

Pembuatan Turbin Air Tipe *Crossflow* sebagai Penggerak Generator Fase-tunggal pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Felix Adityo Rachman

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Ibn Khaldun Bogor
Jalan Sholeh Iskandar km.2,
Kedungbadak, Tanah Sareal,
Kota Bogor, 16164, Jawa Barat,
Indonesia.
felixadityo1234@gmail.com

Arief Goeritno

Electrical Engineering Study Program
Universitas Ibn Khaldun Bogor
Jalan Sholeh Iskandar km.2,
Kedungbadak, Tanah Sareal,
Kota Bogor, 16164, Jawa Barat,
Indonesia.
arief.goeritno@uika-bogor.ac.id

Abstrak- Turbin air tipe *crossflow* merupakan jenis turbin yang dapat dioperasikan pada *head* rendah dengan debit air disesuaikan dengan aliran air dengan nilai efisiensi mekanis tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai pengkonversi energi potensial air menjadi energi kinetik untuk penggerakan poros generator listrik. Pokok bahasan pada artikel ini berkaitan dengan sasaran penelitian yang meliputi (i) penghitungan debit air melalui simulasi dengan sejumlah nilai tinggi jatuh air dan penghitungan lanjutan untuk perolehan sejumlah parameter penting untuk pembuatan konstruksi turbin air, dan (ii) pembuatan turbin air berdasarkan penetapan sejumlah parameter. Hasil simulasi berdasarkan nilai asumsi beberapa variasi tinggi jatuh, diperoleh nilai debit air yang dipilih. Hasil penghitungan lanjutan berupa perolehan nilai perbandingan lebar dan diameter luar turbin untuk penghitungan sejumlah parameter sebagai pedoman dalam pembuatan fisis turbin air. Dalam rancangan terhadap fisis turbin air dilakukan melalui perhitungan, sehingga diperoleh sejumlah nilai diameter luar turbin, lebar turbin, diameter dalam turbin, jarak antar sudu, jari-jari kelengkungan sudu, dan jumlah sudu. Berdasarkan nilai hasil simulasi, diperoleh sejumlah nilai untuk pembuatan turbin air tipe *crossflow* yang meliputi diameter luar turbin 38,5 cm, diameter dalam turbin 25,3 cm, lebar turbin 20 cm, diameter poros turbin 20 mm, jarak antar sudu 7 cm, jari-jari kelengkungan sudu 6,27 cm, dan jumlah sudu sebanyak 18 buah. Berpedoman terhadap sejumlah nilai tersebut, maka dapat dilakukan pembuatan struktur fisis turbin air tipe *crossflow*.

Kata kunci: debit air, tinggi jatuh air, turbin air tipe *crossflow*

Abstract- The *crossflow* type water turbine is a type of turbine that can be operated at low head with the water flow adjusted to the water flow with a high mechanical efficiency value, so that it can be used to convert water potential energy into kinetic energy to drive the electric generator shaft. The subject of this article is related to research objectives which include (i) calculating water discharge through simulation with a number of water fall height values and further calculations to obtain a number of important parameters for making water turbine construction, and (ii) making water turbines based on determining a number of parameters. The simulation results are based on the assumed values of several variations in fall height, and the selected water discharge values are obtained. The results of further calculations are in the form of obtaining comparative values for the width and outer diameter of the turbine for calculating a number of parameters as a guide in the physical construction of water turbines. In the physical design of water turbines, calculations are carried out to obtain a number of values for the outer diameter of the turbine, the width of the turbine, the inner diameter of the turbine, the distance between the blades, the radius of curvature of the blades and the number of blades. Based on the simulation results, a number of values were obtained for making a *crossflow* type water turbine, including the outer diameter of the turbine 38.5 cm, the inner diameter of the turbine 25.3 cm, the width of the turbine 20 cm, the diameter of the turbine shaft 20 mm, the distance between the blades 7 cm, the radius - The radius of curvature of the blade is 6.27 cm, and the number of blades is 18. Based on these values, the physical structure of a *crossflow* type water turbine can be created.

Key words: water discharge, water fall height, *crossflow* type water turbine

I. PENDAHULUAN

Pembuatan turbin air tipe *Crossflow* [1-6] untuk penggerakan poros generator fase-tunggal yang menjadi satu kesatuan pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) [7] bertujuan untuk perolehan daya

listrik kapasitas piko melalui pemanfaatan tenaga air sebagai bentuk energi baru terbarukan pada aliran air. Energi merupakan kebutuhan sangat penting bagi kehidupan masyarakat, terutama dalam bentuk daya listrik [8-10]. Penggunaan daya listrik bagi kebutuhan

masyarakat telah terjadi peningkatan permintaan setiap tahunnya, sehingga diperlukan sumber dari energi terbarukan yang dapat digunakan untuk pemenuhan terhadap kebutuhan listrik jangka panjang pada masyarakat. Berdasarkan uraian tersebut, maka dibuat bentuk fisis turbin air tipe *crossflow* [1-6] untuk perolehan daya terbangkit kurang dari 5 kW [7].

Turbin air merupakan sebuah mesin yang berfungsi sebagai pengubah energi potensial yang dimiliki air menjadi energi mekanik, dimana energi mekanik yang dihasilkan turbin diteruskan oleh poros turbin ke poros generator listrik, agar dapat dihasilkan daya listrik [1-9]. Pemilihan jenis turbin air yang dapat dioperasikan pada tinggi jatuh air (*head*) rendah dengan kesesuaian debit air pada aliran air, merupakan sebuah upaya yang dapat digunakan untuk pengkonversi energi potensial pada air [8-10] menjadi energi kinetik untuk penggerakan poros generator listrik pada PLTPH [7]. Tipe turbin air dimaksud, yaitu turbin *crossflow* [1-7]. Turbin air tipe *Crossflow* [1-6] merupakan turbin jenis impuls dengan tipe aliran radial yang dapat dioperasikan pada debit air sebesar 0,002 m³ per detik hingga 10 m³ per detik dengan *head* antara satu hingga dua ratus meter, sehingga turbin ini dengan potensi cukup baik sebagai pembangkit listrik tenaga air dengan konstruksi cukup sederhana. Konstruksi fisis turbin dimungkinkan untuk ketercapaian minimasi biaya produksi [5]. Turbin air tipe *crossflow* termasuk jenis turbin dengan efisiensi besar [1-6]. Penelitian terdahulu telah dilakukan oleh Yanda, Abubakar, dan Radhiah tahun 2021 ditunjukkan, bahwa turbin air dengan tipe *crossflow* diberikan debit air 0,021065 m³ per detik dan tinggi jatuh air sebesar 5,13 m, dihasilkan daya 848,08 watt dan efisiensi turbin 80% [11]. Berdasarkan hasil penelitian ditunjukkan, bahwa dengan debit air dan tinggi jatuh air yang masih dalam *range* operasionalnya, dapat dihasilkan efisiensi turbin cukup tinggi [1-6].

Berdasarkan uraian latar belakang dan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penetapan rumusan masalah melalui pembuatan konstruksi turbin air tipe *crossflow* dengan sejumlah tahapan, yaitu simulasi untuk penghitungan beberapa nilai variasi debit air dengan beberapa nilai tinggi jatuh air [4]. Hasil simulasi digunakan sebagai pedoman dalam pemilihan nilai perbandingan lebar dan diameter luar turbin air, sehingga dapat digunakan untuk penghitungan sejumlah parameter yang meliputi i) diameter luar turbin, ii) diameter dalam turbin, iii) lebar turbin, iv) diameter poros turbin, v) jarak antar sudu, vi) jari-jari kelengkungan sudu, dan vii) jumlah sudu, sehingga struktur fisis turbin air dapat dirancang dan direalisasikan.

Berpedoman kepada rumusan masalah, maka ditetapkan sasaran penelitian yang berkaitan dengan dua bahasan utama pada artikel ini, yaitu (i) melakukan simulasi untuk perolehan nilai debit air berdasarkan tiga nilai berbeda tinggi jatuh air dan (ii) pembuatan struktur fisis turbin air berdasarkan sejumlah nilai parameter yang berkaitan dari hasil perhitungan. Struktur artikel ini terdiri atas beberapa bab [12] dengan urutan penjabaran lebih lanjut setelah bab 1 pendahuluan ini,

yaitu bab 2 bahan, alat, dan metode penelitian, bab 3 hasil dan bahasan, dan bab 4 kesimpulan .

II. BAHAN, ALAT, DAN METODE PENELITIAN

2.1. Bahan dan Alat Penelitian

Dalam keberlangsungan penelitian, sejumlah bahan, alat penelitian, dan alat ukur dibutuhkan untuk dukungan terhadap proses pelaksanaan penelitian. Bahan-bahan dalam pembuatan turbin air tipe *crossflow*, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

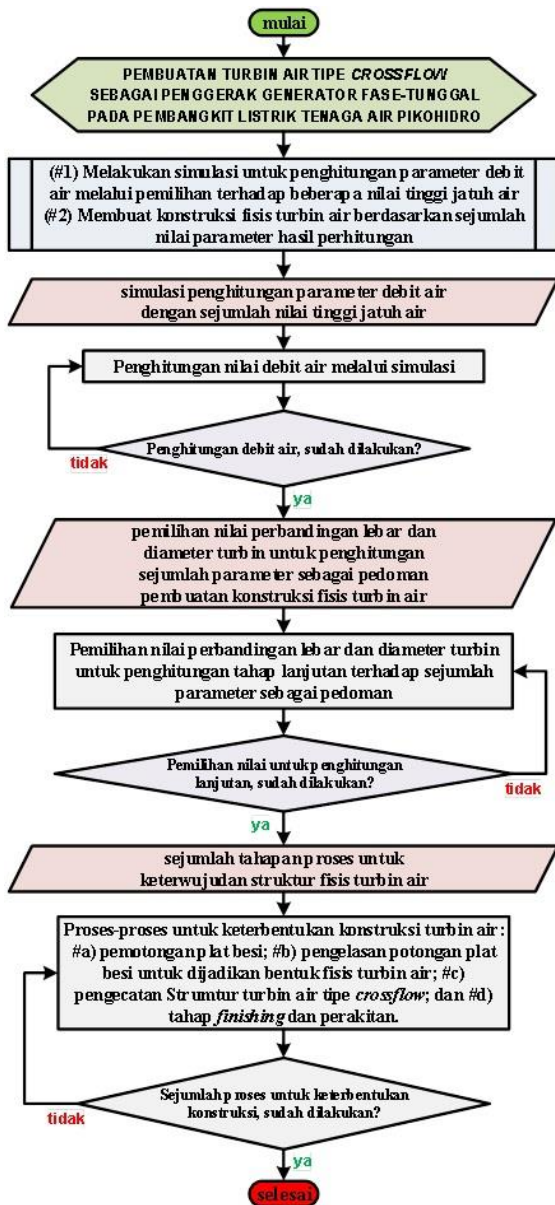
Tabel 1. Bahan-bahan penelitian untuk pembuatan turbin air tipe *crossflow*

No.	Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1	Plat besi	-	1 lembar
2	Pipa besi	-	1
3	Ember	-	1
4	Besi siku	6 m	1
5	Besi poros	-	1
6	Bearing	<i>Pillow block</i>	2
7	Pipa pvc	3 m	3
8	Sambungan pipa	-	3
9	<i>Pulley</i>	14 <i>inch</i>	1
10	V-belt	-	1
11	Cat	-	1
12	Baut dan mur	-	1 boks
13	Mata gerinda	-	3
14	Elektrode las	-	1 boks

Sejumlah peralatan penelitian, meliputi mesin gerind, las listrik, bor listrik, dan toolkit, sedangkan alat ukur yang digunakan berupa *tachometer* dan multimeter.

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian diwujudkan dalam setiap langkah penelitian untuk pencapaian sasaran penelitian. Metode penelitian diwujudkan dalam bentuk diagram alir (*flow chart*) [13, 14, 12]. Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

Berdasarkan pada Gambar 1 dapat dijelaskan, bahwa sejumlah langkah pada penelitian ini merupakan upaya untuk pencapaian setiap sasaran penelitian yang berkaitan dengan pelaksanaan simulasi dan pembuatan struktur fisis turbin air.

Dalam perancangan turbin air tipe *crossflow* dilakukan perhitungan secara matematis, meliputi sejumlah persamaan untuk perhitungan debit air dan sejumlah parameter untuk perancangan konstruksi fisis turbin air tipe *crossflow*. Persamaan matematika untuk penghitungan debit air, seperti ditunjukkan pada persamaan (1) [4].

$$Q = \frac{v}{t} \quad (1),$$

dengan Q = debit air, [m³/detik]; v = volume, [m³]; dan t = waktu, [detik].

Sejumlah nilai untuk tinggi jatuh air bertujuan untuk pencapaian penggunaan turbin, agar turbin dapat beroperasi secara maksimal.

Sejumlah persamaan matematika digunakan sebagai pedoman untuk perancangan turbin air tipe *crossflow* yang berkaitan dengan (i) lebar dan diameter luar *runner* turbin, (ii) diameter dalam *runner* turbin, (iii) jarak antar sudu, (iv) jari-jari kelengkungan sudu, dan (v) jumlah sudu. Persamaan dasar untuk keperluan tersebut digunakan persamaan Mockmore [4, 6]. Persamaan Mockmore untuk penghitungan nilai perbandingan diameter luar *runner* turbin dan lebar *runner* turbin digunakan persamaan (2).

#a) Untuk perhitungan perbandingan lebar turbin (L) dan diameter luar (D) digunakan persamaan (2) [4], sehingga diperoleh:

$$LD = \frac{2,62 Q}{\sqrt{H}} \quad (2).$$

#b) Perhitungan diameter dalam turbin (D_1) digunakan persamaan (3) [4].

$$D_1 = \frac{2}{3} D \quad (3).$$

#c) Perhitungan jarak antar sudu (K) digunakan persamaan (4) [2].

$$K = 0,174 D \quad (4).$$

#d) Perhitungan jari-jari kelengkungan sudu (ρ) digunakan persamaan (5) [4].

$$\rho = 0,3261 x r_1 \quad (5).$$

#e) Perhitungan jumlah sudu (N) digunakan persamaan (6) [4].

$$N = \frac{\pi \cdot D}{K} \quad (6).$$

III. HASIL DAN BAHASAN

A. Simulasi untuk Perolehan Nilai Debit Air dan Sejumlah Nilai Parameter untuk Turbin Air Tipe *Crossflow*

Sebelum dilakukan pembuatan struktur fisis turbin air tipe *crossflow*, terlebih dahulu dilakukan proses simulasi terhadap perhitungan debit air (m³/det) dengan beberapa asumsi nilai tinggi jatuh air (meter). Simulasi untuk penghitungan nilai debit air, digunakan dengan kondisi ketika tanpa generator dan ketika dengan generator. Beberapa nilai asumsi untuk tinggi jatuh air, yaitu 0,86 m, 1,5 m, dan 3,2 m terhitung dari titik bawah permukaan tanah hingga penampungan air. Tinggi jatuh air dengan nilai yang berbeda dapat dihasilkan daya mekanik yang berbeda sesuai kebutuhan penelitian. Perhitungan debit air dilakukan dengan dua kondisi, yaitu perhitungan debit air tanpa generator dan perhitungan dengan generator.

A.1 Perhitungan debit air tanpa keikutsertaan generator

Perhitungan debit air tanpa generator dilakukan dengan tiga nilai tinggi jatuh air, yaitu 0,86 m, 1,5 m, dan 3,2 m yang dihitung dengan persamaan (1).

>> Perolehan nilai debit air dengan tinggi jatuh air 0,86 m, yaitu:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{0,008}{26} = 0,000307 \text{ m}^3 \text{ per detik.}$$

>> Perolehan nilai debit air dengan tinggi jatuh air 1,5 m, yaitu:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{0,008}{23} = 0,000347 \text{ m}^3 \text{ per detik.}$$

>> Perolehan nilai debit air dengan tinggi jatuh air 3,2 m, yaitu:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{0,008}{18} = 0,000444 \text{ m}^3 \text{ per detik.}$$

A.2 Perhitungan debit air dengan keikutsertaan generator

Perhitungan debit air dengan generator dilakukan dengan tiga nilai tinggi jatuh air yang sama, yaitu 0,86 meter, 1,5 meter, dan 3,2 meter.

>> Penetapan nilai sebesar 0,86 meter, sehingga diperoleh nilai debit air:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{0,008}{25} = 0,00032 \text{ m}^3 \text{ per detik.}$$

>> Penetapan nilai sebesar 1,5 meter, sehingga diperoleh nilai debit air:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{0,008}{22} = 0,000363 \text{ m}^3 \text{ per detik.}$$

>> Penetapan nilai tinggi jatuh air sebesar 3,2 meter, diperoleh nilai debit air:

$$Q = \frac{v}{t} = \frac{0,008}{17} = 0,000470 \text{ m}^3 \text{ per detik.}$$

Penggunaan persamaan (2), diperoleh nilai perbandingan lebar dan diameter luar turbin, sebesar:

$$LD = \frac{2,62 Q}{\sqrt{H}} = \frac{2,62 \times 0,051}{\sqrt{3}} = 0,0771 \text{ m}^2 = 771 \text{ cm}^2.$$

Hasil perhitungan diameter luar dan lebar sudu turbin, diperoleh perbandingan antara lebar dan diameter turbin. Pasangan nilai perbandingan lebar dan diameter turbin, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pasangan nilai perbandingan lebar dan diameter turbin

$LD = 771 \text{ (cm}^2\text{)}$				
$L \text{ (cm)}$	$D \text{ (cm)}$		$L \text{ (cm)}$	$D \text{ (cm)}$
10	77,1		30	25,7
20	38,5		40	19,28

Berdasarkan Tabel 2 ditunjukkan, bahwa perbandingan lebar dan diameter turbin dipilih, yaitu - lebar untuk turbin 20 cm dan diameter turbin sebesar 38,5 cm. Berdasarkan pemilihan nilai lebar dan diameter turbin tersebut, maka dilakukan penghitungan lanjutan terhadap (i) diameter dalam *runner* turbin dihitung berdasarkan persamaan (3); (ii) jarak antar sudu (K)

dihitung berdasarkan persamaan (4); (iii) jari-jari kelengkungan sudu (ρ) dihitung berdasarkan persamaan (5); dan (iv) jumlah sudu dihitung berdasarkan persamaan (6).

@ Diameter dalam *runner* turbin:

$$D^1 = \frac{2}{3} D = \frac{2}{3} 38,5 = 25,6 \text{ cm.}$$

@ Jarak antar sudu (K):

$$K = 0,174 D = 0,174 \cdot 38,5 = 6,7 \text{ cm.}$$

@ Jari-jari kelengkungan sudu (ρ):

$$\rho = 0,3261 \cdot r^1 = 0,3261 \cdot 19,25 = 6,27 \text{ cm.}$$

$$\text{@ Jumlah sudu: } N = \frac{\pi \cdot D}{K} = \frac{3,14 \cdot 38,5}{6,7} = 18 \text{ sudu.}$$

B. Struktur Turbin Air Tipe *Crossflow*

Beberapa proses yang dilakukan dalam pembuatan turbin air tipe *crossflow*, yaitu pemotongan plat besi sebagai bahan pembuatan turbin air tipe *crossflow*, pengelasan plat besi menjadi bentuk fisis turbin, proses pengecatan turbin air tipe *crossflow*, dan tahap *finishing* berupa produksi akhir (jadi) konstruksi turbin air tipe *crossflow*.

B.1 Proses pemotongan plat besi

Dalam proses pemotongan plat besi untuk bentuk rumah turbin yang ditentukan, meliputi diameter turbin, dan sudu turbin. Proses pemotongan plat besi, ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pemotongan plat besi

Berdasarkan Gambar 2 dapat dijelaskan, dalam proses pemotongan plat besi bentuk plat yang telah dibuat, yaitu diameter turbin, sudu turbin, dan rumah turbin.

B.2 Pengelasan bahan plat besi untuk dijadikan bentuk fisis turbin air

Proses pengelasan dilakukan untuk penggabungan bentuk plat besi yang sudah ditentukan menjadi bentuk

fisis turbin air tipe *crossflow*. Proses pengelasan, ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengelasan plat besi menjadi bentuk fisis turbin air tipe *crossflow*

Berdasarkan gambar 3 dapat dijelaskan, dalam pengelasan plat besi menjadi bentuk fisis turbin air tipe *crossflow*, bentuk plat yang dilakukan pengelasan yaitu, diameter turbin, sudu turbin, poros turbin dan rumah turbin telah berhasil dilakukan.

B.3 Pengecatan turbin air tipe *crossflow*

Proses pengecatan adalah tahap *finishing* pada turbin air tipe *crossflow*. Proses pengecatan, ditunjukkan pada Gambar 4.

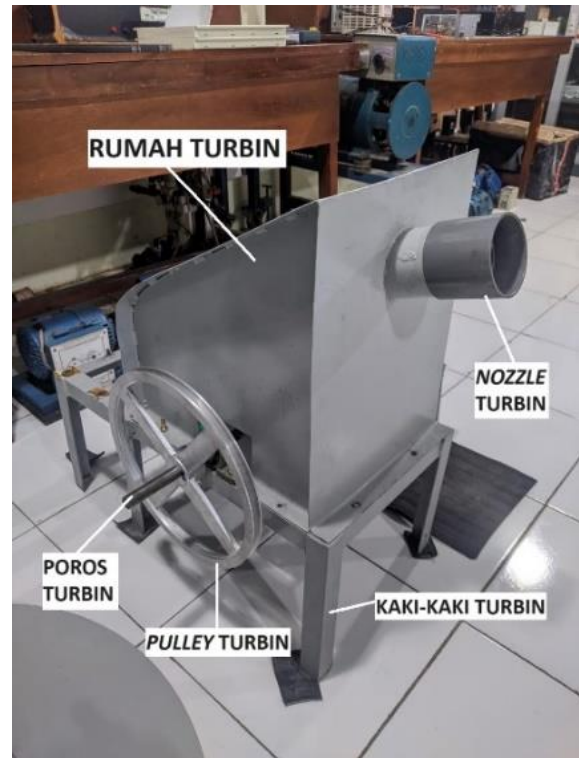


Gambar 4. Proses pengecatan turbin air tipe *crossflow*

Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan, bahwa proses pengecatan turbin air tipe *crossflow*, dilanjutkan dengan tahap *finishing* dan perakitan untuk perolehan produk jadi.

B.4 Tahap *finishing* dan perakitan

Hasil perancangan dan pembuatan konstruksi turbin air tipe *crossflow* yang telah dilakukan, ditunjukkan seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Bentuk fisis turbin air tipe *crossflow*

Berdasarkan Gambar 5 dapat dijelaskan, bentuk fisis turbin air tipe *crossflow* meliputi, rumah turbin, nozzle turbin, poros turbin, pulley turbin, dan kaki-kaki turbin.

Spesifikasi turbin air tipe *crossflow* yang telah dirancang dan direalisasikan, yaitu:

\$ Tipe turbin	: <i>Crossflow</i>
\$ Diameter luar turbin	: 38,5 cm
\$ Diameter dalam turbin	: 25,3 cm
\$ Lebar <i>runner</i> turbin	: 20 cm
\$ Diameter poros turbin	: 20 mm
\$ Jarak antar sudu	: 7 cm
\$ Jari-jari kelengkungan sudu	: 6,27 cm
\$ Jumlah sudu	: 18 sudu
\$ <i>Pulley</i>	: 14 inci.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan bahasan, dapat ditarik kesimpulan sesuai sasaran penelitian. Hasil perhitungan debit air, perhitungan turbin air tipe *crossflow* secara matematis, dan bentuk fisis turbin air tipe *crossflow* dapat beroperasi dengan baik dengan efisiensi yang besar. Permasalahan yang terjadi, yaitu perbedaan ukuran nozzle turbin, keterbutuhan aliran yang lebih banyak dengan kebutuhan untuk penampungan air lebih besar, oleh sebab itu dapat disimpulkan telah tercapainya pembuatan turbin air tipe *crossflow* sebagai penggerak generator fase-tunggal pada pembangkit listrik tenaga pikohidro.

Pembuatan turbin air tipe *crossflow* diperoleh hasil berupa dimensi turbin, yaitu diameter luar *runner* turbin 38,5 cm, diameter dalam turbin 25,3 cm, lebar *runner* turbin 20 cm, jarak antar sudu 7 cm, jumlah sudu 18 buah, diameter poros 20 mm, dan *pulley* yang digunakan 14 *inch*. Berdasarkan hasil penghitungan, perancangan dan pembuatan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan, bahwa struktur turbin air tipe *crossflow* dapat digunakan untuk proses konversi tenaga air menjadi daya listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.D.P. Restrepo, "Study of the Effect of the Geometrical Parameters of the Runner and Operation Conditions on Performance and Flow Characteristics in a Cross Flow Turbine," M.S. thesis, Dept. of Mech. Eng., Universidad Eafit. June 2014. [Online] <https://core.ac.uk/download/pdf/47242052.pdf>
- [2] A.T. Chandran, P. Surendran, and J. Chandapillai, "Design Methodology and Structural analysis of Cross flow Turbine," in Proceeding of flotek.g 2017- "Innovative Solutions in Flow Measurement and Control - Oil, Water, and Gas" August 28-30, 2017, FCRI, Palakkad, Kerala, India, pp. 1-10. [Online]. <https://www.flotekg.com/pdf/papers/fg1735.pdf>
- [3] H. Irawan, dan M. Mujiburrahman, "Perancangan Turbin Air Tipe Crossflow sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro," *Al-Jazari: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 46–50, Mei 2019. <http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v4i1.1981>
- [4] D.K. Anam, dan P.A. Adiwibowo, "Experimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Setengah Lingkaran terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal", *JTM*, vol. 08, no. 01, hal 129-138, 2020. [Online]. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/download/32163/29151>
- [5] I.P.A. Wiranata, I.G.N. Janardana, dan I.W.A. Wijaya, "Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Turbin Cross-Flow," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 7, no. 4, hlm. 151-160, Desember 2020. <https://doi.org/10.24843/SPEKTRUM.2020.v07.i04.p20>
- [6] E. Quaranta, J.P. Perrier, and R. Revelli, "Optimal design process of crossflow Banki turbines: Literature review and novel expeditious equations," *Ocean Engineering*, vol. 257, August 1, 2022, 111582. <https://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2022.111582>
- [7] B. Sepannur, P. Aswir, dan A. Rafika, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Picohidro (PLTPH) Rumah Tangga," *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 21, no.1, hlm. 16-24, Juni 2021. <http://dx.doi.org/10.36275/stsp.v21i1.345>
- [8] A. Taufiqurrahman, dan J. Windarta, "Overview Potensi dan Perkembangan Pemanfaatan Energi Air di Indonesia," *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, vol. 1, no. 3, hlm. 124 – 132, 2020. <https://dx.doi.org/10.14710/jebt.2020.10036>
- [9] M.N. Yazid, "Pemanfaatan Potensi Air yang Ramah Lingkungan sebagai Sumberdaya Energi Listrik," *UEEJ-Unbara Environment Engineering Journal*, vol. 02, no.01, hlm. 1-7, November 2021. [Online]. <https://journal.unbara.ac.id/index.php/UEEJ/article/download/1187/733>
- [10] R.B. Astro, Y.D. Ngapa, S.G. Toda, dan A. Nggong, "Potensi Energi Air sebagai Sumber Listrik Ramah Lingkungan di Pulau Flores," *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, vol. 4, no. 2, hlm. 125-133, Desember 2020. [Online]. <https://ejournal.uniflor.ac.id/index.php/optika/article/download/710/738>
- [11] A.J. Yanda, S. Abubakar, dan Rhadiyah, "Perancangan Turbin Cross-Flow pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH) di Desa Wih Tenang Uken Bener Meriah," *Jurnal Tektro*, vol. 5, no. 1, pp. 69–76, Maret 2021. [Online]. <https://ejournal.pnl.ac.id/TEKTRO/article/viewFile/2798/2347>
- [12] A. Goeritno, Y. Prasetya, Y. Yuhefizar, M. Muhathir, S. Lestari, and I.M. Azama, Prototyping an IoT-Platform Embedded Device to Prevent the Failure of the Battery System at the Kedungbadak-Bogor Substation," *International Journal of Safety and Security Engineering*, vol. 13, no. 3, pp. 385-394, June 2023. <https://dx.doi.org/10.18280/ijss.130301>
- [13] E.B. Miranda, dan A. Goeritno, "Prediksi Daya Keluaran Panel Surya Seri-paralel melalui Metode Linearisasi Fungsi Tak-linear," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 24, no. 4, hlm. 133-141, Oktober 2022. <https://doi.org/10.14710/transmisi.24.4.133-141>
- [14] M.A. Maulana, dan A. Goeritno, "Pendugaan Kebutuhan Daya Listrik Berbantuan Metode Linearisasi Fungsi Nonlinear Untuk Produksi Sebuah Generator Oksigen," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 24, no. 4, hlm. 153-161, Oktober 2022. <https://doi.org/10.14710/transmisi.24.4.153-161>