

Rancang Bangun Simulator Turbin Air *Crossflow* Skala Laboratorium

^a **Edi Purwono, Aji Sahril Imam**

Universitas Kebangsaan Republik Indonesia, Jalan Terusan Halimun No 37, Bandung 40263, Indonesia

e-mail: ^a edi.pur56@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsep rancang bangun simulator turbin air *crossflow* berskala laboratorium menggunakan tekanan hidrostatik. Tandon digunakan sebagai bendungan buatan yang memberi tekanan pada air yang mengalir ke turbin yang dipasang di bawahnya serta dihubungkan ke generator dengan menggunakan transmisi daya puli dan sabuk. Pompa air yang digunakan berkapasitas 9000 liter/jam. Tandon air berupa drum plastik berkapasitas 150 liter dengan diameter 500 mm, ketinggian 900 mm, dan rangka baja hollow 30 mm × 30 mm berketebalan 1 mm. Hasil pengujian menunjukkan tekanan hidrostatik sebesar 4885,3 N/m², gaya fluida yang menuju turbin sebesar 48,64 N, kecepatan 19,6 m/s, dan laju debit air menuju turbin 0,15 m³/menit. Untuk hasil uji dengan perancangan dimensi turbin *crossflow* diameter luar 80 mm, diameter dalam runner 53,3 mm, lebar 34,23 mm, jari-jari kelengkungan sudu turbin 11,82 mm, torsi yang dihasilkan turbin 198,53 kg mm. Diameter puli yang digunakan 3 inci untuk turbin dan 2 inci untuk generator. Sedangkan hasil pengujian rata-rata untuk kecepatan putaran turbin adalah 968,8 rpm, kecepatan putar generator 1486,5 rpm, dan daya listrik yang dihasilkan adalah sebesar 12,4 watt.

Kata kunci: turbin *crossflow*, gravitasi, generator, daya listrik

Abstract

The aim of this research is to determine the concept of designing a laboratory scale crossflow water turbine simulator using hydrostatic pressure. Reservoirs are used as artificial dams that provide pressure on water which is channeled to turbines installed underneath and connected to generators using pulleys and belt power transmission. The water pump used has a capacity of 9000 liters/hour. The water reservoir is in the form of a plastic drum with a capacity of 150 liters with a diameter of 500 mm, a height of 900 mm, and a hollow steel frame of 30 mm×30 mm with a thickness of 1 mm. The test results show that the hydrostatic pressure is 4885.3 N/m², the fluid force towards the turbine is 48.64 N, the speed is 19.6 m/s, and the water discharge rate towards the turbine is 0.15 m³/minute. For test results with crossflow turbine design dimensions, outer diameter of 80 mm, runner inner diameter of 53.3 mm, width of 34.23 mm, radius of curvature of the turbine blade 11.82 mm, the torque produced by the turbine is 198.53 kg mm. The diameter of the pulley used is 3 inches for the turbine and 2 inches for the generator. Meanwhile, the test results mean the turbine rotation speed is 968.8 rpm, the generator rotation speed is 1486.5 rpm, and the electrical power produced is 12.4 watts.

Key words: *crossflow turbine, gravity, generator, electric power*

Diterima : 2 Oktober 2023

Diperbaiki : 16 Oktober 2023

Disetujui : 20 Oktober 2023

Edi Purwono, Aji Sahril Imam
Under the license CC BY-SA 4.0

Pendahuluan

Turbin adalah sebuah mesin penggerak yang memanfaatkan energi dari aliran fluida seperti air dan gas untuk menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Dalam pembangkit listrik tenaga pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) skala laboratorium (Wiludjeng, 2017) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Sedangkan turbin air merupakan turbin yang bekerja dengan menggunakan fluida air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Berdasarkan prinsip kerja turbin air dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. (Haryadi, 2010)

Turbin impuls disebut juga dengan turbin air tekanan sama karena tekanan air yang keluar dari nozel tekanannya sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Sehingga energi tempat dan energi tekanan yang dimiliki oleh aliran air dirubah semuanya menjadi energi kecepatan. Contoh dari turbin impuls ini adalah turbin pelton, turbin *crossflow* dan lain-lain (Haryadi, 2010) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



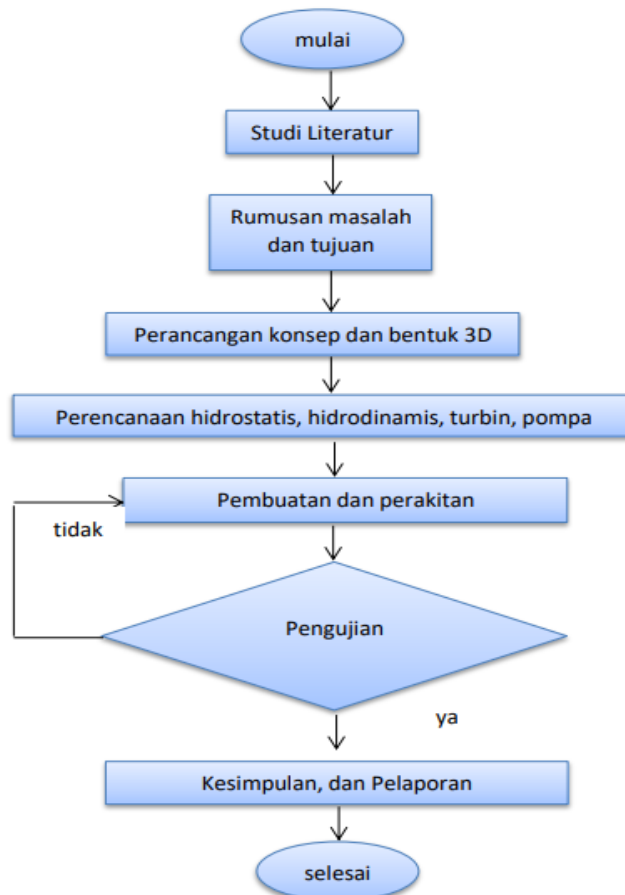
Gambar 1. Jenis-jenis turbin impuls

Pembangkit listrik pikohidro (Bustami, 2017) yaitu pembangkit listrik tenaga air yang mempunyai daya output dari ratusan watt hingga 5kW. Pembangkit listrik tenaga pikohidro biasa disebut *clean energy* sebab sistem yang digunakan dari alam bersifat ramah lingkungan. Keluaran dari sistem pembangkit air langsung keluar berupa air seperti semula, sehingga dapat dibangun di lingkungan masyarakat. Seperti pada aliran sungai, maupun saluran irigasi sawah. Energi air yang dimanfaatkan berasal dari aliran sungai atau danau yang dibendung dan dari ketinggian tertentu serta debit air yang sesuai akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuh air, maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Sistem pembangkit listrik termasuk dalam sistem konversi energi, dengan menggunakan turbin air dan generator. Secara teknis, Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro memiliki tiga komponen inti dalam sistem pembangkitannya yaitu energi air yang berguna sebagai energi penggerak mula, turbin air yang berguna sebagai alat perubah energi potensial menjadi energi kinetik, dan generator sebagai perangkat yang berguna untuk sistem konversi dari energi mekanik menjadi energi listrik (Haryadi, 2010). Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk membuat rancang bangun simulator turbin *crossflow* skala laboratorium.

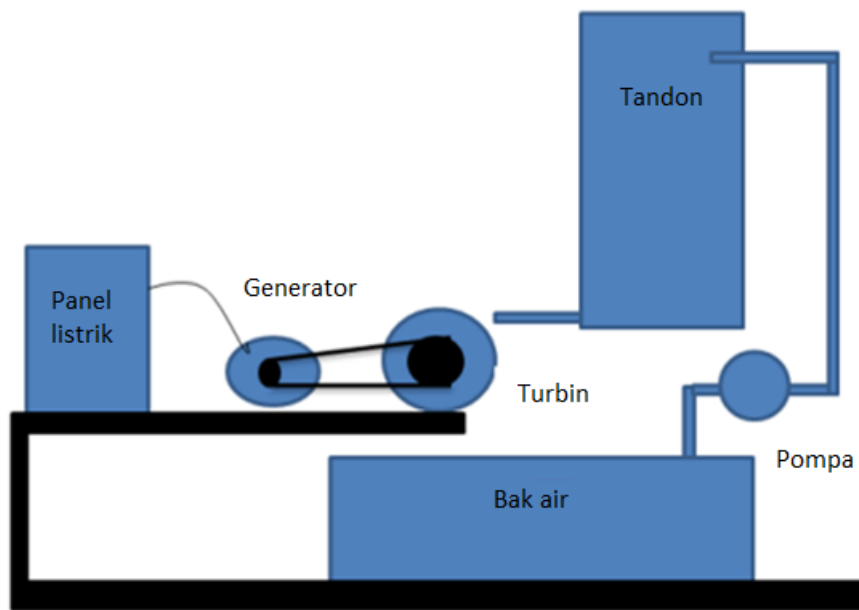
Metoda Penelitian

Tahapan kegiatan yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 2. Penjelasan setiap tahapan diuraikan sebagai berikut:

1. Studi Literatur, pada tahap ini peneliti mencari literasi dari berbagai sumber baik sumber literasi jurnal penelitian maupun dari buku referensi.
2. Rumusan masalah dan tujuan, setelah melakukan studi pustaka, peneliti kemudian menentukan rumusan masalah dan tujuan dari penelitian. Rumusan masalah dan tujuan menjadi dasar dan target yang akan dicapai pada penelitian ini. Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah belum adanya simulator turbin air skala laboratorium yang menggunakan tekanan air secara gravitasi tanpa menggunakan pompa untuk memutar turbin, dan bentuk tendon air sebagai representasi bendungan buatan yang menggunakan bahan transparan agar dapat terlihat volume air pada tendon atau bendungan.
3. Perancangan konsep dan bentuk 3D disini dilakukan agar memudahkan proses perancangan selanjutnya, agar dapat gambaran secara umum alat yang akan dibuat.
4. Perencanaan hidrostatis, hidrodinamis, turbin, dan pompa disini adalah mencari referensi literatur rumus yang akan digunakan untuk menghitung beberapa parameter yang akan dihitung, dan merencanakan dimensi turbin, dan menentukan pompa sirkulasi yang akan digunakan.
5. Pembuatan dan perakitan pada penelitian ini adalah membuat atau merakit seluruh komponen yang digunakan untuk membuat simulator turbin *crossflow*.
6. Pengujian pada penelitian ini adalah melakukan uji coba pada simulator yang dibuat.
7. Kesimpulan dan pelaporan, merupakan tahap akhir dari penelitian ini.

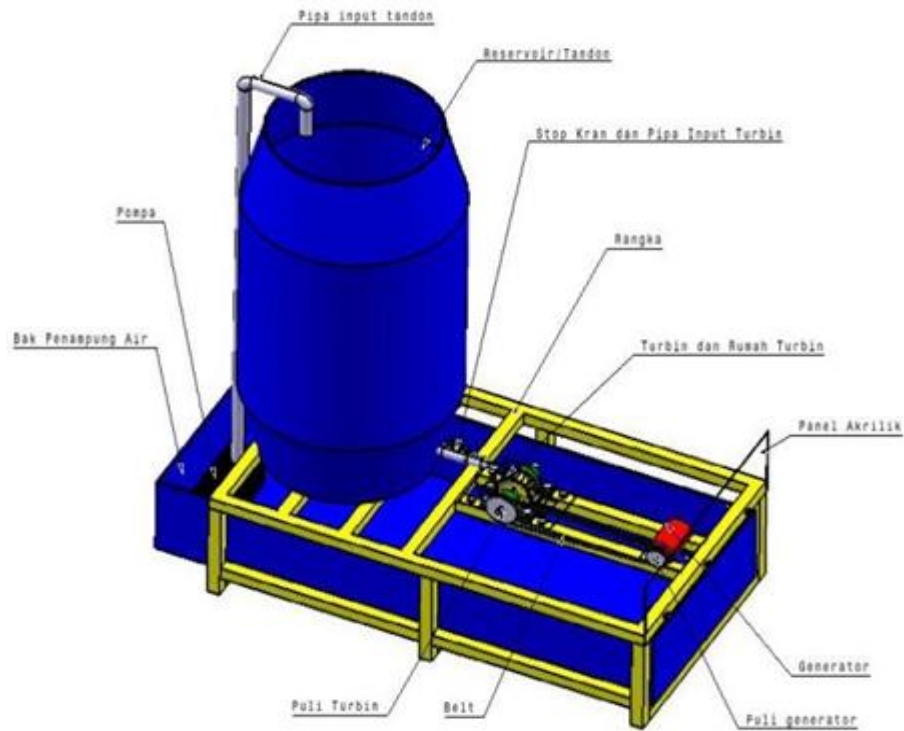


Gambar2. Tahapan penelitian

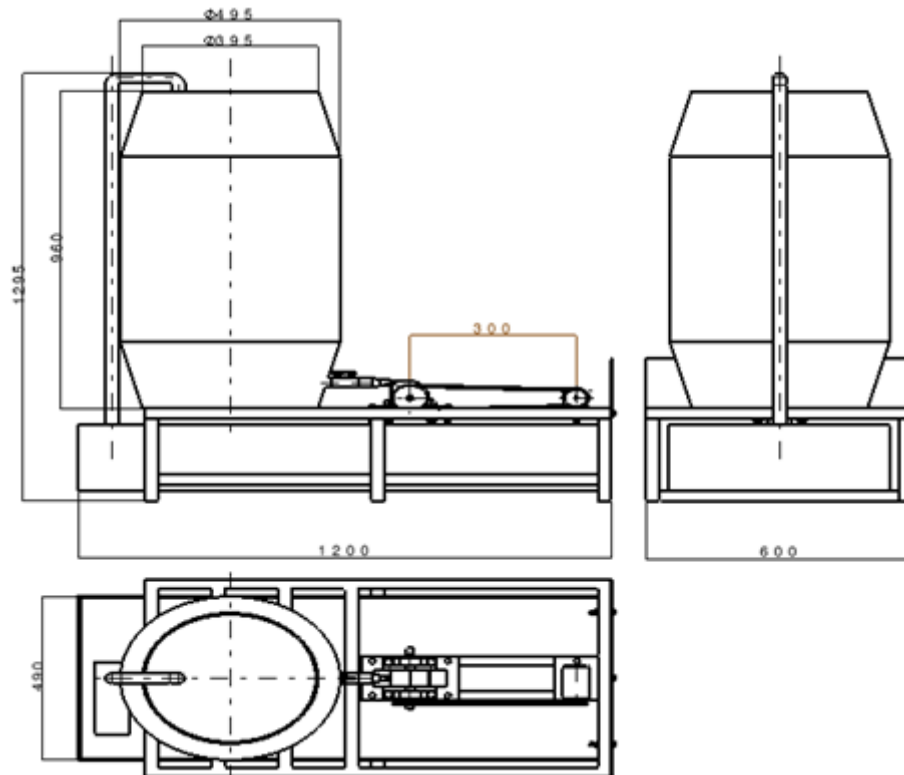


Gambar 3. Konsep simulator turbin air

Konsep atau rancangan simulator turbin air (Sya-Fe'i, 2016) telah dibuat –sebagaimana dilukiskan dalam Gambar 3– untuk memudahkan peneliti membuat perancangan alat selanjutnya. Komponen alat ini terdiri dari tandon sebagai bendungan buatan yang akan memberikan tekanan air yang akan dialirkan ke turbin. Selanjutnya turbin dipasang dibawah tandon, dan dihubungkan ke generator menggunakan transmisi daya puli dan sabuk (Sularso, 2004). Panel listrik dihubungkan ke generator untuk dapat diambil datanya. Pompa air digunakan hanya untuk menaikkan air dari bak ke tandon. Pompa air yang digunakan adalah pompa air terendam yang digunakan untuk kolam ikan dengan kapasitas 9000 liter/jam. Tandon air yang digunakan adalah drum air plastic kapasitas 150 liter dengan diameter 500 mm dan ketinggian 900 mm. Lalu rangka dibuat menggunakan bahan baja hollow 30 mm × 30 mm dengan ketebalan 1 mm sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 4.



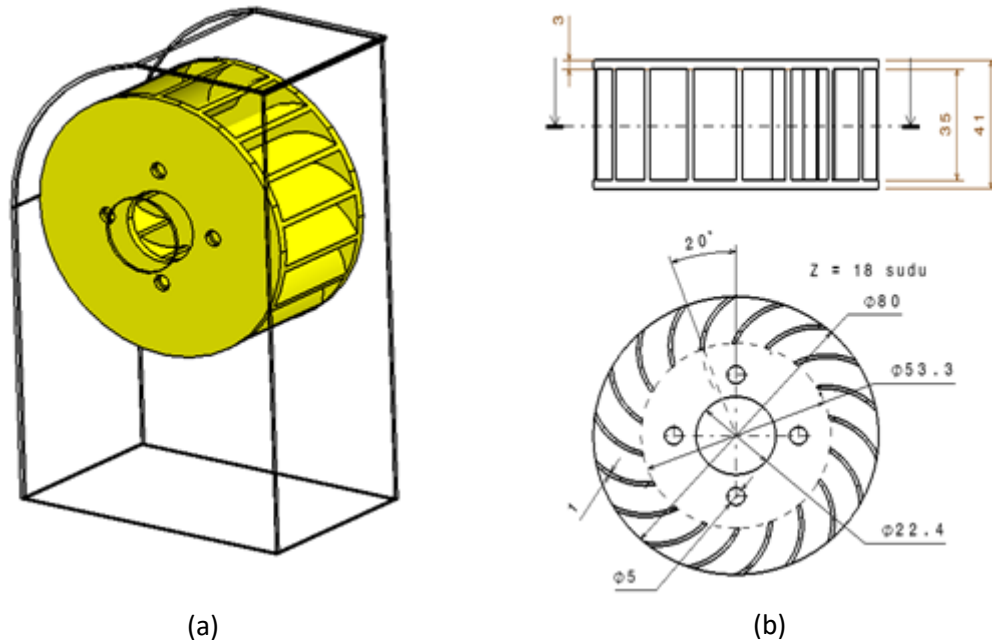
(a)



(b)

Gambar 4. Simulator turbin air *cross-flow* hasil rancangan: (a) Gambar tiga dimensi, dan (b) Gambar tampak depan, tampak samping, dan tampak atas

Turbin *crossflow* digunakan untuk mengkonversi energi fluida yang memiliki gaya fluida dan kecepatan tertentu menjadi energi mekanik putaran turbin, dan turbin akan memutarakan generator yang akan menghasilkan listrik. Diameter luar turbin yang digunakan adalah diameter 80 mm, dengan sudut sudu 20° , dan diameter dalam sudu 53,3 mm, jari-jari kelengkungan sudu 11,2 mm, lebar sudu 10 mm, ketebalan 1 mm dan jumlah sudu 18 buah.



Gambar 5. Turbin *cross-flow* hasil rancangan: (a) gambar tiga dimensi, dan (b) dimensi turbin

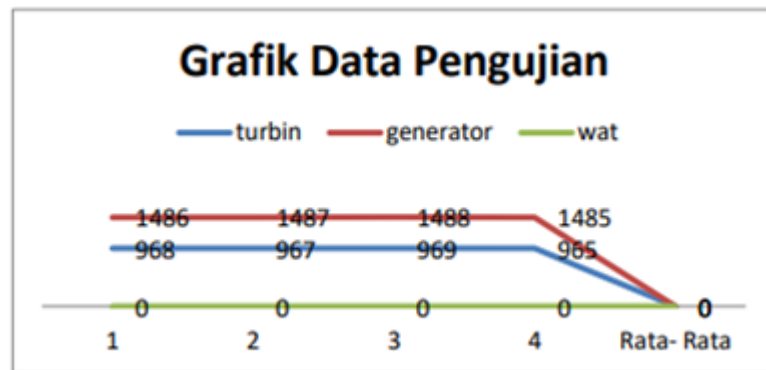
Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian, untuk pengujian pertama diukur kecepatan putaran turbin mendapat angka 968 rpm, kecepatan putaran generator 1486 rpm, dan daya listrik yang dihasilkan 12,3 watt. Lalu untuk pengujian kedua, kecepatan putaran turbin mendapat angka 967 rpm, kecepatan putaran generator 1487 rpm, dan daya listrik yang dihasilkan 12,4 watt. Lalu untuk pengujian ketiga, kecepatan putaran turbin mendapat angka 969 rpm, kecepatan putaran generator 1488 rpm, dan daya listrik yang dihasilkan 12,5 watt. Untuk pengujian keempat, kecepatan putaran turbin mendapat angka 965 rpm, kecepatan putaran generator 1485 rpm, dan daya listrik yang dihasilkan 12,2 watt. Sehingga jika dirata-ratakan, kecepatan putaran turbin adalah 968,8 rpm, kecepatan putar generator 1486,5 rpm, dan daya listrik yang dihasilkan adalah sebesar 12,4 watt. Data lengkap hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 6.

Dapat disimpulkan dari hasil pengujian bahwa simulator turbin air berskala laboratorium ini dapat berfungsi dengan baik, meskipun hasilnya belum maksimal. Adapun data teknis komponen-komponennya pembuatnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian

Pengujian ke	Putaran Turbin (Rpm)	Putaran Generator (Rpm)	Daya Listrik yang dihasilkan (Watt)
1	968	1486	12,3
2	967	1487	12,4
3	969	1488	12,5
4	965	1485	12,2
Rata-rata	968,8	1486,5	12,4



Gambar 6. Grafik hasil pengujian

Tabel 2. Komponen-komponen yang digunakan untuk membuat simulator

No	Proses	Parameter	Simbol	Nilai
1	Hasil Perancangan	Tekanan Hidrostatik	Phs	4885,3 N/m ²
2		Gaya Hidrostatik	F1	958,74 N
3		Gaya fluida keluar tandon	F2	2,47 N
4		tekanan fluida keluar tandon	P2	4885,3 N/m ²
5		kecepatan fluida keluar tandon	v2	4,9 m/s
6		Debit	Q	0,15 m ³ /menit
7		kecepatan fluida menuju turbin	v3	19,6 m/s
8		Gaya fluida menuju turbin	F3	48,64 N
9		Head aktual	H	1,55 m
10		Head efektif	Hef	1,03 m
11		Diameter luar turbin	Do	80 mm
12		Diameter dalam runner turbin	Di	53,3 mm
13		Lebar runner turbin	bo	34,23 mm
14		Jari-jari kelengkungan sudu turbin	Rs	11,82 mm
15		Torsi Turbin	T	198,53 kg.mm
16		Diameter poros luar Turbin	D4	19 mm
17		Diameter lubang poros Turbin	D3	10 mm
18		Gaya tangensial poros	F	19,85 kg
19		Diameter puli Turbin	dp	76,2 mm
20		Diameter puli generator	Dp	50,8 mm
21		Putaran Turbin	n1	986 rpm
22		Putaran Generator	n2	1479 rpm
23	Hasil pengujian	Putaran Turbin rata-rata	n1	968,8 rpm
24		Putaran Generator rata-rata	n2	1486,5 rpm
25		Daya listrik rata-rata	P	12,4 watt

Penelitian yang dilakukan rancang bangun simulator turbin ini terdiri dari tendon plastic 150 liter, poros berbahan nilon, turbin *crossflow* berbahan akrilik dan (*polyethylene terephthalate* (PET), rumah turbin berbahan akrilik, transmisi daya menggunakan puli alumunium dan sabuk, generator 30 watt, bantalan pillow block 20 mm, rangka dari hollow 30 mm × 30 mm × 1 mm, bak penampung berbahan PET, dan pompa air kapasitas 9000 liter/jam.

Berdasarkan perhitungan Tekanan hidrostatik yang dihasilkan sebesar 4885,3 N/m², gaya fluida yang menuju turbin sebesar 48,64 N dengan kecepatan 19,6 m/s. Lalu debit air yang menuju turbin adalah sebesar 0,15 m³/menit. Perancangan dimensi turbin *crossflow* yang dibuat adalah dengan diameter luar 80 mm, diameter dalam runner 53,3 mm, dengan lebar 34,23 mm, dengan jari-jari kelengkungan sudu turbin 11,82 mm. Torsi yang dihasilkan turbin adalah sebesar 198,53 kgf·mm.

Untuk turbin, digunakan poros bertingkat, dengan diameter poros yang masuk kedalam bantalan adalah 20 mm, dan yang masuk kedalam lubang puli adalah 16 mm dengan material nilon, dan sudu turbin terbuat dari plastic, dan dudukan sudu turbin terbuat dari akrilik dengan ketebalan 3 mm, sedangkan diameter puli yang digunakan adalah diameter 3 inci untuk turbin, dan diameter 2 inci untuk generator.

Kesimpulan

Dalam penelitian ini telah dilakukan perancangan dan pembuatan simulator turbin air *crossflow* berskala laboratorium. Prestasi yang dicapai oleh simulator sejalan dengan perencanaan dan hasil perhitungan awalnya. Kecepatan putaran turbin, kecepatan putaran generator dan daya listrik yang dihasilkan berturut-turut sebesar 968,8 rpm, 1486,5 rpm, dan 12,4 watt.

Daftar Pustaka

- Bustami, B., and Multi, A. (2017). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Piko hidro 1000 VA Dengan Memanfaatkan Pembuangan Air Limbah Pada Gedung Pakarti Centre. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2017* di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, TE-010 (12 pages).
- Haryadi (2010). *Buku 1 Bahan Ajar Boiler Dan Turbin*. Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung. Bandung.
- Prabowo, D., Pujono, P. (2021). Rancang Bangun Simulator Kincir Pembangkit Listrik Floating Hydro. *Journal of Mechanical Engineering and Science*, 2(1), 27-31.
- Sya-Fe'i, M. N. (2016). *Rancang Bangun Simulasi Turbin Air Crossflow*. Tugas Akhir Prodi Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.
- Sultan, A. D., Rizky, Hidayat, Mulyani, S., dan Wahdah, A. Y. (2020). Analysis of the Effect of Cross-Sectional Area on Water Flow Velocity By Using Venturimeter Tubes. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 94-99.
- Sularso, dan Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Pradya Pratama - Jakarta.
- Sularso, dan Tahara, H. (1985). *Pompa dan Kompresor*. Pradya Pratama - Jakarta.
- Wiludjeng, T., Masrukhi, Asna, M., dan Furqon (2017). Rancang Bangun Turbin Crossflow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Skala Laboratorium. *Jurnal Dinamika Rekayasa*, 13(1), 29-36.