m^3), Daya, $N = 3.3472864$ HP = $2.497kW$ (kW), Putaran, $n = 214$ (rpm), Kesepatan spesifik, $n_s = 678,74$ (rpm), Diameter luar sudu jalan, $D_L = 0,400$ (m), Diameter naaf, $D_n = 0,035$ (m), Lebar sudu pengarah, $B = 0,32$ m, Jumlah sudu jalan = 26 buah

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Daya Terserap Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro Karangtalun Yang Digabung Dengan Pt Pln (Persero) Rayon Boja Area Semarang,” vol. 17, no. 1, pp. 30–34, 2015.
- [2] M. D. Trisno *et al.*, “PERANCANGAN TURBIN MIKROHIDRO TIPE PROPELER VANES KAPASITAS 1000 WATT,” pp. 3–8, 2012.
- [3] B. A. Nasir, “Design of Micro - Hydro - Electric Power Station,” *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 2, no. 5, pp. 39 – 47, 2013.
- [4] A. Of, W. Flow, R. Basin, and O. Efficiency, “Efficiency Analyses for Small Hydro Power Plant with Francis Turbine,” *Int. J. Mod. Trends Eng. Res.*, vol. 4, no. 10, pp. 155–164, 2017.
- [5] V. Verma, V. K. Gaba, and S. Bhowmick, “An Experimental Investigation of the Performance of Cross-flow Hydro Turbines,” *Energy Procedia*, vol. 141, pp. 630–634, 2017.
- [6] “Laymans Guide to Hydro_ESHA.pdf.” .
- [7] Y. Nishi, T. Inagaki, Y. Li, and K. Hatano, “Study on an Undershot Cross-Flow Water Turbine with Straight Blades,” *Int. J. Rotating Mach.*, vol. 2015, no. June 2015, 2015.
- [8] R. Adhikari and D. Wood, “The design of high efficiency crossflow hydro turbines: A review and extension,” *Energies*, vol. 11, no. 2, pp. 1–18, 2018.
- [9] ESHA, “Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant ESHA 2004,” *Ehsa*, pp. 1–294, 2004.
- [10] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, “314827465-14334-Sni-8066-2015,” 2015.
- [11] S. Williamson, B. Stark, and J. Booker, “World Renewable Energy Congress-Sweden Editor Professor Bahram Moshfegh,” 2011.