

Variasi Debit Air Dengan Daya Dihasilkan Turbin Air Vertikal Skala Kecil

Junita Nurazizah¹, MOH. Syaiful Anwar²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sunan Giri Surabaya
Email: halojuni06@gmail.com, msa.syaiful1@gmail.com

Abstract

Hydroelectric power plants are the newest energy source that has great potential to meet electrical energy needs. On a small scale, hydroelectric power plants are an attractive option to meet energy needs in remote areas, and areas that are difficult to reach with traditional electricity infrastructure. The main component of a hydroelectric power plant is a water turbine which has the task of converting the kinetic energy of water into mechanical energy and into electrical energy through a generator. The type of water turbine used in small-scale hydroelectric power plants, one of which is a vertical water turbine or crossflow turbine. Crossflow turbines have the advantage of using water sources with varying flow directions, such as small rivers. This research method includes making a crossflow turbine prototype, based on the results of calculations in designing and testing a small-scale hydropower prototype that uses 37 blades with a water height of 3 meters. The results of this research produced the highest turbine power, namely 54,773 Watts, a water volume of 0.01 m³ with a water flow of 0.000003691 m³/s with a valve opening of 100°, while the lowest turbine power was 28,195 Watts, a water volume of 0.011 m³ with a water flow of 0, 000001190 m³/s with a valve opening of 75°, with the highest turbine efficiency value of 630.29% obtained when the water volume is 0.01 m³/s with a 100° valve, while the lowest turbine efficiency is 1.006% at a water volume of 0.011m³/s, and the maximum output obtained from testing the vertical water turbine prototype is at a water volume of 0.009 m³ with a valve opening of 100° which produces a turbine rotation of 142.6 rpm, while at a water volume of 0.011 m³ with a valve opening of 75° which produces a turbine rotation of 104.1 rpm, while the water volume is 0.01 m³ with a valve opening of 100° which produces a turbine rotation of 222.3 rpm, and while the water flow is 0.01 m³ with a valve opening of 75° which produces a turbine rotation of 121.6 rpm.

Keywords: Crossflow Turbine, Research Results, Hydroelectric Power Plant

Abstrak

Pembangkit listrik tenaga air merupakan sumber energi terbaru yang mempunyai potensi besar untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Dalam skala kecil pembangkit listrik tenaga air merupakan pilihan yang menarik untuk memenuhi kebutuhan energi di daerah terpencil, dan daerah yang sulit dijangkau dengan infrastruktur listrik tradisional. Komponen utama pembangkit listrik tenaga air adalah turbin air yang memiliki tugas mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik, dan menjadi energi listrik melalui generator. Jenis turbin air yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga air yang memiliki skala kecil, salah satunya adalah turbin air vertikal atau *turbin crossflow*. *Turbin crossflow* mempunyai keunggulan karena menggunakan sumber air dengan arah aliran yang bervariasi, seperti sungai-sungai kecil. Metode penelitian ini meliputi pembuatan prototype *Turbin crossflow*, berdasarkan hasil perhitungan pada perancangan dan pengujian prototype PLTA skala kecil yang menggunakan jumlah sudu 37 dengan ketinggian air 3 meter. Hasil pada penelitian ini menghasilkan daya turbin tertinggi yaitu 54,773 Watt, volume air sebanyak 0,01 m³ dengan debit air 0,000003691 m³/s dengan katup bukaan 100°, sedangkan daya turbin yang terendah yaitu 28,195 Watt volume air 0,011 m³ dengan debit air 0,000001190 m³/s dengan katup bukaan 75°, dengan nilai efisiensi turbin tertinggi yaitu 630,29% didapat ketika volume air sebesar 0,01 m³/s katup 100°, sedangkan efisiensi turbin yang terendah yaitu 1,006% pada volume air sebesar 0,011m³/s, dan output maksimum yang diperoleh dari pengujian prototype turbin air vertikal yaitu pada volume air 0,009 m³ dengan bukaan katup 100° yang menghasilkan putaran turbin sebesar 142,6 rpm, sedangkan pada volume air 0,011 m³ dengan bukaan katup 75° yang menghasilkan putaran turbin sebesar 104,1 rpm, sedangkan volume air 0,01 m³ dengan bukaan katup 100° yang menghasilkan putaran turbin sebesar 222,3 rpm, dan sedangkan debit air 0,01 m³ dengan bukaan katup 75° yang menghasilkan putaran turbin sebesar 121,6 rpm.

Kunci: *Turbin Crossflow, Daya Air, PLTA*

Article Info

Received date: 10 June 2024

Revised date: 18 June 2024

Accepted date: 27 June 2024

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga air merupakan sumber energi terbaru yang mempunyai potensi besar untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Dalam skala kecil pembangkit listrik tenaga air merupakan pilihan yang menarik untuk memenuhi kebutuhan energi di daerah terpencil, dan daerah yang sulit dijangkau dengan infrastruktur listrik tradisional. Komponen utama pembangkit listrik tenaga air adalah turbin air yang memiliki tugas mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik, dan menjadi energi listrik melalui generator.

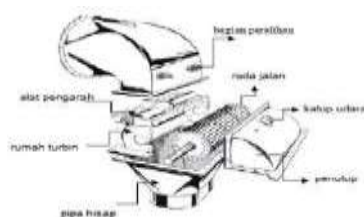
Terdapat berbagai jenis turbin air yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga air yang memiliki skala kecil, salah satunya adalah turbin air vertikal atau *turbin crossflow*. *Turbin crossflow* mempunyai keunggulan karena menggunakan sumber air dengan arah aliran yang bervariasi, seperti sungai-sungai kecil. Terkait dengan turbin crossflow, aliran air yang masuk ke dalam turbin dapat berubah tergantung pada musim atau kondisi aliran air di tempat pembangkit tersebut.

LANDASAN TEORI

Turbin Crossflow

Turbin air vertikal atau *crossflow* merupakan turbin impuls radial. awal pengembangan dari turbin air vertikal didasarkan pada prinsip yang disahkan sekitar tahun 1920. Turbin air vertikal sudah jarang digunakan saat ini dan telah diganti oleh turbin yang lebih modern seperti Turbin Pelton, Francis atau Kaplan. turbin air vertikal atau *crossflow* memiliki keunggulan unik yang tidak dimiliki oleh jenis turbin lainnya (Anjar, 2003).

Turbin air vertikal atau *crossflow* beroperasi dengan laju dengan debit air mencapai 20 liter/detik hingga 10.000 liter/detik. Turbin air vertikal atau *crossflow* menggunakan *nozzle* berukuran persegi panjang yang memiliki lebar sesuai dengan besar saluran. Semburan tersebut akan masuk pada turbin dan akan mengenai sudut-sudut yang menyebabkan perubahan energi kinetik diubah menjadi energi mekanik.



Gambar 1. Turbin Air vertikal

Parameter Turbin air

Beberapa Rumus dalam perhitungan turbin air seperti debit, massa air, daya air, daya turbin, torsi, dan efisiensi turbin (6) .

1. Debit air (Q) : (Suryono, 1991)

$$Q = Vt$$

Keterangan :

$$Q = \text{debit} \quad (m^3/s)$$

$$V = \text{kecepatan aliran air} \quad (m/s) \quad A = \text{luas penampang pipa} \quad (m^2)$$

2. Massa air (m) : (Pritchard and Leylegian, 2011)

$$\rho = mV$$

Keterangan:

$$m = \text{massa air} \quad (Kg)$$

ρ = rapat massa air (kg/m^3)

v = volume air (Kg)

3. Daya air (Pa) : (Pritchard and Leylegian, 2011) $Pa = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H$

Keterangan :

Q = debit (m^3/s)

ρ = rapat massa air (kg/m^3)

g = gravitasi (m/s)

H = jari-jari turbin (m)

4. Daya turbin (Pt) : (Acharya dkk, 2015) $Pt = \tau \times \omega$

Keterangan :

Pt = daya turbin (W)

T = torsi (Nm)

ω = angular (rad/s)

5. Torsi (τ) : (Khurmi, R.S., J.K.Gupta, 2005)

$\tau = m \cdot g \cdot r$

Keterangan :

τ = torsi (Nm)

m = massa (Kg)

g = gravitasi (m/s)

r = jari-jari sudu (m)

6. Efisiensi Turbin (η_t) : (Pritchard and Leylegian, 2011).

METODE PENELITIAN

Teknik pengumpulan data penelitian ini menggunakan teknik eksperimen, yaitu. mengukur atau menguji benda yang diteliti dan mencatat hasil tersebut. data yang dibutuhkan adalah putaran turbin serta daya dan debit yang dihasilkan. Data yang diperoleh dari proses pengujian akan dicatat pada tabel yang telah dibuat sebelumnya. Data yang digunakan pada penelitian ini meliputi sudut bukaan katup, tinggi pipa pvc digunakan untuk mengukur daya atau kapasitas air, tinggi pada saluran air, kecepatan turbin .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Prototipe Turbin Crossflow skala kecil

Hasil Pelaksanaan kegiatan mulai dari perencanaan, penyiapan alat dan bahan, pembuatan dan perakitan turbin air *crossflow*. Untuk membantu penulis menyelesaikan tugas akhir dengan tepat waktu, Namun prototype turbin *crossflow* ini masih belum dapat bekerja dengan maksimal. Hasil perencanaan prototype turbin air *crossflow* agar lebih jelas, dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 2. Turbin Air Crossflow

Keterangan:

1. Bak air
2. Flowmeter

3. Katup bukaan
4. Pipa pvc
5. Pipa bening
6. Dinamo turbin
7. Turbin air
8. Pompa air

Hasil Perhitungan

Hasil data perhitungan diatas dilakukan pada turbin air *crossflow* dengan menggunakan variasi volume air 14 liter bukaan katup 100° maupun 75° dan 20 liter bukaan katup 100° maupun 75° dengan ketinggian 2,0 m dibuat tetap. Kegiatan yang dilakukan meliputi pengambilan data untuk mengetahui debit air, kecepatan putaran, torsi, efisiensi turbin dan daya turbin pada turbin *crossflow*. Dalam sebuah proses analisa data dapat diambil dari data dengan empat kali percobaan, dengan bukaan katup yang berbeda, hal ini agar data yang dimiliki mempunyai variasi debit air yang berdeda. Data tersebut diperoleh dari pengujian turbin *crossflow* dengan sudu setengah lingkaran dengan jumlah sudu 37. Dari perhitungan turbin air *crossflow* diatas menghasilkan hitungan sebagai berikut :

Tabel 1. Turbin Air Crossflow

Volume (m ³)	0,009	0,011	0,01	0,01
Debit(m ³ /s)	0,000002142	0,000001190	0,000003691	0,000001182
Torsi (Nm)	2,118	2,589	2,354	2,354
Daya air (W)	0,05043	0,02801	0,08690	0,02782
Daya turbin (W)	31,601	28,195	54,773	29,962
Kecepatan putaran (RPM)	142,6	104,1	222,3	121,6
Efisiensi turbin (%)	585,20	1.006	630,29	1.076
Katup bukaan	100°	75°	100°	75°

SIMPULAN

Dari hasil penelitian, pengujian, dan perhitungan data variasi debit air dan daya yang sudah dilakukan mempunyai kesimpulan pada daya dan debit yang dihasilkan :

1. Hasil perhitungan dari perancangan turbin air vertikal disimpulkan dengan daya turbin tertinggi yaitu 54,773 Watt, volume air sebanyak 0,01 m³ dengan debit air 0,000003691 m³/s dengan katup bukaan 100° , sedangkan daya turbin yang terendah yaitu 28,195 Watt volume air 0,011 m³ dengan debit air 0,000001190 m³/s dengan katup bukaan 75°
2. Nilai efisiensi turbin vertikal tertinggi yaitu 630,29% ,didapat pada volume air sebesar 0,01 m³/s katup 100°, dan efisiensi turbin yang terendah yaitu 1,006% dengan volume air sebesar 0,011m³/s.
3. Output maksimum yang diperoleh dari pengujian prototype turbin air vertikal yaitu pada volume air 0,009 m³ dengan bukaan katup 100° yang menghasilkan putaran turbin sebesar 142,6 rpm, sedangkan pada volume air 0,011 m³ dengan bukaan katup 75° yang menghasilkan putaran turbin sebesar 104,1 rpm, sedangkan volume air 0,01 m³ dengan bukaan katup 100° yang menghasilkan putaran turbin sebesar 222,3 rpm, dan sedangkan debit air 0,01 m³ dengan bukaan katup 75° yang menghasilkan putaran turbin sebesar 121,6 rpm.

REFERENSI

- Saleh, Z., Apriani, Y., Ardianto, F., & Purwanto, R. (2019). Analisis karakteristik turbin *crossflow* kapasitas 5 kw. *Jurnal Surya Energy*, 3(2), 255-261
- Insanto, Muhammad Wahdani; Adiwibowo, Priyo Heru. Eksperimental Pengaruh Variasi Rasio Sudu Berpenampang Datar Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Reaksi *Crossflow* Poros Horizontal. *Jurnal Teknik Mesin*, 2020, 8.1.

- Khomsah, Ali; Zuliari, Efrita Arfah. Analisa Teori: Performa Turbin Cross Flow Sudu Bambu 5” Sebagai Penggerak Mula Generator Induksi 3 Fasa. In: *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*. 2015. P. 79-88.
- Tirono, Mokhammad. Pemodelan Turbin Cross-Flow Untuk Diaplikasikan Pada Sumber Air Dengan Tinggi Jatuh Dan Debit Kecil. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 2012.
- Suryono, Edy; Nusantara, Agustinus Eko Budi. Simulasi Turbin Crossflow Dengan Jumlah Sudu 18 Sebagai Pembangkit Listrik Picohydro. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 2017, 8.2: 547-552.
- Padang, Yesung Allo; Okariawan, I. Dewa Ketut; Wati, Mundara. Analisis Variasi Jumlah Sudu Berengsel Terhadap Unjuk Kerja Turbin Cross Flow Zero Head. *Dinamika Teknik Mesin*, 2014, 4.1.
- Wiranata, I. Putu Andrian, Et Al. Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Menggunakan Turbin Cross-Flow. *Jurnal Spektrum*, 2020, 7.4.
- Mafruddin, Mafruddin; Irawan, Dwi. Pengaruh Diameter Dan Jumlah Sudu Runner Terhadap Kinerja Turbin Cross-Flow. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 2018, 7.2: 223-229.
- Trisasiwi, Wiludjeng, Et Al. Rancang Bangun Turbin Cross-Flow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Skala Laboratorium. *Dinamika Rekayasa*, 2017, 13.1: 29-36
- Hadiyanto, Roy; Bakrie, Fauzi. Rancang Bangun Prototipe Portable Mikro Hydro Menggunakan Turbin Tipe Cross Flow. In: *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E- Journal)*. 2013. P. 19-25.
- Fe, M. Nur Sya, Et Al. Rancang Bangun Simulasi Turbin Air Cross Flow. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 2016, 1.2.
- Acharya, N., Kim C.G., Thapa, B., And Lee, Y.H., 2015. Numerical Analysis And Performance Enhancement Of A Cross-Flow Hydro Turbine. *Renewable Energy* Xxx 1-8.
- Pritchard, Philip J. And Leylegian, Jhon C. 2011. *Introduction To Fluid Mechanics*. Eighth Edition. Danver: Jhon Wiley & Sonc Inc.