

ANALISA CFD DAN AKTUAL PERFORMA TURBINE BULB DENGAN HEAD 0,6 METER

Gatot Eka Pramono¹

¹ Dosen Tetap Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jl. KH. Sholeh Iskandar Bogor KM.2 Bogor 16162

E-mail: gatotekapramono@gmail.com

ABSTRACT

Hydroelectric plant is the most widely used in Indonesia. Francis and pelton turbines are by far the most widely used type of turbine. Both are generally use the gravitational force of falling or flowing river. However, river flows is not only the potential of electricity, the power of ocean currents can also be used as a hydroelectric plant. One of the turbines is often used for the utilization of ocean currents is a bulb turbine nevertheless it can also be used in river flows. Bulb turbine test method is a way by varying the flow using CFD. CFD is a method to numerically calculate fluid flow by the control of dimensions, area and volume using computer. The results of testing using CFD by varying the flow of 300 l/s, 400 l/s and 454 l/s. A constant discharge of 300l/s produced 171 rpm rotation at a flow rate of 3.4 m/s, a constant discharge of 400l/s produced 1189 rpm rotation at a flow rate of 4.54 m/s, while a constant discharge of 454l/s produced 238 rpm at a flow rate of 5.15 m/s and obtained 2013W turbine power with turbine efficiency of 76% at 0.6 meters head in the flow of Katulampa tributary.

Keywords : Turbine Bulb, Flow Rate, Rotation, CFD.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi merupakan sesuatu yang tidak dapat terpisahkan dari kehidupan manusia saat ini. Namun ketersediaan energi yang ada sangat terbatas jumlahnya, untuk itu pemanfaatan sumber daya energi yang bersifat terbarukan menjadi suatu alternatif yang harus dikembangkan guna memenuhi kebutuhan energi masyarakat. Listrik dapat dihasilkan oleh beberapa tenaga pembangkit yaitu pembangkit tenaga air, pembangkit tenaga panas bumi, pembangkit tenaga angin, pembangkit tenaga reaktor nuklir dan lain- lain. Pembangkit Listrik tenaga air merupakan pembangkit listrik yang paling banyak dijumpai di Indonesia. Namun turbin yang paling sering diterapkan adalah jenis turbin *Francis* dan turbin pelton. Turbin jenis ini biasanya memanfaatkan aliran- aliran sungai dengan memanfaatkan beda ketinggian, akan tetapi potensi air tidak hanya pada sungai yang memiliki beda ketinggian melainkan banyak sumber air yang bisa dimanfaatkan sebagai energi terbarukan salah satunya adalah potensi air arus laut. Salah satu turbin yang sering dipakai untuk memanfaatkan potensi arus laut yaitu *turbine bulb*. Namun, *turbine bulb* juga tidak hanya digunakan untuk arus laut tapi juga bisa digunakan di arus sungai [1].

Turbine Bulb adalah sebuah turbin yang mempunyai kaplan *runner* dua kali lipat dari turbin air pada umumnya dan generator terpasang pada poros horizontal. Bantalan poros dan generator berada dalam *bulb housing* yang terendam dalam air. Desain umum dari sebuah *turbine bulb* dilengkapi dengan *intake*, baling- baling, dan *draft tube*[2].

Unjuk kerja ini akan diuraikan tentang pengujian dan pengambilan data pembangkit listrik tenaga air dengan memaksimalkan potensi arus air dalam anak sungai katulampa Bogor, menggunakan jenis *Turbine Bulb*.

2. METODE PENELITIAN

Pada metode penelitian ini memvariasikan besarnya debit menggunakan software autodesk simulation CFD dan pengujian secara langsung pada aliran anak sungai katulampa sehingga memperoleh unjuk kerja turbin dalam bentuk putaran yang kemudian dibandingkan dengan hasil menggunakan simulasi CFD.

2.1 Luas penampang turbin

Luas penampang turbin didapat dari :

$$A_{\text{turbin}} = \pi \cdot r^2$$

2.2 Debit Sungai

Debit sungai dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{\text{sungai}} = V \times A_{\text{sungai}}$$

Dimana :

Q_{sungai} : Debit sungai (m³/s)

V : Kecepatan aliran sungai (m/s)

A : Luas penampang sungai (m²)

2.3 Debit Weir

Debit air yang diukur menggunakan weir meter dapat dihitung dengan rumus:

$$q_{weir} = 3,33(b-0,2)h^{3/2}$$

Dimana

q = Debit aliran (ft³/s)

b = Lebar sungai (ft)

h = Tinggi weir meter (ft)

2.4 Debit air dalam turbin

Setelah mendapatkan nilai Qsungai dan qweir maka bisa mencari debit yang ada pada turbin dengan menggunakan persamaan :

$$Q_{turbin} = Q_{sungai} - q_{weir}$$

2.5 Kecepatan aliran turbin

Kecepatan aliran yang melalui turbin didapat dari Qturbin dibagi dengan Aturbin maka didapat :

$$V_{turbin} = \frac{Q_{turbin}}{A_{turbin}}$$

Berikut ini perhitungan kecepatan aliran turbin :

$$Q_{sungai} - q_{weir} = Q_{turbin}$$

2.6 Kecepatan putaran turbin

Kecepatan putaran turbin yang didapat pada saat pengujian yaitu 23,8 Hz dan 12 pasang kutub generator yang kemudian dapat diketahui putarannya dengan menggunakan rumus:

$$n = \frac{120 \times f}{12}$$

2.7 Efisiensi Turbin

Dengan menggunakan persamaan perubahan momentum dan daya yang diserap, maka efisiensi turbin didapat dengan persamaan :

$$V_{tan} = \frac{g\eta H}{\omega r}$$

2.8 Daya air

Daya air merupakan daya yang dihasilkan oleh air, maka dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_{air} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

2.9 Torsi

Untuk mengetahui nilai torsi pada *turbine bulb* maka terlebih dahulu mencari daya poros, Daya poros didapat dari daya air dikali dengan efisiensi.

$$P_{out} = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \eta$$

Dimana :

P_{out} = daya keluaran poros (W)

ρ = massa jenis air 1000 (kg/cm³)

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

H = head (m)

Q = debit air (m³/s)

η = efisiensi

maka torsi dapat diselesaikan dengan persamaan :

$$P_{out} = T \cdot \omega$$

Dimana :

P_{out} = daya keluaran poros (watt)

T = Torsi (Nm)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

2.10 Tahap Pengambilan data

Tahapan pengambilan data yang dilakukan pada anak sungai Katulampa adalah:

1) Kecepatan aliran

Kecepatan aliran pada unjuk kerja *turbine bulb* menggunakan teori sederhana, yaitu mula- mula mengukur lebar dan tinggi air sungai kemudian beri jarak antara A dan B, setelah itu letakkan gabus A diatas permukaan air dan kemudian gabus tersebut akan mengalir ke arah B kemudian hitung kecepatan gabus A mengalir ke B menggunakan *stopwatch*. Supaya mendapatkan data yang valid dilakukan pengujian secara berulang.

2) Debit

Pengambilan data untuk mengetahui nilai debit dengan melakukan pengukuran pada sungai menggunakan meteran dan menggunakan weir meter.

3) Putaran turbin.

Putaran turbin pada *turbine bulb* dapat diketahui dengan menggunakan alat ukur *automotive* meter dengan hasil keluaran nilai dalam Hz yang kemudian dapat dihitung dan diketahui putarannya.

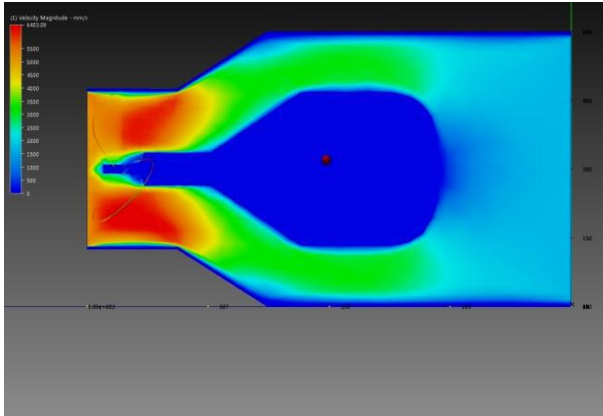
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis menggunakan CFD dengan memvariasikan variabel debit sebesar 454 l/s, 400 l/s, dan 300 l/s.

3.1 Hasil analisis menggunakan CFD dengan variabel debit 454 l/s.

- Analisis kecepatan aliran

Berdasarkan hasil analisis menggunakan CFD dengan variabel debit yang diketahui saat pengujian yaitu debit sebesar 454 l/s dan putaran yang dihasilkan sebesar 238 rpm, maka dapat diketahui kecepatan aliran air yang dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini:

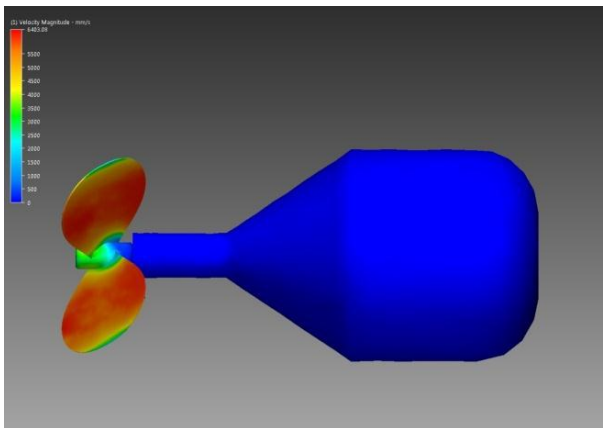


Gambar 1 kecepatan aliran air

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui aliran air dalam turbin berkisar 5,0 - 5,5 m/s, maka hal ini sesuai dengan data yang didapat pada saat pengujian yaitu sebesar 5,15 m/s.

- **Analisis kecepatan relatif**

Berdasarkan hasil analisis menggunakan CFD dengan variabel debit yang diketahui pada saat pengujian yaitu dengan debit sebesar 454 l/s dan putaran yang dihasilkan sebesar 238 rpm, maka dapat diketahui sebaran kecepatan relatif pada turbin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini :

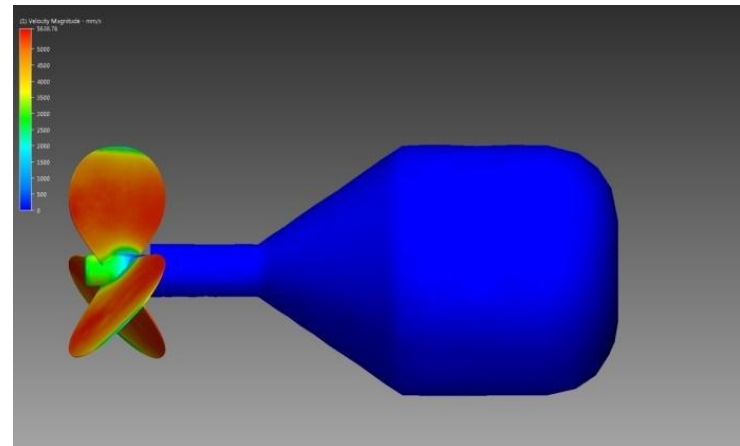


Gambar 2 kecepatan relatif turbin

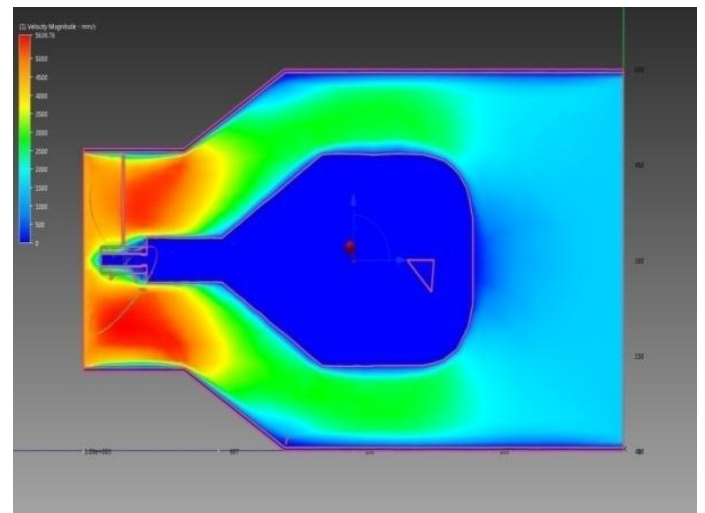
Berdasarkan gambar 2 dapat diketahui besaran kecepatan relatif turbin berkisar 5,8- 6,4 m/s, maka hal ini sesuai dengan pengujian dan perhitungan menggunakan segitiga kecepatan yaitu sebesar 6,42 m/s.

3.2 Hasil analisis menggunakan CFD dengan variabel debit 400 l/s

Berdasarkan hasil analisis CFD dengan menggunakan variabel debit sebesar 400 l/s dan momen inersia blade turbin sebesar yang didapat dari software Solidwork, maka data yang didapat dari CFD adalah kecepatan relatif dan kecepatan aliran air yang dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini :



Gambar 3 kecepatan relatif turbin



Gambar 4 kecepatan aliran air

Pada Gambar 3 dan Gambar 4 dapat diketahui sebaran kecepatan relatif berkisar 5,0- 5,6 m/s dan kecepatan aliran dalam turbin berkisar 4,0- 4,8 m/s. untuk lebih pasti mengetahui kecepatan aliran air dalam turbin, maka dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_{turbin} = \frac{Q_{turbin}}{A_{turbin}}$$

Dimana :

V= kecepatan aliran air (m/s)

Q= debit (m³/s)

A= Luas penampang (m²)

jadi,

$$V_{turbin} = \frac{0,4}{0,088} = 4,54 \text{ m/s}$$

Hal ini sesuai dengan hasil analisis yang didapat menggunakan CFD.

Untuk mengetahui seberapa besar kecepatan relatif yang ada pada *blade*, maka dapat diketahui dengan menggunakan kecepatan segitiga dengan terlebih dahulu besarnya, dikarenakan putaran dan belum diketahui maka dapat dicari dengan persamaan theorem Pythagoras sebagai berikut :

$$V_{\text{turbin}}^2 + \omega r^2 = V_r^2$$

Dimana :

V_{turbin} = kecepatan aliran dalam turbin (m/s)

ωr = kecepatan sudut (m/s)

V_r = kecepatan relatif (m/s)

Jadi:

$$V_r = \sqrt{V_{\text{turbin}}^2 + \omega r^2}$$

$$4,51 = \sqrt{(3,4)^2 + \omega r^2}$$

$$\sqrt{20,34 - 11,56} = \omega r$$

$$\omega r = 2,96 \text{ m/s}$$

Setelah ωr diketahui maka dapat diketahui pula putarannya, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$n = \frac{\omega r}{2\pi r} \times 60$$

Dimana :

n = putaran (rpm)

ωr = kecepatan sudut (m/s)

r = Jari-jari sudu (m)

Jadi:

$$n = \frac{2,96}{2 \times 3,14 \times 0,165} \times 60$$

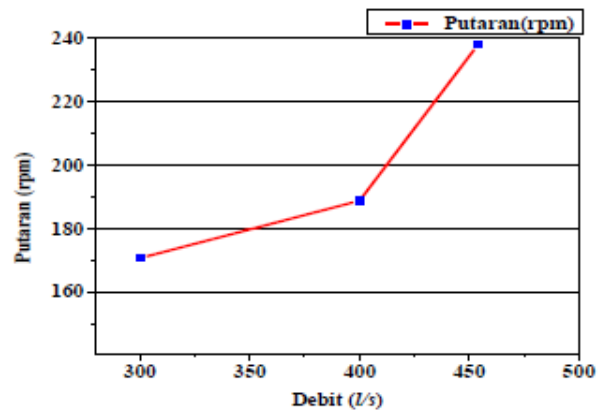
$$n = 171 \text{ rpm}$$

3.3 Hasil Simulasi Dengan Variasi Debit 300 l/s, 400 l/s, dan 454 l/s

Berdasarkan hasil pengujian pada aliran anak sungai Katulampa dan hasil analisis menggunakan simulasi CFD maka didapat data seperti pada Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1 Hasil perbandingan debit dan putaran

Debit (l/s)	Putaran (rpm)
300	171
400	189
454	238



Gambar 5 Grafik hubungan antara Debit dengan Putaran

Gambar 5 menunjukkan bahwa debit mempengaruhi putaran yang terjadi pada turbin, dimana semakin besar debit maka semakin besar pula putaran yang dihasilkan oleh turbin. Putaran tertinggi pada saat pengujian yaitu sebesar 238 rpm pada debit 454 l/s yang dihasilkan pada aliran anak sungai Katulampa.

4. KESIMPULAN

Hasil dari pengujian *turbine bulb* dengan head 0,6 meter untuk memperoleh unjuk kerja turbine bulb dengan memvariasikan debit sebesar 300 l/s, 400 l/s, dan 454 l/s dengan menggunakan software CFD dan pengujian langsung pada aliran anak sungai katulampa, maka dapat disimpulkan Unjuk kerja *turbine bulb* memperoleh putaran 238 rpm dengan debit 454 l/s dan kecepatan aliran sebesar 5,15 m/s, sehingga memperoleh daya keluaran poros (Pout) sebesar 2013 W dan torsi sebesar 80,8 Nm serta memperoleh efisiensi turbin sebesar 76% pada head 0,6 meter.

Putaran yang diperoleh dengan memvariasikan debit sebesar 300 l/s, 400 l/s, dan 454 l/s menggunakan simulasi CFD, maka hasil yang diperoleh dengan menggunakan variabel debit 300 l/s mendapat putaran 171 rpm dengan kecepatan aliran dalam turbin 3,4 m/s sedangkan untuk variabel debit sebesar 400 l/s mendapat putaran 189 rpm dengan kecepatan aliran dalam turbin 4,54 m/s dan pengujian turbine bulb pada aliran anak sungai katulampa memperoleh putaran 238 rpm dengan debit 454 l/s dan kecepatan aliran dalam turbin sebesar 5,15 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurhidayat, Dian, *Unjuk Kerja Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Air Type Cross Flow Dengan Head 6M*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Ibn Khaldun, Bogor, 2015.
- [2] Jorg Necker, Thomas (2009). *Cavitation In Bulb Turbine*, (23/01/2015).
- [3] Karsidi, *Turbin Air Type Francis*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi, Jakarta, 1997.
- [4] Rasjaya, Ade, *Perancangan Turbin Air Pelton Daya Poros 50kW Dengan Tinggi Jatuh 60M*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin Universitas Ibn Khaldun, Bogor, 2010.
- [5] Ali, Mochamad, *Perancangan Dan Analisa Pengujian Sudu Dan Roda Turbin Pelton Kapasitas 1kW*, Jurusan Teknik Mesin Universitas Ibn Khaldun, Bogor, 2006.
- [6] Faulkner, Simon A, *A Simplified Low head Propeller Turbine For Micro Hydroelectric Power*, University of Canterbury, 1991.
- [7] Khairul fadli, " Perencanaan Turbin Air", 10 januari 2013
- [8] Arismunandar, Wiranto, *Penggerak Mula Turbin*, ITB, Bandung, 1997
- [9] Sugeng Riyadi, " makalah Turbin Air", september 2012
- [10] Andritz, " *Bulb Type Generator*", China, 2014
- [11] Andira muhammad, "*Computational Fluid Dynamics*", jakarta, 2012