

PENGARUH PENGATURAN ALIRAN FLUIDA OLEH *GUIDE VANE* TERHADAP BENTUK ALIRAN, DAYA DAN KINERJA TURBIN *CROSSFLOW* KAPASITAS 5kW

EFFECT OF FLUID FLOW CONTROL BY GUIDE VANE ON FLOW FORM, POWER AND PERFORMANCE OF 5kW CROSSFLOW TURBINE

Mochammad Haikal⁽¹⁾, Yolli Fernanda⁽²⁾, Purwantono⁽³⁾, Andre Kurniawan⁽⁴⁾

^{(1). (2). (3). (4)}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

mchmmdhkl@gmail.com

yollifernanda@ft.unp.ac.id

purwantono@ft.unp.ac.id

andrekurniawan@ft.unp.ac.id

Abstrak

Berdasarkan letak geografis, Indonesia memiliki banyak sungai sehingga memiliki potensi untuk mengembangkan energi listrik dengan memanfaatkan aliran air atau lebih sering disebut pembangkit listrik tenaga air, dan untuk merealisasikannya dapat menggunakan jenis turbin *crossflow*, jenis tersebut mempunyai kecepatan rendah dan sangat cocok untuk lokasi dengan *head* rendah tetapi memiliki aliran besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari bukaan *guidevane* dengan masing-masing variasi bukaan sudut terhadap kecepatan air, putaran *runner*, torsi, dan efisiensi dari turbin *crossflow*. Penelitian ini menggunakan metode *Computational Fluids Dynamics (CFD)* dibantu dengan perangkat lunak *solidwork*. Metode *CFD* merupakan metode yang mempelajari dinamika *fluida*. Dari hasil penelitian diperlihatkan bentuk aliran dan kecepatan dari setiap bukaan *guidevane*, dimana hasil dari setiap variasi bukaan *guidevane* memiliki hasil yang sedikit berbeda pada bentuk aliran dan kecepatan aliran, sedangkan nilai tertinggi dari torsi didapatkan pada bukaan *guidevane* 100% sebesar 19.50 Nm, dan untuk nilai efisiensi tertinggi berada pada bukaan *guidevane* 100% dengan nilai efisiensi yang dihasilkan sebesar 12% dengan kondisi tanpa beban. Bisa ditarik kesimpulan bahwa semakin besar bukaan *guidevane* pada turbin *crossflow* maka hasil dari torsi *runner* dan efisiensi turbin yang dihasilkan akan semakin besar.

Kata Kunci : Bentuk aliran, daya, kinerja turbin, *Guide Vane*, Turbin *Crossflow*.

Abstract

Based on its geographical location, Indonesia has many rivers so it has the potential to develop electrical energy by utilizing water flow or more commonly called hydroelectric power plants, and to realize this you can use a crossflow turbine type, this type has a low speed and is very suitable for location with low heads, but have a big flow. This study aims to determine the effect of the guidevane opening with each angle opening variation on water speed, runner rotation, torque, and efficiency of the crossflow turbine. This study uses Computational Fluids Dynamics (CFD) method assisted by solidwork software. The CFD method is a method that studies fluid dynamics. From the results of study it is shown that the flow shape and velocity of each guidevane opening, where the results of each variation of the guidevane opening have slightly different result in the form of flow and flow velocity, while the highest value of torque is obtained at 100% guidevane opening of 19.50Nm, and for the highest efficiency value is at 100% guide vane opening with the resulting efficiency value of 12% with no-load conditions. It can be concluded that the larger the guidevane opening in a crossflow turbine, the resultant runner torque and turbine efficiency will be greater.

Keywords : Flow shape Power, Turbine Performance GuideVane, Crossflow Turbine.

I. Pendahuluan

Air merupakan sumber energi dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang saat ini sudah semakin berkurang. Berkurangnya energi tersebut, dapat memicu pengembangan energi listrik berbasis energi non fosil. Hal ini menimbulkan kesadaran untuk mengembangkan pembangkit yang bersumber dari energi alternatif, salah satu contohnya adalah pemanfaatan energi air. Energi air, energi yang sudah dimanfaatkan secara luas oleh masyarakat untuk membangkitkan energi listrik (Yuniarti et al., 2020).

Pembangkit listrik tenaga air memiliki kapasitas dan ukuran bervariasi, begitu juga teknologinya. *Picohydro* merupakan pembangkit listrik pembangkit listrik pemanfaat energi air skala kecil yang dibawah 5kW. Sistem pembangkit listrik tenaga air *picohydro* dapat diintegrasikan langsung pada aliran sungai (Jayakelana, 2020). Turbin *picohydro* ini bisa diterapkan pada turbin tipe aliran silang yang biasa disebut dengan turbin *Crossflow* dimana turbin *crossflow* ini untuk pengaplikasiannya bisa mencakup berbagai lokasi dengan debit aliran air dan *head*.

Turbin *Crossflow*, turbin impuls dengan tipe aliran radial, untuk awal pembangunan turbin *crossflow* (*bangki turbine*) dapat di dasarkan pada teori *banki*. Turbin *crossflow* memiliki susunan komponen sederhana yang terdiri dari rotor dan stator.

Rotor bagian yang berputar pada system seperti sudu, poros dan bantalan dan Stator adalah bagian diam yang ada pada system, stator ini terdiri dari *nozzle* dan rumah turbin.

Daya turbin ditentukan oleh desain rotor ini, agar bekerja pada kondisi optimal, debit aliran yang masuk ke rotor ini, agar bekerja pada kondisi optimal, debit aliran yang masuk ke rotor di atur oleh *guide vane* namun pengaturan debit ini juga mempengaruhi arah aliran dan bentuk aliran pada *runner*.

(C A Mockmore; Fred Merryfield, 1949) memperkenalkan turbin *bangki* pertama kali dan melaksanakan penelitian teoritis, efisiensi tinggi yang diperoleh turbin berada pada angka 68%. Dengan kondisi aliran sejajar, aliran yang diatur oleh *guide vane* juga dipengaruhi oleh bentuk dan arah *nozzle* yakni arah sudut casing turbin. Angka efisiensi ini diperoleh pada bukaan *guide vane* atau posisi 50%. Sehingga efisiensi turbin dipertahankan pada berbagai kecepatan.

Penelitian mengenai kinerja turbin tipe *crossflow* ini kemudian juga banyak diteliti, (Mafruddin & Marsuki, 2017) meneliti tentang variasi bukaan sudut *guide vane* yang menunjukkan bahwa efisiensi turbin tertinggi 40% pada bukaan *guide vane* 80%. Sedangkan Bukaan *guide vane* semakin kecil efisiensi turbin akan berkurang. Penelitian serupa yang membahas pengaruh bukaan sudut *guide vane* terhadap kinerja turbin pernah dilakukan oleh (Riadi

et al., 2021), Mensimulasikan pengaruh kecepatan bukaan *guide vane* terhadap kecepatan aliran air, tetapi belum bisa menganalisa pengaruh terhadap daya dan kinerja. Bukaan *guide vane* sebenarnya tidak hanya mempengaruhi kecepatan berpengaruh juga mempengaruhi pada bentuk aliran air dan perubahan daya yang diakibatkan oleh perubahan sudut *guide vane* yang beragam disebabkan oleh heterogenitas aliran pada saluran air.

A. Kajian Teoritis

1. Kalkulasi Laju air sebelum masuk

Untuk menghitung laju air masuk dapat menggunakan rumus dari (Mockmore & Merryfield, 1949):

$$v = C \sqrt{2 g H} \quad (1)$$

2. Menentukan debit air

Dalam menentukan debit air terhadap volume bejana bisa digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{v}{t} \quad (2)$$

3. Laju air didalam pipa

Untuk mengetahui aliran yang melewati masing-masing pipa dan mencari kalkulasi laju air didalam pipa dapat digunakan dengan rumus berikut:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

4. Menghitung tekanan air

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh air dari suatu ketinggian dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P = p \times h \times g \quad (4)$$

5. Mayor Loses

Mayor Loses terjadi karena gesekan aliran air didalam pipa dan dapat dihitung dengan persamaan

$$H_L = f \frac{l \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g} \quad (5)$$

6. Minor Loses

Minor Loses terjadi kekurangan yang di dapat adanya pipa belokan, saringan, dan peralatan lainnya. *Minor losses* dapat dihitung dengan persamaan:

$$H_L = k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (6)$$

7. Head Efektif

Proses untuk mengetahui tinggi yang efektif dengan cara menggunakan rumus dari (Mafruddin & Marsuki, 2017):

$$H_e = H - H_{L(mayor)} - H_{L(minor)} \quad (7)$$

8. kekuatan air

Untuk menghitung kekuatan air bisa menggunakan persamaan berikut:

$$P_{air} = \rho \cdot g \cdot H_e \cdot Q \quad (8)$$

9. Bilangan Reynold

Suatu bilangan tanpa ukuran untuk menganalisa gaya cairan. Berikut cara untuk mengetahui bilangan Reynold

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \quad (9)$$

10. Efisiensi Turbin

Efisiensi kemampuan turbin untuk merubah energi dari air menjadi energi listrik. Untuk menghitung persamaan sebagai berikut:

$$\eta_t = \frac{P_{turbin}}{P_{air}} \quad (10)$$

B. Computational fluid dynamic (CFD)

Computational fluid dynamic (CFD) merupakan ilmu dari mekanika fluida menggunakan analisis angka dan menganalisis permasalahan yang melibatkan cairan. Metode yang digunakan CFD, metode angka, algoritma, dan bantuan perangkat lunak lainnya bisa seperti *Solidwork* untuk melakukan analisis. Analisis aliran *fluida* dengan CFD di dasarkan pada hukum konversi seperti konversi massa, momentum dan energi yang ketika di terapkan dengan benar maka menghasilkan hasil yang baik untuk simulasi aliran dan studi parametik yang praktis. Adapun Langkah-langkah penggunaan metode CFD sebagai berikut:

1. *Material input*
2. *Boundary Condition*

3. *Geometry Meshing*
4. *Solve*

II. Metodologi Penelitian

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini memakai metode *Computational fluid dynamic* (CFD) dengan bantuan perangkat lunak *Solidwork*. Dimana Simulasi CFD metode yang digunakan untuk mempelajari dinamika cairan, properti material, reaksi yang terjadi serta bentuk ruang tempat cairan pada saat cairan tersebut bergerak. Penerapan simulasi metode CFD memberikan informasi seperti kecepatan cairan, arah alir cairan, tekanan, dan Hasil perhitungan dapat dilihat dalam bentuk warna, plot kontur atau vector kecepatan (Fermi, 2014).

B. Waktu dan Tempat Penelitian

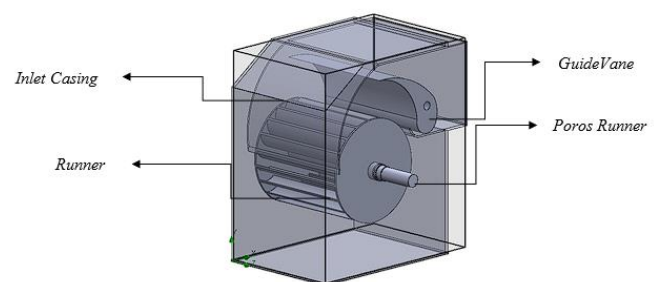
Penelitian dilakukan pada bulan Januari – Mei 2023. Lokasi dalam melakukan perancangan dan analisis bertempat di Laboratorium Konversi Energi, Departemen Teknik Mesin,, Universitas Negeri Padang.

C. Variabel Penelitian

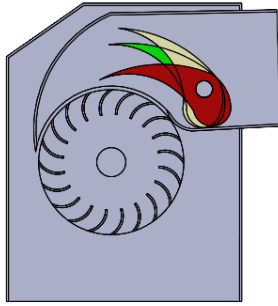
Untuk mengerjakan simulasi CFD terdapat variable dimana variable yang diambil yaitu variable bebas dan variable terikat, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab dari bukaan *guidevane* yang berbagai bukaan 25%, 50%, 100%, dan variable terikat adalah kecepatan air masuk kedalam turbin sebesar 0,175m/s.

D. Perancangan dan Simulasi Turbin *Crossflow*

Turbin *Crossflow* berskala *picohydro* didesain dari kondisi lapangan dimana debit air 0,13m³/s dan memiliki head 5 m yang selesai di observasi sebelumnya. Turbin ini di rancang dengan *Software Solidwork* Desain turbin bisa dilihat pada dibawah ini:

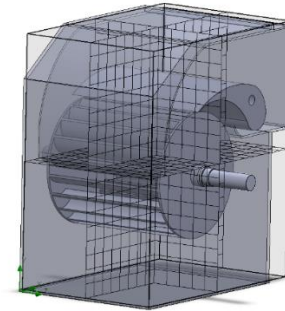


Gambar 2.1 Turbin *Crossflow Pico Hydro* menunjukkan bagian bukaan *guidevane* turbin *crossflow*.



Gambar 2.2 Variasi GuideVane.
Setelah desain dari turbin selesai dibuat selanjutnya analisis.

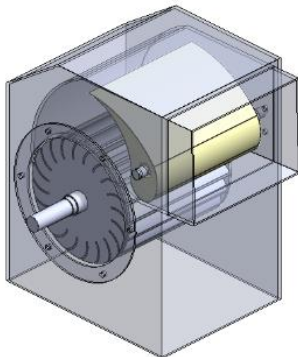
Proses *meshing*, semakin kecil ukuran *meshing* maka akan semakin presisi dari simulasi CFD sehingga nilai ukuran pada *meshing* sungguh berpengaruh pada tahap akhir dari simulasi.



Gambar 3.2 Hasil meshing turbin crossflow

III. Hasil dan Pembahasan

Desain turbin dibuat efisien dan efektif gambar 3.1 hasil pembuatan dari turbin *Crossflow* yang telah di buat melalui *software solidwork*, selanjutnya setelah perancangan telah selesai desain turbin akan disimulasikan dengan *software solidwork*. Berikut Gambar dari turbin untuk proses yang siap disimulasikan:



Gambar 3.1 Tampilan turbin Crossflow

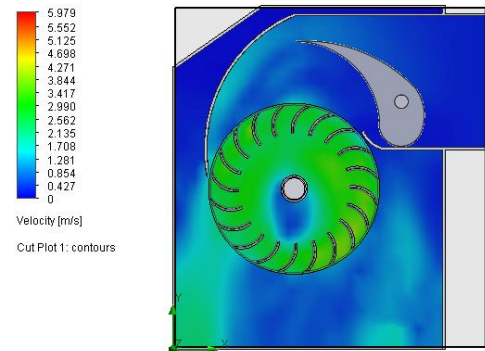
1. Analisis CFD

a. Boundary Condition

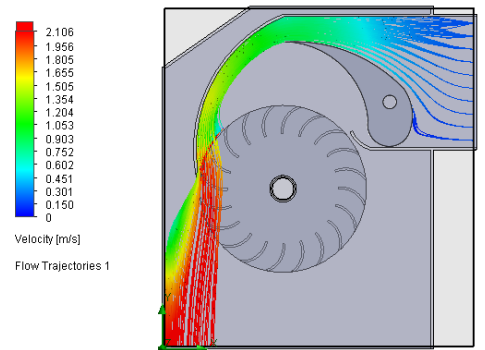
Boundary Condition di masukan berdasarkan data dan keperluan dari bentuk. Inter dari turbin *crossflow* dibangun sebagai jalur masuk, sedangkan jalur keluar dari turbin *crossflow* dibuat sebagai saluran keluar tekanan.

BC	BC type	Fluid	Unit
Inlet	Velocity	0,175	m/s
Outlet	Pressure	1,01325	bar

b. Meshing



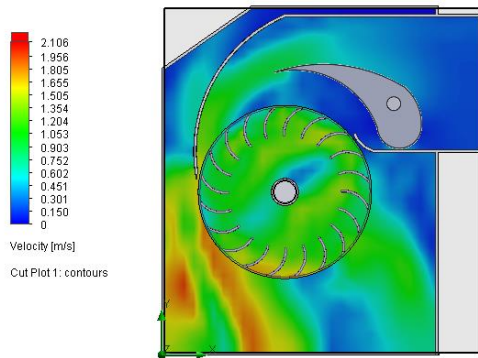
(a)



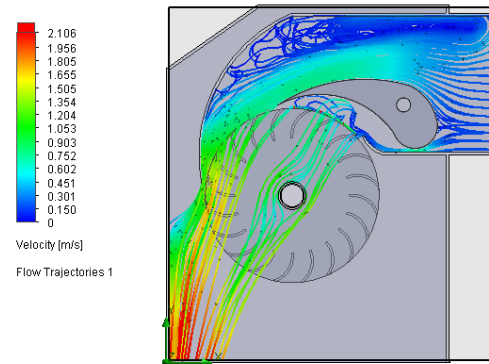
(b)

Gambar 3.3 Hasil Simulasi Contour dan Streamline Velocity Bukaan GuideVane 25%

Pada Simulasi CFD didapatkan hasil analisis pada *velocity* dengan variasi bukaan *guidvane* 25% menghasilkan bentuk aliran dan kecepatan aliran maksimal sebesar 1.15 m/s.



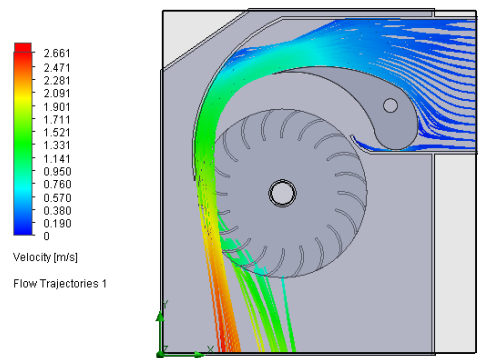
(a)



(b)

Gambar 3.5 Contour dan Streamline Velocity Bukaan GuideVane 100%

Pada simulasi CFD didapatkan hasil analisis *velocity* bukaan 100% menghasilkan bentuk aliran dan kecepatan aliran maksimal sebesar 0.66 m/s. Dapat terlihat pada gambar 3.5 mendapati kesimpulan bahwa kecepatan aliran pada turbin *crossflow* naik dan pada masukan terjadi kenaikan ketika memasuki sudu baling-baling dan terjadi penambahan laju air ketika telah memasuki baling-baling turbin. Dimana visualisasi tekanan maksimal ditunjukkan pada gambar *contour* berwarna merah dan tekanan rendah ditunjukkan gambar yang berwarna biru.



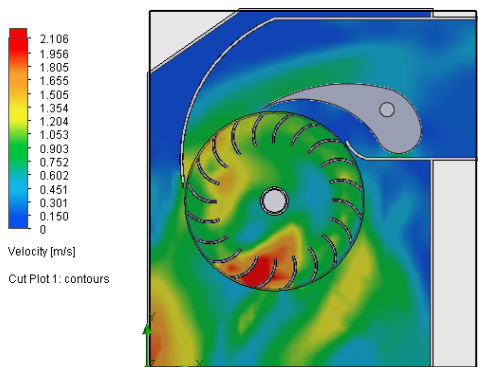
(b)

Gambar 3.4 Contour dan Streamline Velocity Bukaan GuideVane 50%

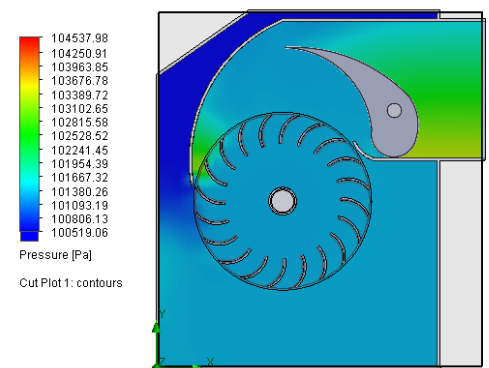
Pada simulasi CFD di dapatkan hasil analisis *velocity* dengan variasi bukaan *guidevane* 50% menghasilkan bentuk aliran dan kecepatan aliran maksimal sebesar 0.80 m/s.

c. Hasil Simulasi Tekanan Turbin

Pada Hasil simulasi *pressure* turbin *crossflow* diketahui, hasil turbin *crossflow* yang telah di uji, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

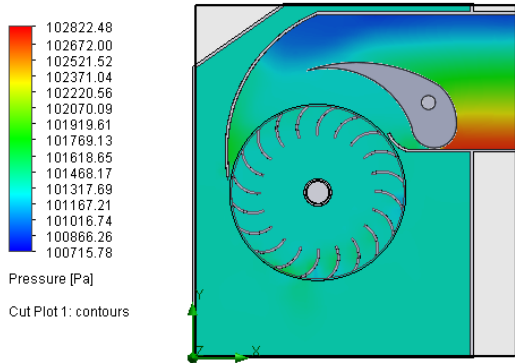


(a)



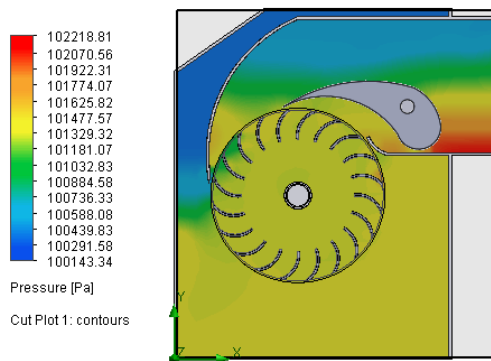
Gambar 3.6 Contour pressure Bukaan Guidevane 25%

Pada simulasi ini didapatkan hasil simulasi pada variasi bukaan 25% mendapatkan hasil *pressure* $10,1 \times 10^4$ Pa. dimana pada analisis simulasi turbin di bagian *pressure* terdapat tekanan pada bagian di bawah *guidevane* dan diujung pangkal *runner* dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.7 Contour pressure Bukaannya Guidevane 50%

Pada simulasi ini didapatkan hasil analisis pada variasi bukaan *guidevane* 50% mendapatkan hasil *pressure* sebesar $10,1 \times 10^4$. Dimana terlihat pada gambar 3.7 *contour pressure* pada bagian dibawah *guidevane*.

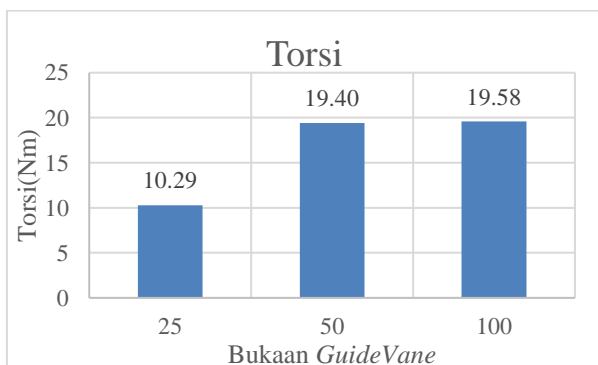


Gambar 3.8 Contour pressure Bukaannya Guidevane 100%

Pada simulasi ini didapatkan hasil analisis pada variasi bukaan *guidevane* sebesar $10,1 \times 10^4$, pada simulasi *contour pressure* hampir sama dengan bukaan *guidevane* 25% dan 50% dimana tekanan terlihat di bagian dibawah *guidevane*.

d. Hasil perhitungan torsi turbin *crossflow*

Keterkaitan antara torsi pada turbin *crossflow* dengan berbagai bukaan *guidevane* pada gambar 3.9

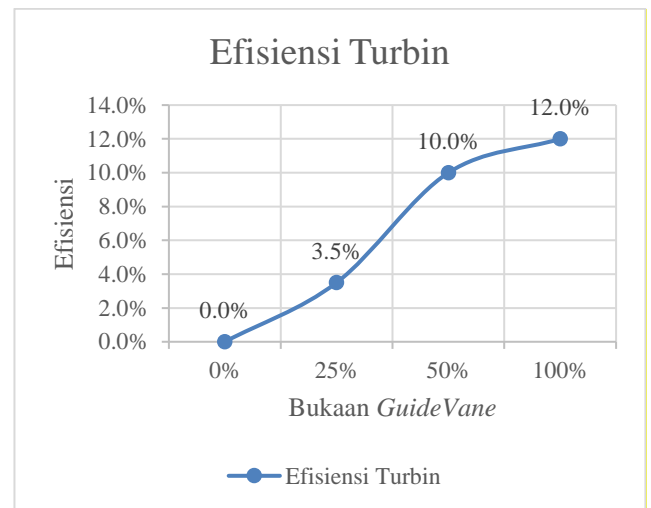


Gambar 3.9 Grafik Torsi Runner dengan variasi bukaan 25%, 50%, dan 100%.

Gambar 3.9 menunjukkan grafik hubungan torsi pada *runner* turbin *crossflow* dengan variasi bukaan *guidevane* diketahui dari hasil bukaan *guidevane* 25%, memiliki hasil torsi yang paling rendah sebesar 10.29Nm dan pada bukaan *guidevane* 100% menghasilkan putaran sebesar 19.58Nm. ditunjukkan dari hasil tersebut bahwa semakin besar variasi bukaan *guidevane* pada turbin *crossflow* maka hasil dari torsi *runner* turbin *crossflow* yang dihasilkan akan semakin besar.

e. Hasil perhitungan Efisiensi Turbin *Crossflow*.

Hubungan antara putaran *runner* turbin *crossflow* dengan variasi bukaan *guidevane* ditunjukkan pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Grafik Efisiensi Turbin dengan Variasi Bukaannya Guidevane

Gambar 3.10 menunjukkan grafik hubungan efisiensi turbin *crossflow* dengan variasi bukaan *guidevane*, diketahui dari hasil variasi bukaan *guidevane* 100% maksimal dengan menghasilkan sebesar 12% dan pada bukaan 25% menghasilkan efisiensi turbin yang paling minimum dengan efisiensi turbin sebesar 3,5%. Ditunjukkan dari hasil grafik tersebut sebesar dijelaskan efisiensi paling maksimal berada pada bukaan 100%.

IV. Kesimpulan

Hasil dari penelitian dengan menggunakan simulasi CFD diketahui bentuk aliran dan kecepatan memiliki hasil yang sedikit berbeda untuk setiap variasi bukaan *guidevane*, bukaan *guidevane* berpengaruh terhadap bentuk aliran dan kecepatan aliran. Hasil simulasi menyerupai grafik yang sudah dianalisis dapat diambil hasil akhir pada bukaan *guidevane* yang

optimal yaitu pada bukaan *guidevane* 100% dimana menghasilkan putaran sebesar 19,50 Nm, dan efisiensi turbin maksimal yang dihasilkan sebesar 12% dari bukaan *guidevane* 100% dengan kondisi tanpa beban.

Referensi

- Alipan, N., & Yuniarti, N. (2018). Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro. *Jurnal Edukasi Elektro*, 2(2), 59–70.
- C A Mockmore; Fred Merryfield. (1949). *Bánki, Donát. - Neue Wasserturbine*. (25th Ed.). Corvallis, Engineering Experiment Station, Oregon State System Of Higher Education, Oregon State College.
- Jayakelana, F. (2020). Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (Picohidro) Pada Aliran Sungai Cipelang Gede Kajian Gross Power. *Semnastera (Seminar Nasional Teknologi Dan Riset Terapan) Politeknik Sukabumi, 20 Oktober 2020, Seminar Nasional Teknologi Dan Riset Terapan*, 64–69.
- Kurniawan, A. (2020). *Turbin Air*. 1(2), 12-13.
- Luthfi Hakim, M., Yuniarti, N., dan Swi Damarwan, E. (2020). Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro. *Jurnal Edukasi Elektro*, 4(1).
- Mafruddin, M., & Marsuki, M. (2017). Pengaruh Bukaan *GuideVane* Terhadap Kinerja Turbin Piko hidro Tipe Cross-Flow. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1), 31–37.
- Muliawan, A., & Yani, A. (2016). Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat. *Journal Of Sainstek*, 8(1), 1–9.
- Riadi, D., Lapisa, R., & Nurdin, H. (2021). *Analisis Kecepatan Air Masuk Terhadap Bukaan GuideVane Turbin Crossflow Skala Pico Hydro Dengan Simulasi Cfd Analysis Of Water Investment Speed Against Pico Hydro Scale Pico Hydro GuideVane Turbine Opening With Cfd Simulation*. 3(3).
- Shields, C. L. (2001). Age, 25.5. *Ophthalmology*, 3(2), 2001–2002.
- Walseth E.C. (2009). *Investigation Of The Flow Through The Runner Of A Cross-Flow Turbine*. July, 122.
- Yuniarti, E. (2012). Rancangan Parameter Turbin Crossflow Generator Sikron Pada Pltmh. *Berkala Teknik*, 2(4), 1–8.