

PERANCANGAN TURBIN CROSSFLOW UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO DI PADAYO INDARUNG PADANG

Hendra¹, Desmarita Leni^{2*}, Dedi Erawadi³, Nusyirwan⁴, Maimuzar⁵

^{1,4,5}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Padang

Jl. Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25164

³Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang, Indonesia.

Jl. Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25164

²Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat

Jl. Pasir Jambak No.4, Pasie Nan Tigo, Kec. Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia, 25586

Email: desmaritaleni@gmail.com

Abstrak

Perancangan Turbin Crossflow untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Padayo Indarung Padang merupakan aplikasi praktis dari pengetahuan yang diperoleh selama studi akademik. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang turbin crossflow yang sesuai dengan parameter awal yang diperoleh dari survei lapangan. Turbin crossflow berfungsi mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik yang menggerakkan turbin, kemudian diubah menjadi energi listrik. Berdasarkan data awal perancangan, dengan debit air 0,04 m³/s dan ketinggian air 5 m, dimensi turbin yang didapatkan adalah diameter luar runner 0,3 m, lebar runner 0,15 m, diameter dalam runner 0,2 m, dengan 18 sudu dan jari-jari kelengkungan sudu 48,13 mm. Putaran yang dihasilkan turbin adalah 296,72 rpm. Poros runner memiliki diameter Ø34 mm dan panjang 470 mm. Untuk mentransmisikan daya dari turbin ke generator, digunakan dua buah puli dengan diameter Ø16 inchi dan Ø3 inchi, serta 2 sabuk V type A79. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perancangan turbin crossflow berdasarkan parameter hidrokinetik dan dimensi yang disesuaikan dengan karakteristik aliran air yang tersedia di lokasi penelitian. Penelitian ini penting karena memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi energi terbarukan dengan memanfaatkan sumber daya air secara efisien dan ramah lingkungan.

Kata kunci: Perancangan, Turbin Crossflow, PLTMH

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) menjadi salah satu solusi yang potensial untuk memenuhi kebutuhan energi di daerah yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik nasional. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan solusi yang penting dalam mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Putra, F. D., Effiandi, N., and Leni, D., 2017.). Dengan menggunakan energi air yang bersih dan terbarukan, PLTMH membantu mengurangi emisi gas rumah kaca serta polusi udara, menjadikannya sebagai sumber energi yang ramah lingkungan (Allifah and Wijayanti 2022). Selain itu untuk memanfaatkan aliran air yang kontinu memungkinkan PLTMH untuk menghasilkan energi listrik secara berkelanjutan,

memberikan kepastian pasokan energi dalam jangka panjang. PLTMH juga memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan akses listrik, terutama di daerah pedesaan atau terpencil yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik nasional (Setiawan, Mustari, and Taufik 2021). Hal ini tidak hanya membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat lokal dengan menyediakan akses listrik yang lebih luas dan merata, tetapi juga memberikan dukungan terhadap pembangunan lokal. Pembangunan PLTMH dapat menciptakan lapangan kerja dan mendorong pengembangan infrastruktur lokal, sehingga memberikan dampak ekonomi yang positif bagi masyarakat setempat (Aryanto 2023). Selain itu, PLTMH juga membantu mengurangi risiko pemadaman listrik yang sering terjadi di daerah terpencil, karena tidak tergantung pada pasokan listrik dari jaringan

nasional, sehingga meningkatkan ketahanan energi di wilayah tertentu (Irda Rosita, Eliyanora, and Diyah Hastiyahsari 2018).

Penelitian ini dilatar belakangi oleh kondisi geografis daerah Padayo Indarung, Padang, yang terletak agak jauh dari keramaian kota dan didominasi oleh perbukitan. Daerah ini merupakan tempat tinggal bagi sekitar 40 kepala keluarga yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik PLN. Keterbatasan akses terhadap listrik nasional membuat masyarakat setempat menghadapi kendala dalam pemenuhan kebutuhan listrik untuk kegiatan sehari-hari. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di daerah Padayo Indarung, Padang, sebagai upaya untuk memberikan akses listrik yang lebih luas dan merata kepada masyarakat setempat. Dengan memanfaatkan potensi aliran air yang tersedia di daerah tersebut, PLTMH diharapkan dapat menjadi solusi yang efektif dalam menyediakan sumber energi listrik yang dapat diandalkan secara lokal (Darwito et al. 2022).

Fokus penelitian ini adalah pada perancangan turbin crossflow yang sesuai dengan kondisi topografi dan kebutuhan energi daerah tersebut. Dalam usaha mengubah energi potensial air untuk menjadi energi listrik, diperlukan sebuah turbin air yang berfungsi menggerakkan generator yang akan menghasilkan listrik (Haryono et al. 2019). Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sendiri, turbin yang banyak digunakan adalah turbin type *crossflow*. Pemakaian jenis turbin cross flow lebih menguntungkan dibanding dengan penggunaan jenis turbin mikrohidro lain. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan energi listrik di daerah terpencil seperti Padayo Indarung, Padang, tetapi juga untuk memberikan kontribusi positif dalam meningkatkan kesejahteraan dan pembangunan infrastruktur lokal. Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan turbin crossflow untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Desa Padayo, Kecamatan Lubuk Kilangan, Kota Padang. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh sebuah rancangan turbin crossflow yang optimal dan sesuai dengan spesifik lokasi.

METODE PENELITIAN

Studi literatur dilakukan untuk mencari, menganalisis, dan menyintesis informasi mengenai prinsip-prinsip desain, konstruksi, dan kinerja turbin crossflow yang telah dipublikasikan dalam literatur ilmiah dan teknis. Sumber yang digunakan meliputi artikel jurnal, buku, laporan penelitian, dan referensi lain yang relevan.

Observasi lapangan dilakukan untuk mengumpulkan data aktual tentang kondisi fisik lokasi pembangkit. Observasi ini meliputi pengukuran head (perbedaan tinggi antara titik awal dan akhir aliran air), debit air yang tersedia, lebar saluran, dan luas penampang aliran air. Data ini sangat penting untuk memastikan bahwa desain turbin sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

Analisis data lapangan yang terkumpul digunakan untuk melakukan perhitungan dan merencanakan turbin crossflow yang sesuai. Faktor-faktor seperti head dan debit air menentukan jenis turbin yang tepat, sementara lebar saluran dan luas penampang aliran air mempengaruhi desain fisik turbin.

Tahap perancangan turbin crossflow dimulai setelah melakukan analisis data dari observasi lapangan serta mempelajari informasi dari studi literatur. Data tersebut digunakan sebagai dasar untuk menentukan spesifikasi dan parameter desain yang diperlukan. Desain turbin kemudian dioptimalkan untuk memastikan efisiensi operasional dan produksi energi listrik yang optimal sesuai dengan kondisi lokasi PLTMH yang ditentukan.

Evaluasi terhadap desain yang telah dibuat dilakukan untuk memastikan kesesuaian desain dengan spesifikasi lokasi dan kinerja yang diinginkan. Evaluasi mencakup penilaian kecocokan desain dengan parameter aliran air seperti head dan debit, serta memastikan bahwa semua faktor teknis dan ekonomi yang relevan telah dipertimbangkan. Evaluasi ini penting untuk memastikan bahwa turbin yang direncanakan dapat memberikan hasil yang optimal.

Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan desain turbin crossflow yang optimal dan sesuai dengan spesifikasi lokasi di Desa Padayo, Lubuk Kilangan, Padang. Selain itu, hasil ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mendalam tentang karakteristik aliran air di lokasi tersebut,

sehingga dapat berkontribusi signifikan terhadap pengembangan energi terbarukan dalam skala mikrohidro.

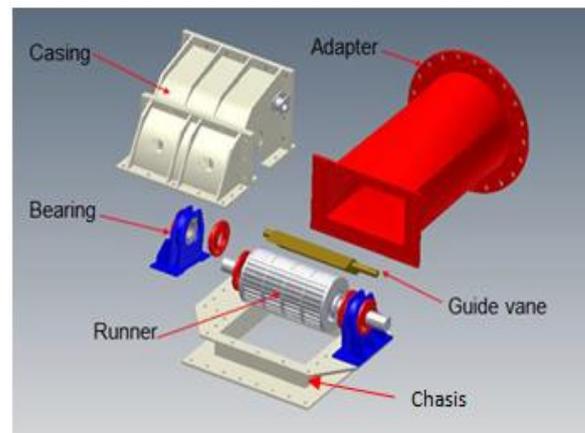
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan turbin crossflow memegang peranan krusial dalam upaya membangun pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) serta memanfaatkan sumber energi terbarukan secara efektif. Dengan turbin crossflow, listrik dapat tersedia di daerah terpencil atau pedesaan yang sering kali terpinggirkan oleh jaringan listrik nasional (Nasrullah et al. 2023). Ini memberikan kesempatan untuk memperluas akses listrik secara merata ke masyarakat yang tinggal di wilayah Padayo Indarung, meningkatkan kesejahteraan, dan memperkuat ketahanan energi lokal. Turbin Crossflow adalah jenis turbin air yang memiliki rotor dengan sumbu horizontal dan sudu-sudu yang dipasang secara radial di sekitar rotor (Karudin et al. 2023). Berbeda dengan turbin lain seperti turbin Francis atau turbin Pelton yang memiliki sudu-sudu berbentuk melengkung, sudu-sudu pada turbin crossflow memiliki bentuk datar dan melintang terhadap arah aliran air. Turbin crossflow bekerja berdasarkan prinsip konversi energi kinetik dan potensial air menjadi energi mekanis yang kemudian diubah menjadi energi listrik melalui generator (Saleh et al. 2019). Aliran air yang mengalir di sepanjang sudu-sudu turbin menimbulkan gaya pada sudu-sudu tersebut, yang kemudian menggerakkan rotor turbin. Prinsip momentum digunakan dalam turbin crossflow untuk mengubah momentum linier aliran air menjadi gerakan rotasi rotor turbin. Ketika aliran air mengalir melintasi sudu-sudu turbin, momentum air tersebut menghasilkan gaya pada sudu-sudu yang mengakibatkan rotasi rotor.

Efisiensi hidrolik merupakan ukuran seberapa baik turbin crossflow mengubah energi hidrolik yang terkandung dalam aliran air menjadi energi mekanis pada rotor (Rifai 2023). Faktor-faktor seperti desain sudu, kecepatan aliran, dan efisiensi internal turbin mempengaruhi efisiensi hidrolik turbin. Desain sudu turbin crossflow harus memperhitungkan distribusi aliran air yang optimal di sepanjang sudu-sudu untuk menghasilkan gaya yang seimbang dan

mengurangi kerugian energi (Suryono and Nusantara 2017). Sudu-sudu turbin crossflow biasanya memiliki bentuk datar dan dipasang secara radial untuk memaksimalkan kinerja turbin.

Penelitian ini membahas rancangan turbin crossflow yang direncanakan akan diterapkan di Padayo Indarung Padang, untuk disain turbin crossflow dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Komponen Turbin Crossflow

Peralatan elektromagnetik pada PLTMH, terdiri dari turbin, generator, transmisi mekanik, trafo, dan jaringan listrik. Sedangkan bagian utama dari turbin *crossflow*, yaitu runner, rumah turbin, base frame (Chasis), pulley, guide vane, dan adaptor (Bachant and Wosnik 2015). Pulley merupakan bagian dari transmisi mekanik yang meneruskan daya putar dari turbin ke generator, serta mengubah putaran turbin air sehingga sesuai dengan putaran generator. Pulley dapat diperoleh dan dibeli dengan harga yang murah. Komponen-komponen utama dari turbin ini adalah Runner atau rotor turbin bagian yang berputar dari turbin. Runner ini terdiri dari poros, blade, dan piringan atau disk. Rumah turbin merupakan bagian turbin tempat pemasangan bagian turbin lainnya, seperti poros atau runner, guide vane, dan adaptor.

Base frame (Chasis), merupakan tempat atau rangka untuk meletakkan turbin. Biasanya pada PLTMH berkapasitas kecil, base frame turbin menyatu dengan generator, sehingga dudukan turbin dan generator telah

tertentu susunannya dan tidak dapat berubah-ubah.

Guide vane atau sering juga disebut sebagai distributor berfungsi untuk mengarahkan aliran air sehingga secara efektif meneruskan energinya ke blade atau rotor turbin. Dengan demikian energi kinetik yang ada pada pancaran air akan menggerakkan rotor dan menghasilkan energi mekanik yang seterusnya memutar generator melalui pulley.

1) Adaptor

Dari hasil pengujian didapat data-data sebagai berikut: debit air diperoleh dengan cara pengukuran luas penampang air dikali dengan kecepatan rata-rata air (Boudreau and Dumas 2017). Data yang diperoleh meliputi jarak (s) sejauh 6 meter, waktu (t) selama 9,8 detik, dan kecepatan air (v) yang dihitung dengan rumus s/t, menghasilkan kecepatan 0,612 meter per detik. Lebar saluran (l) adalah 0,3 meter, dan kedalaman air pada saluran (h) adalah 0,27 meter.

Luas penampang air (A) dihitung dengan mengalikan lebar saluran dengan kedalaman air, yaitu 0,3 meter dikali 0,27 meter, menghasilkan luas penampang sebesar 0,081 meter persegi. Jadi, didapatkan debit air terukur sebesar 0,05 meter kubik per detik atau 50 liter per detik, Diameter pipa pesat dihitung menggunakan rumus Gordon dan Penman, di mana debit air (Q) adalah 0,05 meter kubik per detik. Dengan demikian, diameter pipa (D) adalah ukuran 5 inci (Anisa et al. 2022).

$$V_P = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{1}{4}\pi D^2} \quad (2)$$

$$= \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,15^2 \text{ m}} = 2,8 \text{ m/s}$$

Untuk menjamin ketersediaan air sepanjang tahun, perhitungan daya dilakukan pada 50 – 80 % dari debit terukur, maka debit desain sebagai berikut :

- Debit desain (Q_d) = 40 l/dtk = 0,04 m³/dtk
- Tinggi air jatuh (H_{net}) = 5.5 m
- Ketinggian inlet turbin dari permukaan tanah 0,5 m
Ditetapkan :
 - gravitasi (g) = 9,81 m/ dtk²
 - efisiensi total () = 75 %
 - efisiensi turbin (η_t) = 75 %
 - efisiensi Generator (g) = 82 %

Merupakan ”pipa” penghubung antara rumah turbin yang berpenampang persegi panjang dengan pipa pesat dengan penampang bulat.

2) Bearing

Merupakan komponen untuk menumpu beban dari poros turbin yang dan mereduksi gesekan yang ada sehingga mengurangi kerugian akibat gesekan.

Daya Keluaran Turbin

- Pa (Power Air) = $Q \cdot h \cdot \rho \cdot g$ (3)

$$= 0,04 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 5,12 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 1.880,06 \text{ kgm}^2/\text{s}^3$$

$$= 1.880,06 \text{ W}$$

$$= 1,88 \text{ kW}$$
- Pt (Daya Turbin) = $Pa \cdot \eta_t$ (4)

$$= 1,88 \text{ kW} \cdot 0,75$$

$$= 1,41 \text{ kW}$$
- Ptr (Daya transmisi) = $Pt \cdot \eta_{tr}$ (5)

$$= 1,41 \text{ kW} \cdot 0,75$$

$$= 1,05 \text{ kW}$$
- Pi (Daya listrik) = $Ptr \cdot \eta_g$ (6)

$$= 1,05 \text{ kW} \cdot 0,82$$

$$= 0,861 \text{ kW} = 1 \text{ kW}$$

Diameter Luar (Do) dan Lebar Sudu Runner (L)

Untuk menghitung diameter luar dan lebar sudu runner, dapat dicari dengan menggunakan persamaan 7 berikut :

$$LDo = \frac{2,62 \cdot Q}{\sqrt{H}} \quad (7)$$

$$LDo = \frac{2,62 \cdot 0,04}{\sqrt{5}}$$

$$LDo = \frac{0,1048}{2,236}$$

$$LDo = 0,047 \text{ m}$$

Jika $Do = 0,3 \text{ m} = 300 \text{ mm}$, maka :

$$L = \frac{0,047}{0,3} = 0,15 \text{ m} = 150 \text{ mm}$$

Jadi, diameter luar runner adalah 0,3 m dan lebar runner adalah 0,15 m.

Diameter dalam runner turbin (Di)

Untuk diameter dalam runner (Di) direncanakan perbandingan $Di/Do = 2/3$. Hal ini sesuai dengan perencanaan pabrik turbin

ossberger jerman dimana dengan asumsi ini akan didapat efisiensi turbin yang paling baik dapat dilihat pada persamaan 8, maka :

$$D_i = \frac{2}{3} D_o \quad (8)$$

$$D_i = \frac{2}{3} \cdot 0,3$$

$$D_i = 0,2 \text{ m} = 200 \text{ mm}$$

Jarak Antar Sudu (K)

Jarak antar sudu yang digunakan pada disk atau piringan dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$K = 0,174 D_o$$

$$K = 0,174 \cdot 0,3 \text{ m}$$

$$K = 0,052 \text{ m}$$

Jari-jari Kelengkungan Sudu (N)

$$r_1 = 0,163 \cdot D_o$$

$$r_1 = 0,163 \cdot 0,3 \text{ m}$$

$$r_1 = 0,0489 \text{ m}$$

Jumlah Sudu (N)

Jumlah sudu merupakan banyaknya sudu yang akan digunakan untuk pembuatan turbin crossflow (Tarmizi and Wardono 2020). Hal ini perlu dihitung agar turbin dapat beroperasi dengan baik. Jumlah sudu dapat dicari dengan persamaan 9 :

$$N = \frac{\pi \cdot D_o}{K} \quad (9)$$

$$N = \frac{\pi \cdot 0,3}{0,052}$$

$$N = 18$$

Jadi, banyaknya sudu yang akan dibuat pada turbin crossflow ini sebanyak 18 sudu.

Pengaruh dari jumlah sudu terhadap kinerja turbin crossflow telah menjadi fokus penelitian yang signifikan dalam bidang energi terbarukan. Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi hubungan antara jumlah sudu dan efisiensi serta kinerja turbin crossflow. Dalam banyak kasus, penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu pada turbin crossflow dapat meningkatkan efisiensi dan kinerjanya. Sebagai contoh, sebuah penelitian yang dilakukan oleh Nirmal_Acharya pada tahun 2015 (Acharya et al. 2015), menunjukkan bahwa peningkatan jumlah sudu pada turbin crossflow meningkatkan koefisien daya dan efisiensi turbin. Mereka menemukan bahwa dengan meningkatkan jumlah sudu dari 6

menjadi 18, koefisien daya turbin meningkat sebesar 30% dan efisiensi meningkat sebesar 25%. Namun demikian, pengaruh jumlah sudu juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lainnya, seperti kecepatan aliran air, desain sudu, dan geometri turbin secara keseluruhan. Oleh karena itu, meskipun penelitian tersebut memberikan wawasan yang berharga, penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor lain dalam merancang dan mengoptimalkan turbin crossflow.

Geometri Sudu

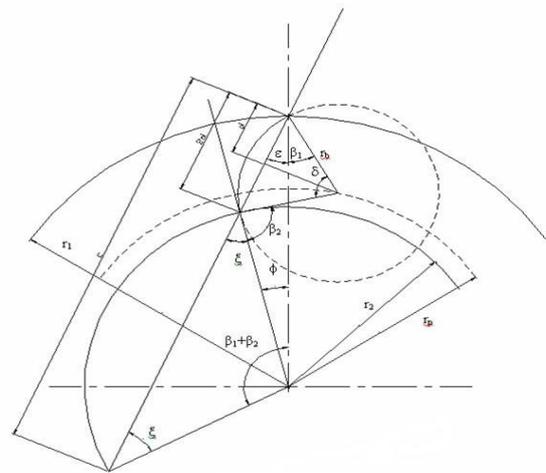
Pada perancangan runner yang benar, geometri sudu harus ditentukan (dalam pelaksanaannya (Darsono et al. 2021), besaran-besaran berikut ditetapkan atas dasar pertimbangan hidrolis) gambar 3 Kontruksi Geometri Sudu, yaitu sebagai berikut :

- a. $R_1 = 150 \text{ mm}$
- b. $R_2 = 100 \text{ mm}$

Ditetapkan :

$$\beta_1 = 30^\circ$$

$$\beta_2 = 90^\circ$$



Gambar 3. Kontruksi Geometri Sudu

a. Jarak (c)

$$c = \sqrt{R_1^2 + R_2^2 - 2 \cdot R_1 \cdot R_2 \cdot \cos(\beta_1 + \beta_2)} \quad (10)$$

$$= \sqrt{150^2 + 100^2 - 2 \cdot 150 \cdot 100 \cdot \cos(30 + 90)}$$

$$= 217,94 \text{ mm}$$

b. Sudut Epsilon (ϵ)

$$\begin{aligned} \epsilon &= \text{arc sin} \left(\frac{R_2 \sin(\beta_1 + \beta_2)}{c} \right) \\ (11) \quad &= \text{arc sin} \left(\frac{100 \sin(30+90)}{217,94} \right) \\ &= 23,41^\circ \end{aligned}$$

c. Sudut Zeta (ξ)

$$\begin{aligned} \xi &= 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2 + \epsilon) \\ &= 180^\circ - (30 + 90 + 23,41) \\ &= 36,59^\circ \end{aligned} \quad (12)$$

d. Phi (ϕ)

$$\begin{aligned} \phi &= \beta_1 + \beta_2 - (180^\circ - 2\epsilon) \\ (13) \quad &= 30^\circ + 90^\circ - (180^\circ - 2 \cdot 36,59^\circ) \\ &= 13,18^\circ \end{aligned}$$

e. Lebar setengah sudu (d)

$$\begin{aligned} f. \quad d &= \frac{R_1 \sin \phi}{2 \sin(180^\circ - \xi)} \\ (14) \quad &= \frac{150 \cdot \sin 13,18^\circ}{2 \sin(180^\circ - 36,59^\circ)} \\ &= 28,69 \text{ mm} \end{aligned}$$

g. Sudut lengkung sudu (Delta (δ))

$$\begin{aligned} \delta &= 180^\circ - 2(\beta_1 + \epsilon) \\ (16) \quad &= 180^\circ - 2(30^\circ + 23,41^\circ) \\ &= 73,18^\circ \end{aligned}$$

h. Jari-jari kelengkungan sudu (r_b)

$$\begin{aligned} r_b &= \frac{d}{\cos(\beta_1 + \epsilon)} \\ (17) \quad &= \frac{28,69}{\cos(30+23,41)} \\ &= 48,13 \text{ mm} \end{aligned}$$

i. Pusat jari-jari sudu (r_p)

$$\begin{aligned} r_p &= \sqrt{r_b^2 + R_1^2 - 2 \cdot r_b \cdot R_1 \cdot \cos \beta_1} \\ (18) \quad &= \sqrt{48,13^2 + 150^2 - 2 \cdot 48,13 \cdot 150 \cdot \cos 30} \\ &= 111 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berikut hasil analisa turbin crossflow bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Turbin Crossflow

No	Turbine Design crossflow	Results
1	Perencanaan Sudu Runner Kecepatan air masuk sudu-sudu (V)	9,9 m/dtk
2	Putaran runner (n)	296,72 rpm
3	Letak pembagian jarak sudu pada blade, Jarak sudu pada Di Jarak sudu pada Do	34,88 mm 52,33
4	Perencanaan Pulley dan Sabuk	d2 = 15,16 inchi, diambil 16 inchi
5	Panjang Sabuk	L = 2003,112 dipilih 2007 (A79)
6	Kecepatan Linear Sabuk	6,31 m/s
7	Berat Sabuk per Meter Panjang (w)	0,9284 N/m
8	Gaya Sentrifugal Sabuk	3,768 N
9	Gaya Maksimum Sabuk (Tmaks)	142,7944 N
10	Tegangan Pada Sisi Kencang Sabuk (T _i)	139,0264 N

11	Sudut Kontak Pulley	1,9797 rad
12	Tegangan Pada Sisi Kencang Sabuk (T ₂)	22,683 N
13	Perencanaan Poros Runner	45404,604 Nmm
14	Momen Pada Poros Runner Vr Fr Fa	0,942 dm ³ 72,634 877,585 N
15	Perhitungan Diameter Poros	ds = 31,565 mm
16	Perencanaan Pasak Poros Runner	Torsi = 4628,4 kg/mm R poros = 16,5 mm Bahan pasak = ST 37 (σb = 37 kg/mm ²)
17	Gaya Tangensial Pada Pasak	F = 280,51 kg L = 9,1 mm

Dari analisa diatas seperti perencanaan pasak poros runner, Pengaruh perencanaan pasak poros runner pada turbin crossflow memiliki dampak signifikan terhadap kekuatan dan keandalan turbin tersebut. Pasak poros runner bertanggung jawab untuk menghubungkan poros runner dengan bagian turbin lainnya, sehingga kekuatan dan dimensinya harus dirancang dengan cermat untuk menanggung beban torsi yang dihasilkan oleh turbin. Dalam kasus Anda, torsi yang dihasilkan oleh turbin crossflow adalah 4628,4 kg/mm, dengan diameter poros (R poros) sebesar 16,5 mm, dan menggunakan bahan pasak ST 37 dengan kekuatan luluh (σ_b) sebesar 37 kg/mm². Perencanaan pasak poros runner harus mempertimbangkan torsi yang diterima oleh pasak tersebut. Untuk memastikan keamanan dan keandalan operasi turbin, perlu dilakukan analisis kekuatan pasak berdasarkan prinsip-prinsip kekuatan material. Analisis tersebut meliputi penentuan dimensi pasak yang memadai untuk menahan torsi yang diberikan, serta memastikan bahwa tegangan yang dialami oleh pasak tidak melebihi batas kekuatan materialnya (Anand et al. 2021). Penelitian terdahulu dalam bidang perencanaan pasak poros pada turbin crossflow telah mengungkapkan pentingnya memperhitungkan faktor-faktor seperti dimensi pasak, bahan material, dan distribusi tegangan dalam desain pasak untuk memastikan kinerja dan keamanan yang optimal.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap perancangan turbin crossflow untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Padayo Indarung Padang, data yang terkumpul memberikan gambaran yang komprehensif tentang spesifikasi dan dimensi turbin yang sesuai dengan kebutuhan. Dengan mempertimbangkan aspek-aspek seperti diameter runner, lebar sudu, dan putaran yang dihasilkan, penelitian ini memberikan fondasi yang kuat dalam menentukan desain yang optimal. Selain itu, pemilihan bahan untuk poros turbin dan dimensi pasak juga merupakan hasil dari analisis yang teliti terhadap faktor-faktor struktural dan operasional yang relevan. Penelitian ini tidak hanya menghasilkan rincian teknis yang penting untuk pembangunan turbin crossflow, tetapi juga memberikan pemahaman yang

mendalam tentang kesesuaian desain dengan kebutuhan energi mikro hidro di wilayah Padayo Indarung. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar yang kokoh untuk pembangunan infrastruktur pembangkit listrik yang efisien dan berkelanjutan di Padayo Indarung Padang.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap perancangan turbin crossflow untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Padayo Indarung Padang, beberapa kesimpulan dapat ditarik. Turbin yang dipilih untuk pembangkit listrik tersebut merupakan jenis turbin crossflow dengan dimensi runner yang telah ditetapkan, termasuk diameter luar, lebar, dan jumlah sudu yang spesifik. Putaran runner yang dihasilkan juga telah diukur sebesar 296,72 rpm dengan menggunakan poros St-37 yang memiliki diameter 38 mm dan panjang 470 mm. Selain itu, pasak yang digunakan pada poros runner juga telah dirancang dengan dimensi yang sesuai. Untuk mentransmisikan daya dari turbin ke generator, digunakan pulley dan belt sebagai sistem transmisi yang sesuai. Pulley yang dipasang pada poros runner dan generator memiliki ukuran yang telah ditentukan, begitu juga dengan jenis belt yang digunakan. Dengan pengaturan yang telah dirancang dengan cermat, jarak antar poros yang optimal sebesar 602,02 mm juga telah dipertimbangkan. Kesimpulan ini menunjukkan bahwa perancangan turbin crossflow ini telah dilakukan dengan teliti dan sesuai dengan kebutuhan untuk menghasilkan listrik dari sumber energi mikro hidro dengan efisien dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, Nirmal, Chang-Gu Kim, Bhola Thapa, and Young-Ho Lee. 2015. "Numerical Analysis and Performance Enhancement of a Cross-Flow Hydro Turbine." *Renewable Energy* 80 (August): 819–26. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.064>.

- Allifah, Siti, and Pini Wijayanti. 2022. "Potensi Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca Dan Kelayakan Finansial Dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Cisolimar, Jawa Barat." *Jurnal Ilmu Lingkungan* 20 (4): 900–911. <https://doi.org/10.14710/jil.20.4.900-911>.
- Anand, R.S., C.P. Jawahar, Evangelos Bellos, and Anders Malmquist. 2021. "A Comprehensive Review on Crossflow Turbine for Hydropower Applications." *Ocean Engineering* 240 (November): 110015. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110015>.
- Anisa, Khairuni Delfi, Arwizet K, Remon Lapisa, and Mulianti Mulianti. 2022. "Comparative Study of Numerical and Experimental Analysis of Micro Hydro Power Plant in Nagari Koto Hilalang Solok Regency." *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering* 5 (1): 47–60. <https://doi.org/10.46574/motivection.v5i1.188>.
- Aryanto, Nova. 2023. "Dampak Inovasi Manajemen Industrialisasi Listrik Terhadap Sosial Ekonomi Masyarakat Nelayan Labuhan Sumbawa." *Jurnal Ekonomi Bisnis, Manajemen Dan Akuntansi (JEBMA)* 3 (3): 713–22. <https://doi.org/10.47709/jebma.v3i3.3005>.
- Bachant, Peter, and Martin Wosnik. 2015. "Characterising the Near-Wake of a Cross-Flow Turbine." *Journal of Turbulence* 16 (4): 392–410. <https://doi.org/10.1080/14685248.2014.1001852>.
- Boudreau, Matthieu, and Guy Dumas. 2017. "Comparison of the Wake Recovery of the Axial-Flow and Cross-Flow Turbine Concepts." *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 165 (June): 137–52. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2017.03.010>.
- Darsono, Febri Budi, Akhmad Nurdin, Rahmat Doni Widodo, and Rusiyanto Rusiyanto. 2021. "Studi Modifikasi Geometri Sudu Pada Turbin Air Propeller Menggunakan Metode Elemen Hingga." *Jurnal Rekayasa Mesin* 16 (3): 311. <https://doi.org/10.32497/jrm.v16i3.2498>.
- Darwito, Lilik, Hendri Nurdin, Purwantono Purwantono, and Andre Kurniawan. 2022. "Analysis of Power and Efficiency of Cross-Flow Turbine Due to Changes in Runner Rotation." *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering* 4 (1): 9–16. <https://doi.org/10.46574/motivection.v4i1.108>.
- Haryono, D A, A Fahrudin, A Akbar, and M Mulyadi. 2019. "The Effect of Blade Angle on Two-Stage Water Turbine against Power and Efficiency." *Journal of Physics: Conference Series* 1402 (4): 044044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/4/044044>.
- Irda Rosita, Eliyanora, and Diyah Hastiyahsari. 2018. "Merancang Aplikasi Database Keuangan Untuk Pengelolaan Keuangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh)." *Akuntansi Dan Manajemen* 13 (1): 112–18. <https://doi.org/10.30630/jam.v13i1.34>.
- Karudin, Arwizet, Desmarita Leni, Deviya Aprilman, Adriansyah Adriansyah, and Rivanol Chadry. 2023. "Performance Analysis of Hydrokinetic Turbine Using Shroud Ratio Comparison under Yaw Misalignment Condition."

- INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi* 23 (1): 21–32. <https://doi.org/10.24036/invotek.v23i1.1091>.
- Laksmiana, Satria Candra, A'rsy Fahrudin, and Ali Akbar. 2018. "Pengaruh Sudut Pengarah Aliran Pada Turbin Air Crossflow Tingkat Dua Terhadap Putaran Dan Daya." *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal* 3 (1): 35. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v3i1.1591>.
- Nasrullah, Nofriadi, Nasirwan, D Leni, and Septi Kesuma Dythia. 2023. "Analisis Kinerja Turbin Hidrokinetik Dengan Selubung Diffuser Pada Kondisi Yaw Misalignment Berdasarkan Variasi Kecepatan Aliran Air." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi* 6 (2). <https://doi.org/10.30596/rmme.v6i2.16190>.
- Putra, F. D., Effiandi, N., and Leni, D. n.d. "Pengoperasian Dan Perawatan PLTMH Pada Pembangkit Listrik Mikro Hidro (PLTMH) Di Sungai Batang Geringging Kota Padang." *Jurnal Teknik Mesin* 10 (2): 25–30.
- Rifai, Abdul Muis. 2023. "INVESTIGASI EFEK SOLIDITAS RUNNER TERHADAP PERFORMA TURBIN CROSSFLOW." *Otopro*, November, 1–7. <https://doi.org/10.26740/otopro.v19n1.p1-7>.
- Saefudin, Encu, Tarsisius Kristyadi, Muhammad Rifki, and Syaiful Arifin. 2018. "Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan." *Jurnal Rekayasa Hijau* 1 (3). <https://doi.org/10.26760/jrh.v1i3.1775>.
- Saleh, Zulkiffli, Yosi Apriani, Feby Ardianto, and Ricky Purwanto. 2019. "ANALISIS KARAKTERISTIK TURBIN CROSSFLOW KAPASITAS 5 kW." *JURNAL SURYA ENERGY* 3 (2): 255. <https://doi.org/10.32502/jse.v3i2.1484>.
- Setiawan, Willy, Nuryanti Mustari, and Ahmad Taufik. 2021. "Inovasi Pemerintah Dalam Menghasilkan Listrik Murah Pembangkit Listrik Tenaga Micro Hidro (PLTMH) Di Kampung Kayu Biranga Kabupaten Bulukumba." *Kybernology: Journal of Government Studies* 1 (1): 34–45. <https://doi.org/10.26618/kjgs.v1i1.5004>.
- Suryono, Edy, and Agustinus Eko Budi Nusantara. 2017. "SIMULASI TURBIN CROSSFLOW DENGAN JUMLAH SUDU 18 SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK PICOHYDRO." *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer* 8 (2): 547. <https://doi.org/10.24176/simet.v8i2.1412>.
- Tarmizi, Achmad, and Herry Wardono. 2020. "Studi Kelayakan Dan Perancangan Serta Implementasi Turbin Pada Proyek PLTMH Di Kabupaten Sleman Yogyakarta." *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung* 1 (2): 28–39. <https://doi.org/10.23960/jpi.v1n2.48>.