



PENGARUH VARIASI KETINGGIAN TOREN PENAMPUNG (HEAD) TERHADAP DAYA YANG DIHASILKAN PADA PENGUJIAN TURBIN AIR CROSSFLOW

Ihat Solihat¹, Ersam Mahendrawan²

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : dosen00990@unpam.ac.id¹ , dosen01329@unpam.ac.id²

Masuk : 2 Maret 2020

Direvisi : 12 Maret 2020

Disetujui : 22 Maret 2020

Abstract: An abundant source of energy around the environment, namely water, has the benefit of being able to be used as an energy source because water has potential energy and kinetic energy. The potential energy of water is owned when water falls and kinetic energy is owned when the water moves to flow. Hydro Power is energy obtained from flowing water and its flow decreases so that it can be utilized and converted into mechanical energy and electrical energy. The purpose of this study is related to how the height of the toren on the turbine water source affects the power and efficiency of the turbine. This test is carried out by making 3 variations in the height that have been determined, namely 1.7 m, 3.4 m, and 5.1 m. The results of the variation of the 3 heights affect the amount of water flow flow to the turbine so that the higher the head toren reservoir, the greater the power generated by the turbine, namely when the height of the toren is 5.1m, the power generated is 20.48 Watt. However, the highest turbine efficiency is found at the height of the turbine at 1.7 m, which is 66.2%. The height of the turbine in the crossflow turbine affects its extensibility and efficiency

Keywords: Water turbine, test performance, discharge, altitude and power

Abstrak: Sumber energi yang melimpah dan berada disekitar lingkungan yaitu air, air memiliki manfaat yang mampu digunakan sebagai sumber energi karena air memiliki energi potensial dan energi kinetik. Energi potensial air dimiliki ketika air jatuh dan energi kinetik dimiliki ketika air bergerak mengalir. Hydro Power merupakan energi yang diperoleh pada air yang mengalir serta alirannya turun sehingga dapat dimanfaatkan dan diubah menjadi energi mekanis maupun energi listrik. Tujuan penelitian ini terkait bagaimana pengaruh ketinggian toren pada sumber air turbin terhadap besar daya, efisiensi turbin. Pengujian ini dilakukan dengan cara membuat 3 variasi ketinggian yang sudah ditentukan yaitu 1,7 m, 3,4 m, dan 5,1 m. Hasil variasi 3 ketinggian tersebut berpengaruh pada besarnya debit aliran air ke turbin sehingga semakin tinggi head toren penampung maka daya yang dihasilkan oleh turbin akan semakin besar yaitu ketika ketinggian toren 5.1m maka daya yang dihasilkan sebesar 20.48 Watt. Namun Efisiensi turbin paling tinggi terdapat pada ketinggian toren di 1,7 m yaitu sebesar 66,2 %. Ketinggian toren pada turbin crossflow mempengaruhi daya keluran dan efisiensinya..

Kata Kunci: Turbin air, uji kinerja, debit, ketinggian, dan daya

PENDAHULUAN

Turbin termasuk kedalam kelompok mesin – mesin tenaga yang dapat merubah energi fluida menjadi energi mekanis. Turbin air memiliki prinsip kerja dengan merubah energi potensial maupun energi kinetis menjadi energi mekanis berupa. Enerdi mekanis tersebut merupakan energi yang dihasilkan dari putaran poros turbin. Putaran poros tersebut digunakan untuk memutar sebuah generator. [5].

Optimalisasi kerja dari turbin air harus didukung oleh sebuah sistem aliran yang memiliki model dan jumlah sudu - sudu pada bagian *runner* turbin. Sistem aliran, generator dan sudu - sudu ini sangat berpengaruh terhadap putaran turbin dan besaran daya yang akan dihasilkan.

Perancangan turbin air *crossflow*, tekanan air yang dihasilkan oleh sistem aliran sangat berpengaruh pada kecepatan putar serta torsi dan daya pada sudu - sudu turbin sehingga turbin beroperasi dengan maksimal dan optimal. Variabel dalam penelitian ini berupa tekanan dalam tangki dibuat tetap, headloss dan gaya gesek tidak diperhitungkan serta ketianggian toren penampang dibuat tetap berupa tiga variasi yaitu 1,7 m, 3,4 m, dan 5.1 m. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui daya dan nilai efisiensi turbin *crossflow* berdasarkan variabel- variabel yang sudah ditentukan.^[2]

TINJAUAN PUSTAKA

Turbin *crossflow* adalah salah satu jenis turbin impuls yang juga dikenal dengan nama turbin Michell – Banki yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut turbin *Osberger* yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin *crossflow*. Turbin *crossflow* dapat dioperasikan pada debit 20 liter/detik hingga 10 m³/s dan head antara 1 s/d 200 m. Turbin *crossflow* menggunakan nosel persegi panjang yang lebarnya sesuai dengan lebar runner atau bisa juga dimodifikasi.

Runner adalah bagian penting dari turbin *crossflow* terdiri dari dua bagian mesin utama hirodinamika yaitu *runner* terbuat dari dua atau lebih lempengan plat berbentuk lingkaran dengan susunan sudu yang mengelilingi lempengan plat tersebut.^[2]

Ukuran turbin *crossflow* ini lebih kecil dan lebih kompak dibandingkan dengan kincir air, diameter kincir air yakni roda jalan atau *runnernya* biasanya 2 meter ke atas sedangkan diameter turbin air *crossflow* ini dapat dibuat hanya 20 cm saja sehingga bahan – bahan yang dibutuhkan jauh lebih sedikit , itulah sebabnya bisa lebih murah demikian juga daya guna atau efisiensi rata – rata turbin ini lebih tinggi daripada daya guna kincir air turbin *crossflow* ini memiliki efisiensi 84% dan efisiensi maksimum dari turbin ukuran menengah dan besar dengan ketinggian yang besar adalah 87 %. kelebihanannya pemanfaatan air dua kali membuat efektivitas dan efisiensinya meningkat. Kekurangannya perputaran turbin sangat lamban karna di pengaruhi debit dan ketinggian air nya .^[2]

Tekanan Hidrostatik didefinisikan sebagai tekanan yang diberikan oleh cairan pada kesetimbangan karena pengaruh gaya gravitasi.^[4]

Hal ini berarti setiap benda yang berada pada zat cair yang diam, tekanannya tergantung dari besarnya gravitasi. Adakah hal lain yang mempengaruhi besarnya tekanan hidrostatik ? Ya ada yaitu: kedalaman/ketinggian dan massa jenis zat cair.

Rumus tekanan hidrostatik:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot H \dots\dots\dots (1)$$

Dengan:

- P_h : tekanan hidrostatik (N/m²)
- ρ : massa jenis (kg/m³)
- g : percepatan gravitasi (m/s²)
- h : ketinggian zat cair (m)

Head kotor (*gross head*) adalah jarak vertikal antara permukaan air sumber dengan ketinggian air keluar saluran turbin (*tail race*) untuk turbin *reaksi* dan keluar nozzle untuk turbin *impuls*.^[2] Nilai Torsi didapat dari selisih tegangan tali dengan beban kemudian dikalikan dengan jari – jari poros (r) dan dirumuskan dengan^[5] :

$$T = F \cdot r$$
$$T = (m \cdot g) \cdot r \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

T = Torsi
F = Gaya
r = Jarak

yang artinya gaya dikali dengan jarak yang ditunjukkan dalam satuan Kg.m (Kg/m), Kg.cm (Kg/cm), atau N.m (N/m).

Daya adalah kecepatan melakukan kerja daya sama dengan jumlah energi yang dihabiskan per satuan waktu . dalam system mekanik gaya dan perpindahan daya merupakan perkalian antara gaya pada objek dengan kecepatan objek, atau perkalian torsi pada *shaft* dengan kecepatan sudut *shaft*.^[5]

Dari data yang telah diperoleh pada bagian kapasitas air Q dan tinggi air jatuh H, dapat diperoleh Daya air (P_{air}):^[5]

$$Pa = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

Pa = Daya air (kW)
 Q = kapasitas air (m³/detik)
 ρ = kerapatan air (kg/m³)
 g = gaya gravitasi (m/detik²)
 H = tinggi air jatuh (m).
 Daya Turbin (P_t)^[5]

Daya turbin dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$P_t = T \cdot \omega \dots\dots\dots (4)$$

Dengan :

Pt = Daya Turbin (kw)
 T = Torsi (N.m)
 Mencari nilai ω (kecepatan anguler)^[5]

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (2.16)$$

Dengan :

ω = kecepatan anguler (Rad/s)
 π = 3,14
 n = Putaran Turbin (rpm)
 Nilai efisiensi^[5]

Efisiensi turbin dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\eta_t = \frac{P_T}{P_a} \times 100 \% \dots\dots\dots (5)$$

$$PT = \eta_t \times Pa \dots\dots\dots (6)$$

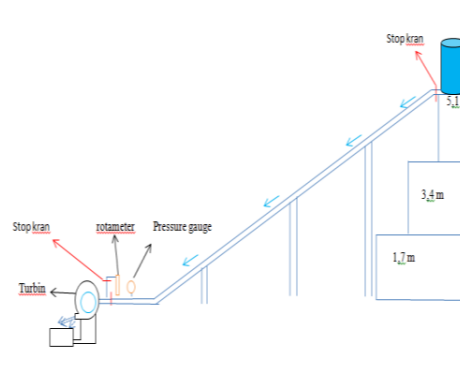
Dengan :

Pt = Daya Turbin (watt)
 ηT= efisiensi turbin (%)

METODE

Kampung Cilenggang 2 No 89 desa Cilenggang kecamatan Serpong Kota Tangerang Selatan,Banten menjadi tempat penelitian ini dilakukan. Selaian itu penelitian ini juga dilakukan labpratorium Teknik Mesin Unpam.. alat uji ini di disain berupa air dalam bak penampung yang diletakan pada ketinggian tertentu kemudian dipompa menggunakan pompa sentrifugal. Hal ini dimaksudkan untuk memenuhi toren penampung. Toren ini memiliki volume

200 ltr, dengan variasi ketinggian 1,7m , 3,4m, dan 5,1m. Pipa yang menghubungkan toren dengan turbin dirancang dengan diameter yang sama. Pipa tersebut dipasang alat ukur tekanan (*pressure gauge*) dan alat ukur *rotameter*. Alat ini digunakan untuk mengukur tekanan dan laju aliran air. Nozzle dioasang pada ujung pipa yang bertujuan supaya laju aliran dapat bertambah kencang karena berhasil memutarakan susu dengan optimal. Selain itu dipasang juga neraca pegas pada turbin agar bisa menghitung laju putaran turbinnya. Berikut desain rangkain turbin crossflow dengan variasi ketinggian.



Gambar 1 skema alat penelitian

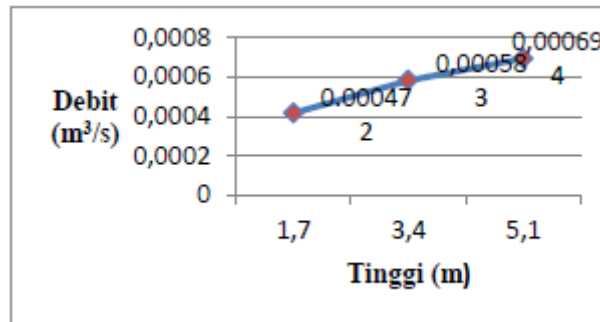
A. Proses Instalasi Alat Uji

Setelah persiapan alat dan bahan uji sudah siap maka Hal yang dilakukan dalam proses ini, yaitu sebagai berikut:

1. Turbin air disiapkan.
2. *scaffolding* dipasang dengan ukuran tinggi 1,7 m, 3,4 m, dan 5,1 m.
3. Pemasangan penyangga untuk pipa dibuat dan kunci – kunci
4. Sambungan – sambungan pada pipa di pasangkan.
5. *Pressure gauge* dipasang pada pipa.
6. *Rotameter* dipasang kan pada pipa
7. Sticker dipasangkan pada poros turbin air untuk diukur kecepatannya .
8. Toren penampung yang berada di atas diisi penuh.
9. Setelah toren penuh lalu stop kran dibuka yang dengan posisi di bagian bawah toren.
10. Selanjutnya semua kran yang berada di dekat alat ukur ditutup.
11. Pengukuran tekanan dalam pipa , dapat diukur dengan menutup semua kran yang berada di bawah.
12. Setelah mengukur tekanan kita lanjut dengan mengukur laju aliran atau debit menggunakan alat rotameter yaitu dengan cara tutup semua kran keluar dan hanya buka di bagian atas rotameter saja , disitu kita akan melihat berapa ukurannya.
13. Selanjutnya tutup kran yang berada di *rotameter*
14. ukur putaran yang dihasilkan oleh turbin tersebut menggunakan *tachometer*
15. Putaran turbin diukur dengan memberikan beban maksimal sebesar 25 kg.
16. Catat semua hasil pengujian
17. Ulangi kembali langkah 1 – 9 dengan ketinggian yang berbeda yaitu menggunakan *scaffolding*.
18. pompa dimatikan beserta dengan kran yang berada di bawah penampung.
19. Bersihkan turbin dari air agak tidak terjadi kerusakan yang berarti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian variasi ketinggian toren pada turbin terhadap debit air yang dihasilkan dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 2 Ketinggian terhadap debit

Berdasarkan hasil pengujian tersebut didapatkan nilai pada ketinggian 1,7 m debit yang dihasilkan sebesar 0,000472 m³/s , pada ketinggian 3,4 m didapatkan debit sebesar 0,000583 m³/s , sedangkan pada ketinggian 5,1 m didapatkan debit sebesar 0,000694 m³/s , pengaruh tinggi dari toren penampung maka memengaruhi besar debit yang dihasilkan. Variasi Debit akan memengaruhi daya input yang dihasilkan generator. Berikut hasil berdasarkan perhitungan daya menggunakan persamaan berikut: [3]

$$P_a = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \dots\dots\dots (1)$$

Dengan Q = Debit air (m³/s) = Q₁= 0,000472 , Q₂= 0,000583 , Q₃= 0,000694

P = massa jenis air (kg/m³) = 1000 kg/m³

g = gaya gravitasi (m/s²) = 9,81 m/s²

H = ketinggian (m)

Berdasarkan tabel 4.1 diperoleh torsi maka dapat diketahui daya output dari variasi ketinggian toren . perhitungan daya output turbin diperoleh dari perhitungan torsi yang dihasilkan melalui persamaan berikut:[3]

$$T = m \cdot g \cdot r \dots\dots\dots (2)$$

Dengan T = Torsi (N.m)

m = massa (kg) m₁ = 2 kg, m₂ = 3kg , m₃ = 4kg

g = gravitasi (m/s) 9,81 m/s

r = jari – jari poros turbin (m) 0,015 m

setelah torsi diketahui maka dapat dihitung kecepatan anguler dari setiap variasi ketinggian dengan persamaan berikut: [3]

$$P_t = T \cdot \omega \dots\dots\dots (4)$$

Dengan P_t = Daya turbin (watt)

T = Torsi (N.m) T₁ = 0,294 N.m , T₂ = 0,441N.m , T₃ = 0,588 N.m

ω = Kecepatan anguler

berikut hasil perhitungan daya input air dan daya output generator yang dihasilkan berdasarkan variasi ketinggian toren:

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian

No	Ketinggian (m)	Debit M ³ /s	Putaran Turbin (Rpm)	Torsi (N.m)	Daya Input (Watt)	Daya Output Turbin (Watt)
1	1,7	0,000472	157,6	0,294	7,87	5,09
			169,2			5,21
			162,5			5,00
2	3,4	0,000583	248,9	0,441	19,45	11,49
			237,2			11,62
			251,7			11,41
3	5,1	0,000694	315,4	0,588	34,72	20,33
			342,8			20,48
			329,6			20,03

Dari tabel 4.1 di atas diketahui pada ketinggian 1.7 meter daya turbin yang tertinggi didapat pada pengujian ke-2 yaitu sebesar 5,21 watt , sedangkan pada ketinggian 3,4 meter daya turbin yang tertinggi yaitu sebesar 11,62 watt dan pada ketinggian 5,1 meter daya turbin tertinggi yaitu 20,48 watt. pada semua pengujian yang ke-3 ini selalu mengalami penurunan yang di sebabkan oleh kebocoran pada sambungan pipa sehingga membuat putaran turbin (Rpm) melemah dan mempengaruhi daya yang diperoleh.

Daya input dan output yang diperoleh mampu menggambarkan bagaimana efisiensi dari turbin crosflow yang dibuat dengan variasi ketinggian toren. Persamaan Untuk mengetahui efisiensi turbin dengan menggunakan persamaan berikut : [3]

$$\eta_t = \frac{P_T}{P_a} \times 100 \% \dots\dots\dots(5)$$

dengan Pt= daya output turbin
Pa= Daya input air (Watt)

Berikut tabel hasil perhitungan efisiensi turbin (nt) yang dihasilkan :

Tabel 4.2 Data efisiensi turbin

No	Ketinggian Toren (m)	Daya Turbin (Watt)	Daya Air (watt)	Efisiensi Turbin (Watt)
1	1,7	5,09	7,87	64,7 %
		5,21		66,2 %
		5,00		63,5 %
2	3,4	11,49	19,45	59,1 %
		11,61		60,0 %
		11,41		58,6 %
3	5,1	20,33	34,72	58,5 %
		20,48		59,9 %
		20,03		57,7 %

Dari tabel diatas maka efisiensi tertinggi berada di ketinggian 1.7 m yaitu sebesar 66, 2 %.

KESIMPULAN

Dilihat dari data hasil pengujian dan penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut tinggi yang maksimal yaitu 5,1 meter didapatkan debit yang maksimal yaitu sebesar 2500 l/h (0.000694 m³/s) serta daya yang dihasilkan turbin sebesar 20,48 w. Jadi daya maksimal itu terjadi pada ketinggian 5,1 meter dengan daya yang dihasilkan 19,43 watt. Nilai efisiensi turbin pada ketinggian 1,7 meter yaitu sebesar 66,2 % , pada ketinggian 3,4 meter yaitu sebesar 60 % , pada ketinggian 5,1 meter yaitu sebesar 59,9 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surbakti, Rio Oktakari. 2009. *Perencanaan serta pembuatan prototipe turbin air terapung bersudu lengkung dengan memanfaatkan kecepatan aliran air sungai*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara.
- [2] Mafrudin, Dwi Irawan, vol3 no2 *Pembuatan turbin mikrohidro tipe crossflow sebagai pembangkit listrik di desa bumi nabung timur*. Universitas Muhammadiyah Metro
- [3] Arief Muliawan, Ahmad Yani. *Analisis daya dan efisiensi Turbin Air kinetis akibat perubahan putaran runner*. Sekolah Tinggi Teknologi Bontang.
- [4] Kurniati Abiding, Sri Wagiani. *Studi analisis perbandingan kecepatan aliran Air melalui pipa venturi dengan perbedaan diameter pipa*. Universitas Cokroaminoto palopo.
- [5] Yudi Setiawan, Irfan Wahyudi, Erwin Nandes. *Unjuk kerja turbin air tipe Cross flow dengan variasi debit air dan sudut serang nosel*. Universitas Bangka Belitung
- [6] Aris Febrianto, Agoes Santoso. *Analisa perbandingan torsi dan rpm turbin tipe darrieus terhadap efisiensi turbin*. Institut Teknologi Sepuluh November
- [7] Wiludjeng Trisasiwi, Masrukih dkk. *Rancang bangun turbin crossflow untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro (pltmh) skala laboratorium*. Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.
- [8] Tirono, M 2012 *Pemodelan turbin crossflow untuk diaplikasikan pada sumber air dengan tinggi jatuh dan debit kecil*. jurnal Neutrino vol4, no. 2 april 2012
- [9] Yanziwar. 2007. *Perencanaan turbin crossflow*. Jurnal teknik mesin vol4, no 1 juni 2007
- [10] Susatyo, A 2003 *Pengembangan turbin air tipe crossflow diameter 400mm* pemaparan hasil litbang kedeputian ilmu pengetahuan teknik pusat penelitian informatika – LIPI bandung 2003.