

Comparative Study of Numerical and Experimental Analysis of Micro Hydro Power Plant in Nagari Koto Hilalang Solok Regency

Studi Perbandingan Analisis Numerik dan Eksperimental Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro di Nagari Koto Hilalang Kabupaten Solok

Khairuni Delfi Anisa^{1*}, Arwizet K.^{1,2}, Remon Lapisa^{1,2}, Mulianti¹

Abstract

Indonesia has the potential to produce large amounts of electrical energy by utilizing sustainable energy, especially water energy. There are still many areas that are far from urban areas that do not have electricity, especially remote areas. One of them is Nagari Koto Hilalang, Solok Regency, which has built a Micro Hydro Power Plant (PLTMH). The purpose of this research was to determine the capacity and potential of PLTMH in Nagari through simulation. This research uses the Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation method with the Ansys Fluent 2021 R2 Student Version software. The magnitude velocity simulation values for the inlet velocity 12.44 m/s, 13.28 m/s, and 13.65 m/s produce different maximum values for the runner. The resulting torque has a value of 110.5 Nm. The exact output power generated by the Ansys simulation has a value of 10.78 kW. The efficiency of the turbine with a power of 10.78 kW obtained from the simulation results is 66%.

Keywords

Cross-flow, Ansys, Computational Fluid Dynamics (CFD)

Abstrak

Indonesia memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik yang besar dengan memanfaatkan energi yang berkelanjutan terutama energi air. Masih banyak daerah yang jauh dari perkotaan belum teraliri oleh listrik terutama daerah terpencil. Salah satunya Nagari Koto Hilalang, Kabupaten Solok yang sudah dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas dan potensi PLTMH yang ada di nagari tersebut melalui simulasi. Penelitian ini menggunakan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan *software Ansys Fluent 2021 R2 Student Version*. Nilai simulasi kecepatan *magnitude* untuk *velocity inlet* 12,44 m/s, 13,28 m/s dan 13,65 m/s menghasilkan nilai maksimum yang berbeda pada *runner*. Torsi yang dihasilkan memiliki nilai 110,5 Nm. Daya luaran yang tepat yang dihasilkan oleh simulasi Ansys memiliki nilai 10,78 kW. Efisiensi pada turbin dengan daya 10,78 kW yang didapat dari hasil simulasi yaitu 66%.

Kata Kunci

Cross-flow, Ansys, Computational Fluid Dynamics (CFD)

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

Jalan Prof. Dr. Hamka, Air Taawar, Padang, 25131, Indonesia

²Center for Energy and Power Electronics Research, Universitas Negeri Padang

Jalan Prof. Dr. Hamka, Air Taawar, Padang, 25131, Indonesia

*khairnmd3001@gmail.com

Submitted : November 03, 2022. Accepted : November 17, 2022. Published : November 19, 2022.

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan sehari-hari. Sumber energi listrik bisa didapatkan dari pembangkit listrik yang bersumber dari batu bara, panas bumi, pembangkit listrik tenaga air dan lainnya. Pembangkit listrik dari batu bara akan menyebabkan emisi gas karbon karena hasil pembakaran [1]. Indonesia memiliki potensi untuk menghasilkan energi listrik yang besar dengan memanfaatkan energi yang berkelanjutan (*sustainable energy*). Diantaranya yaitu panas bumi, hidro, matahari, angin, biomassa, laut, sel bahan bakar, dan nuklir [2]. Potensi besar ini belum bisa termanfaatkan secara maksimal. Masih banyak daerah yang jauh dari perkotaan belum teraliri oleh listrik terutama daerah terpencil. Daerah terpencil biasanya sangat cocok dibangun pembangkit listrik tenaga air karena kondisi alam yang kaya akan energi air.

Energi air merupakan sumber energi berkelanjutan yang dapat dirubah menjadi energi listrik. Energi air merupakan sumber energi yang sangat cocok untuk dikembangkan di daerah terpencil [3]. Potensi energi air sangat besar di Indonesia, sehingga sangat sayang jika tidak dimanfaatkan untuk kebutuhan daerah yang belum dialiri oleh listrik. Selain itu dampak dari energi air juga tidak memiliki dampak terhadap lingkungan yang membuat energi ini ramah lingkungan [4]. Pemanfaatan energi air juga sangatlah mudah, selain berpotensi tidak mencemarkan lingkungan dan jumlahnya tidak terbatas.

Daerah di Provinsi Sumatera Barat masih memiliki permasalahan dalam pemanfaatan energi listrik. Khususnya di Jorong Muaro Busuak Nagari Koto Hilalang Kabutapen Solok. Ini merupakan daerah yang belum mendapatkan aliran listrik yang optimal dari PLN. Sehingga penggunaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro merupakan pembangkit listrik alternatif yang dapat digunakan pada daerah ini. Dilihat dari potensi aliran sungai yang ada, debit aliran air sungai di Nagari Koto Hilalang yang diukur dan dihitung langsung oleh penulis mencapai 0,21 m³/s dan *head* 9 meter. Sehingga berpotensi untuk dilakukan pengembangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro, karena hanya membutuhkan *low head* saja.

Hasil analisis lapangan yang pernah dilakukan, pada daerah Jorong Muaro Busuak Nagari Koto Hilalang sudah terdapat pembangkit listrik tenaga mikro hidro, dan hasilnya sudah dimanfaatkan oleh masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas dan potensi untuk pemanfaatan pembangkit listrik mikro hidro yang ada di nagari tersebut, dan melakukan analisis simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) serta perhitungan analisis numerik dan teroris untuk perhitungan dan kelayakan dalam penggunaan pembangkit listrik tenaga mikro hidro di daerah tersebut.

Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik untuk menyelesaikan dan menganalisa elemen-elemen yang akan disimulasikan dengan pemanfaatan komputer untuk menghasilkan perhitungan yang cepat dan akurat. Salah satu *software* yang digunakan dalam pengembangan CFD adalah *ansys fluent*. *Ansys* dapat menganalisa dengan berbasis metode elemen untuk masalah – masalah rekayasa (*Engineering*) [5]. *Ansys fluent* merupakan salah satu analisis numerik yang menganalisa aliran fluida. *Ansys* dapat mengimpor data *Computer Aided Design* (CAD) salah satunya *software Solidwork*.

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit listrik tenaga air merupakan pembangkit yang mempekerjakan energi mekanik yaitu energi potensial dan energi kinetik pada air untuk menghasilkan listrik [6]. Pembangkit listrik tenaga air juga merupakan salah satu energi terbarukan karena jumlah energi yang tak akan pernah habis yaitu air [7]. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 9 tahun 2016, Pembangkit listrik yang memanfaatkan air dibedakan atas tiga berdasarkan daya luaran yang dihasilkan yakni

pembangkit listrik tenaga air berkapasitas lebih dari 10 megawatt (MW), pembangkit listrik tenaga mini hidro berkapasitas antara 100 kW sampai 1 MW, dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro berkapasitas 1 kW sampai 100 kW [8].

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro termasuk kedalam kategori pembangkit yang dapat beroperasi pada *head* yang rendah. Pembangkit ini terus berkembang di seluruh dunia, hal tersebut menunjukkan bahwa *system* pembangkit listrik tenaga mikro hidro layak pada daerah yang sesuai. Syarat yang harus terpenuhi untuk membangun pembangkit listrik tenaga mikro hidro adalah sumber air, turbin, generator, desain dan pemasangan yang tepat [9]. Prinsip kerja PLTMH yang paling umum adalah energi air yang ditangkap oleh turbin lalu dimanfaatkan semaksimal mungkin lalu efisiensi dari turbin dapat menentukan besarnya energi mekanik atau energi poros guna memutar generator listrik [10]. Turbin yang cocok untuk jenis *head* yang rendah yaitu turbin *cross-flow* [11].

Turbin Air

Turbin air diartikan sebagai sebuah mesin yang bergerak karena fluida kerjanya air. Berdasarkan prinsip kerjanya turbin dapat mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik [12]. Aliran air yang mempunyai energi potensial akan ditembakkan ke sudu-sudu *runner* oleh *nozzle*. Turbin air dapat digolongkan menurut kecepatan spesifiknya. Kecepatan spesifik turbin dapat diartikan sebagai titik efisiensi maksimum. Dalam mencari kecepatan spesifik turbin (n) bisa digunakan persamaan (1) [10].

$$n = \frac{n_t \sqrt{P_2}}{H^{5/4}} \quad (1)$$

Dimana :

P = daya luaran (Hp)

H = tinggi jatuh air (m)

n_t = putaran turbin (rpm)

Turbin Cross-flow

Turbin *cross-flow* termasuk turbin impuls dan turbin aksi yang dapat beroperasi pada tinggi jatuh air yang rendah yaitu 100-meter dan laju aliran yang rendah. Hasil efisiensi yang diperoleh dari turbin *cross-flow* cukup tinggi, hal ini diperoleh karena pemanfaatan energi air dilakukan dengan dua *step* sehingga menghasilkan efisiensi yang tinggi [13]. Turbin *cross-flow* terdiri dari dua bagian utama yaitu rotor dan stator. Rotor merupakan bagian turbin yang bergerak seperti *runner*, poros, puli, dan *v-belt*. Stator merupakan bagian turbin yang tetap seperti *guide vane*, *nozzle* dan *casing*. Prinsip kerja turbin *cross-flow* secara umum yaitu aliran air dari sungai dialirkan melalui saluran pembawa menuju pipa pesat lalu masuk menuju saluran pembuka atau nosel kemudian masuk ke dalam *runner* dan energi di dalam air diubah menjadi energi mekanik yang akan menyebabkan *runner* berputar. *Runner* yang berputar disambungkan dengan poros, puli dan *v-belt* dan akan ditransmisikan ke generator listrik. Air yang masuk kedalam *runner* akan keluar melalui saluran pembuang dan masih mempunyai kecepatan, yang artinya tidak semua diserap oleh *runner* turbin [14].

Konstruksi Turbin Cross-flow

Dalam perancangan *runner* turbin *cross-flow* maka dibutuhkan data berupa debit aliran dan *head efektif* yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [12]: Pengukuran debit aliran (Q) dapat dihitung menggunakan persamaan (2) dimana dibutuhkan data kecepatan aliran (v) pada sungai dapat dihitung menggunakan persamaan (3) dan data luas penampang (A) pada sungai dapat dihitung menggunakan persamaan (4).

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

$$v = \frac{s}{t} \quad (3)$$

$$A = p \times l \quad (4)$$

Dimana

Q = Debit aliran (m^3/s)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

s = jarak (m)

t = Waktu (s)

A = Luas penampang (m^2)

p = Panjang penampang (m)

l = lebar penampang (m)

Perhitungan *head efektif* (H_e) dapat dihitung menggunakan persamaan (5) dimana dibutuhkan data *major losses*. *Major losses* merupakan kerugian akibat gesekan antara air dengan dinding pipa. *Major losses* dapat dihitung dengan persamaan (6).

$$H_e = H - H_L \text{ (mayor)} \quad (5)$$

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

Dimana

H_e = Head Efektif (m)

H = Head net (m)

H_L = Kerugian head karena gesekan (m)

d = Diameter dalam pipa (m)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

f = Koefisien gesekan

Menurut *Mockmore* dalam bukunya yang berjudul “*The Banki Water Turbine*” menyebutkan beberapa rumus dalam perencanaan konstruksi turbin *cross-flow* [15]. Diameter dan Panjang *runner* merupakan salah satu hal yang paling dalam perancangan Turbin. Diameter luar *runner* didapatkan dari persamaan (7).

$$D_1 = 862H^{1/2}/N \quad (7)$$

Dimana :

H = head ketinggian (in)

N = putaran turbin (rpm)

Diameter dalam *runner* bisa didapatkan dengan persamaan (8).

$$D_2 = 2/3D_1 \quad (8)$$

Panjang *runner* bisa didapatkan dengan persamaan (9).

$$L = 144QN/862H^{1/2}Ck(2gH)^{1/2} \quad (9)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (cfs)

C = koefisien nosel = 0,98

k = factor koreksi = 0,087

Dalam mencari perbandingan panjang dan diameter *runner* bisa digunakan persamaan (10).

$$LD_1 = 210.6Q/H^{1/2} \quad (10)$$

jari-jari kelengkungan Sudu dapat dicari dengan menggunakan persamaan (11).

$$\rho = 0,3261 r_1 \quad (11)$$

Dimana :

r_1 = jari-jari luar *runner* (in)

Jarak antar sudu meliputi jarak antar sudu pancaran air masuk (s_1), jarak sudu pancaran air keluar (s_2) dan jarak antar sudu (t) dapat dicari dengan menggunakan persamaan (12,13,14).

$$s_1 = k D_1 \quad (12)$$

$$s_2 = t(r_2/r_1) \quad (13)$$

$$t = s_1/\sin \beta_1 \quad (14)$$

Jumlah sudu bisa didapatkan dengan persamaan (15).

$$n = \pi D_1/t \quad (15)$$

Efisiensi maksimal turbin dapat dicari dengan persamaan (16,17,18).

$$\text{Jika } u_1 = \frac{1}{2} V_1 \cos \alpha_1 \quad (16)$$

$$\text{Maka } \tan \beta_1 = 2 \tan \alpha_1 \quad (17)$$

Ψ = koefisien empiris yang nilainya sekitar (0,98)

$$\epsilon_{\max} = 0,5 C^2 (1+\Psi) \cos^2 \alpha_1 \quad (18)$$

Perhitungan poros bisa didapatkan dengan parameter-parameter yang digunakan sebagai berikut:

P = daya yang ditransmisikan (kW)

F_c = faktor koreksi

n = putaran poros (rpm)

$P_d = F_c \times P$ (kW)

T = momen puntir rencana (kg/mm)

$$T = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{n} \quad (19)$$

σ_B = kekuatan Tarik bahan (kg/mm²)

Sf_1 dan Sf_2 = faktor keamanan

C_b = faktor C_b nilainya 1,2 sampai 2,3. Jika diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur maka $C_b = 1$

K_t = faktor K_t dipilih 1,0 jika beban dikenakan secara halus; 1,0-1,5 jika dikenakan sedikit beban kejutan atau tumbukan; dan 1,5-3,0 jika beban kejutan atau tumbukan besar.

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{(Sf_1 \times Sf_2)} \text{ (kg/mm}^2\text{)} \quad (20)$$

d_s = diameter minimal poros (mm)

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T \right]^{1/3} \quad (21)$$

Perhitungan daya maksimum yang tersedia bisa didapatkan dengan persamaan (22).

$$P = \frac{QH_e}{8,8} \text{ (HP)} \quad (22)$$

Dimana :

Q = debit air (cfs)

H = tinggi jatuh air (ft)

Perhitungan Daya keluaran bisa didapatkan dengan persamaan (23).

$$P_{out} = V \times I \quad (23)$$

Dimana :

V = tegangan (volt)

I = arus (Ampere)

Perhitungan Torsi guna turbin bisa didapatkan dengan persamaan (24).

$$T = 9,55 \times \frac{P_{out}}{n} \quad (24)$$

Perhitungan efisiensi total bisa didapatkan dengan persamaan (25).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (25)$$

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan desain menggunakan *software SolidWork*, proses simulasi menggunakan *software Ansys*. Penelitian ini adalah eksperimen dengan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan perangkat lunak *Ansys Fluent 2021 R2 Student Version*. *Ansys* dapat menganalisa dengan berbasis metode elemen untuk masalah – masalah rekayasa (*Engineering*) [5]. Objek penelitian adalah model aliran pembangkit listrik tenaga mikro hidro di Jorong Muaro Busuak Nagari Koto Hilalang.

Spesifikasi Data-Data Penelitian dan Desain Turbin

Pada penelitian ini tepatnya pada daerah Jorong Muaro Busuak Nagari Koto Hilalang sudah terdapat pembangkit listrik tenaga mikro hidro, dan hasilnya sudah dimanfaatkan oleh masyarakat. Adapun [Gambar 1](#) merupakan gambar pembangkit yang sudah beroperasi pada daerah tersebut terdiri atas: Turbin *Cross-flow*, Generator dan Panel Listrik.



a)



b)



c)

Gambar 1. Bagian-bagian pembangkit listrik yang sudah ada, a)Turbin *Cross-flow*; b)Generator; dan c)Panel Listrik

Pada penelitian ini data-data yang diperlukan antara lain data hidrolisis di lapangan pada [Tabel 1](#) yang langsung diukur dan dihitung menggunakan persamaan (1) sampai persamaan (6). Kemudian [Tabel 2](#) merupakan data listrik turbin yang sudah dialiri listrik di lokasi penelitian dan daya output listrik dapat dihitung menggunakan persamaan (23). [Tabel 3](#) adalah data dimensi desain *runner* turbin yang dihitung sesuai dengan persamaan *mockmore* [15] yang dapat digunakan dari persamaan (7) sampai persamaan (21). Dimensi ini diukur dengan membutuhkan data berupa debit aliran dan *head* efektif yang ada pada kondisi alam lokasi penelitian.

Tabel 1. Data Hidrolisis di Lapangan

Parameter	Nilai
Kecepatan Air (v)	0,145 m/dtk
Luas Penampang air (A)	1,5 m ²
Debit air (Q)	0,21 m ³ /dtk
Head (H)	9 meter
Head Efektif (H _f)	7,992 meter
Jenis Turbin	crossflow

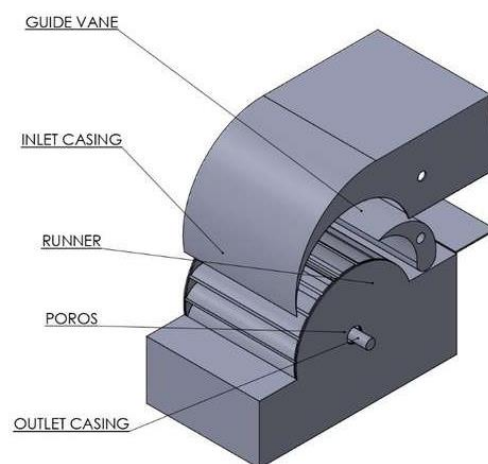
Tabel 2. Data Turbin di lapangan

Parameter	Nilai
Daya Turbin (P _i)	8,2 KW
Kuat Arus (i)	27,9 A
Voltase (v)	220 Volt

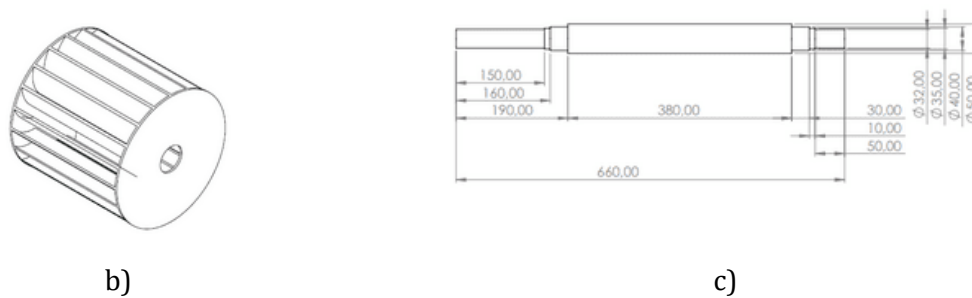
Tabel 3. Dimensi runner turbin

Item	Dimensi
Diameter Runner	400 mm
Diameter Dalam Runner	260 mm
Lebar Runner	380 mm
Jumlah Sudu	20 buah
Kelengkungan Sudu	105,08 mm
Lebar Setengah Sudu	76,71 mm
Panjang Poros	660 mm

Penelitian ini membutuhkan desain *runner* turbin untuk dapat melakukan simulasi *ansys*, Adapun pada Gambar 2 berupa desain turbin aliran silang yang terdiri atas a. desain turbin secara keseluruhan, b. desain *isometric runner* dan c. desain poros *runner*. Pada turbin *cross-flow* air masuk melalui *nozzel*, yang berfungsi untuk meneruskan aliran fluida agar tekanan konstan. Setelah itu menuju *guide vane*, yang berfungsi untuk mengarahkan air masuk ke dalam *runner*. Lalu air masuk ke *runner*, yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanik. Poros berfungsi sebagai transmisi energi mekanik *runner* ke generator. Lalu air keluar melalui saluran pembuangan.



a)

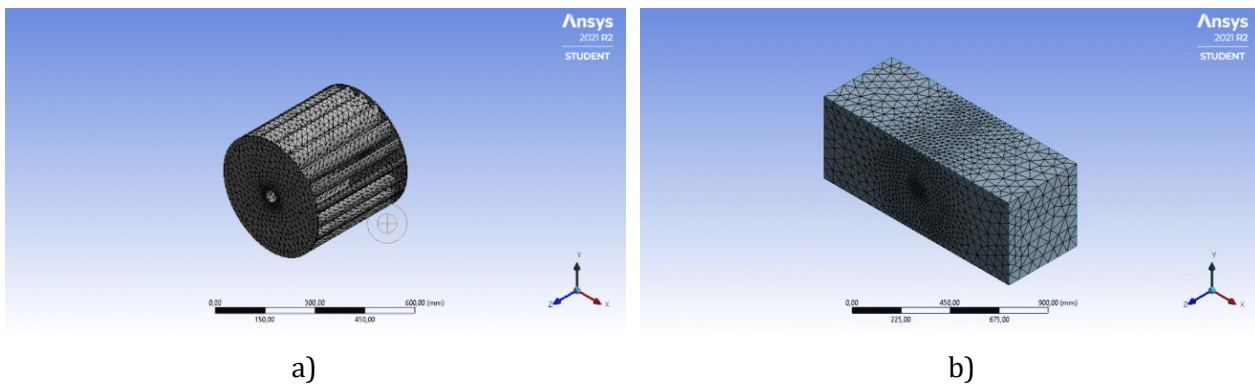


Gambar 2. Turbin Aliran Silang (Cross-Flow): a) Desain Turbin Cross-Flow; b) Runner; dan c) Poros Runner

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Gambar 3 merupakan hasil dari proses *meshing* untuk semua variasi yang terdiri atas a. runner turbin dan b. hasil dari proses *meshing* bagian *enclosure* dengan *element size meshing* 60 mm yang digunakan. Dimana semakin kecil *element size meshing* maka akan semakin akurat hasil dari simulasi CFD sehingga nilai *element size* pada *meshing* sangat berpengaruh pada hasil simulasi dari turbin *cross-flow*. Proses *meshing* untuk setiap variasi *inlet* dilakukan satu kali. Hasil *meshing* dianalisis dengan model turbulensi K-epsilon RNG dan kondisi air masuk dibuat dengan keadaan *steady state*. Model turbulensi K-epsilon RNG dapat memberikan hasil yang lebih akurat pada model aliran berputar [16]. Dalam penelitian Setiawan dkk, simulasi dengan model turbulensi k-epsilon RNG memberikan hasil aliran lebih detail dibandingkan k-epsilon SST [17].



Gambar 3. Hasil Meshing untuk semua variasi: a) Meshing Runner; dan b) Meshing Enclosure

Hasil dari simulasi *ansys* dapat dilihat pada tabel 4 dimana simulasi ini mengatur *velocity inlet* air dengan variasi 12,44 m/s, 13,28 m/s dan 13,65 m/s dan kecepatan sudut sebesar 110,51 rad/s sebagai *boundary condition*. Hasil torsi dari simulasi yang mendekati hasil teoritis yaitu variasi *velocity inlet* 13,28 m/s dengan nilai 110,2 Nm. Hasil ini cukup dekat dibandingkan dengan hasil torsi variasi lainnya. Sedangkan hasil analisis teoritis daya turbin yaitu 11,76 kW. Sesuai dengan persamaan Mockmore bahwa daya optimum dapat dihasilkan oleh turbin sesuai dengan *head* dan debit di daerah tersebut. Maka hasil yang paling tepat untuk hasil analisis numerik yaitu hasil simulasi yang lebih kecil daripada hasil teoritis yaitu variasi *velocity inlet* 12,44 m/s dengan nilai daya 10,78 kW. Dibandingkan dengan hasil daya luaran eksperimental di lapangan yang bernilai 8,2 kW, ini bisa dibilang perbedaan yang cukup signifikan. Hal tersebut terjadi dikarenakan faktor eksternal dari lokasi PLTMH yaitu berupa dimensi turbin yang tidak sesuai dengan kondisi alam, bendungan yang tertumpuk

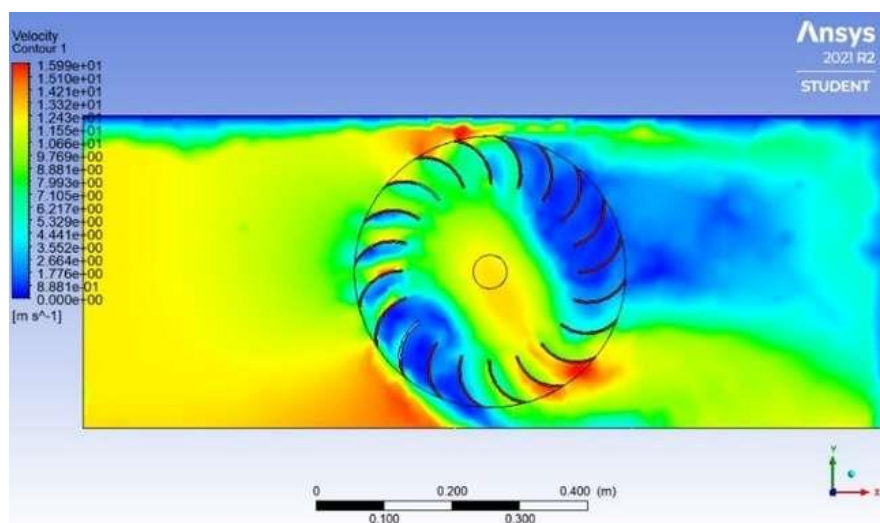
oleh sampah dan pasir serta kebocoran pada pipa atau *penstock*. Sesuai dengan daya yang tepat dari hasil simulasi maka efisiensi yang bekerja pada turbin bernilai 66%. Efisiensi yang dihasilkan oleh simulasi numerik 74% dan 81% merupakan efisiensi yang cukup tinggi tetapi efisiensi dari daya yang dihasilkan sesuai dengan variasi inlet yang sama dengan teoritis dan lapangan yaitu 12,44 m/s yang diketahui hasilnya yaitu 66%.

Tabel 4. Hasil Simulasi Ansys

No	Analisis	Head (m)	Debit (m ³ /s)	Kecepatan Air Masuk (m/s)	Putaran Runner (Rpm)	Kecepatan Magnitude (m/s)	Torsi (Nm)	Daya (kW)	Efisiensi Turbin (%)			
1	Eksperimental (lapangan)	9	0,21	12,44	1055,9	-	-	8,2	75%			
2	Teoritis	9	0,21	12,44	1055,9	51,76	106,41	11,76	87%			
3	Numerik	9	0,21	12,44	1055,9	16,55	97,6	10,78	66%			
				13,28		18,03				110,2	12,17	74%
				13,65		18,17				120,5	13,31	81%

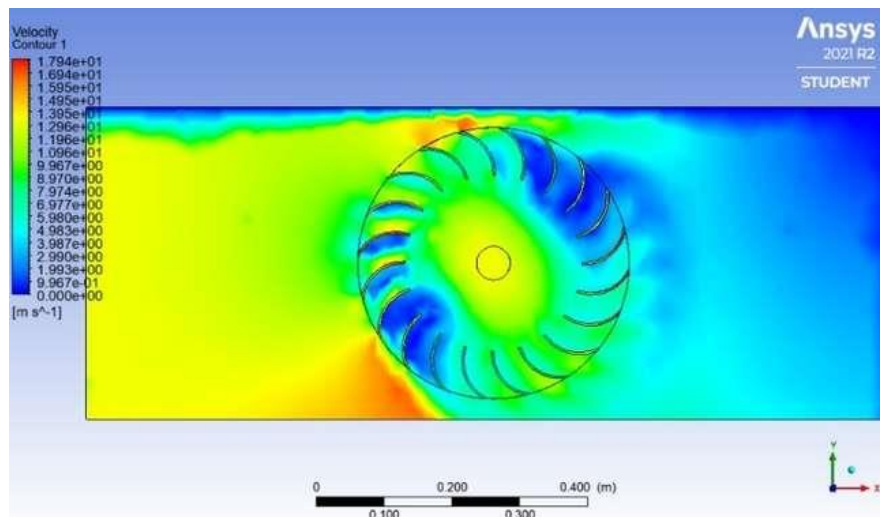
Pembahasan

Hasil analisis simulasi *ansys* berupa kecepatan *magnitude* turbin *cross-flow* telah diketahui. Seperti pada hasil *runner* yang telah diuji hasil simulasi ditampilkan berupa *contour* pada plane dengan jarak Z+ 200 mm. Pada simulasi *ansys* didapat hasil analisis pada variasi *velocity inlet* 12,44 m/s menghasilkan kecepatan *magnitude*. Analisis kecepatan *magnitude* dapat dilihat pada Gambar 4. Simulasi *Ansys* menghasilkan kecepatan *magnitude* maksimal sebesar 16,55 m/s. Pada daerah yang berwarna merah merupakan letak kecepatan *magnitude* maksimal.



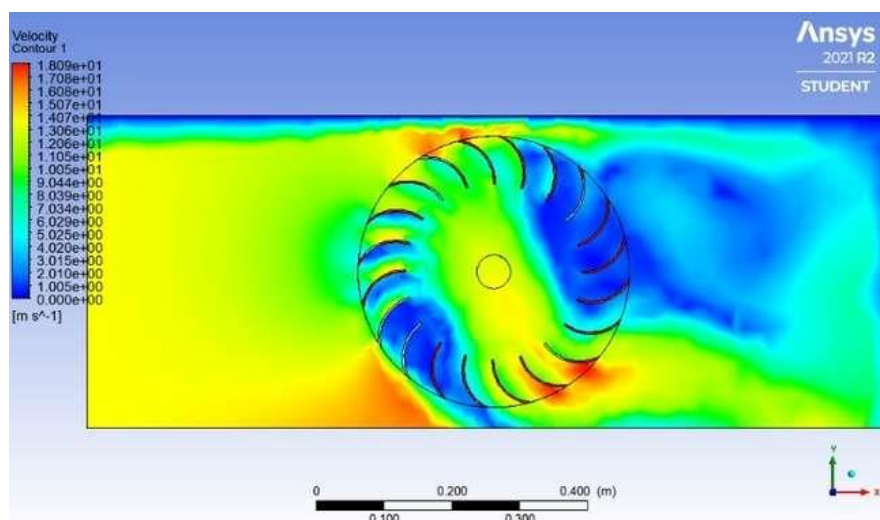
Gambar 4. Contour velocity magnitude dengan velocity inlet 12,44 m/s

Pada simulasi *ansys* didapat hasil analisis pada variasi *velocity inlet* 13,28 m/s menghasilkan kecepatan *magnitude*. Analisis kecepatan *magnitude* dapat dilihat pada Gambar 5. Simulasi *Ansys* menghasilkan kecepatan *magnitude* maksimal sebesar 18,03 m/s. hasil ini lebih besar dari variasi *velocity inlet* 12,44 m/s. Pada daerah yang berwarna merah merupakan letak kecepatan *magnitude* maksimal.



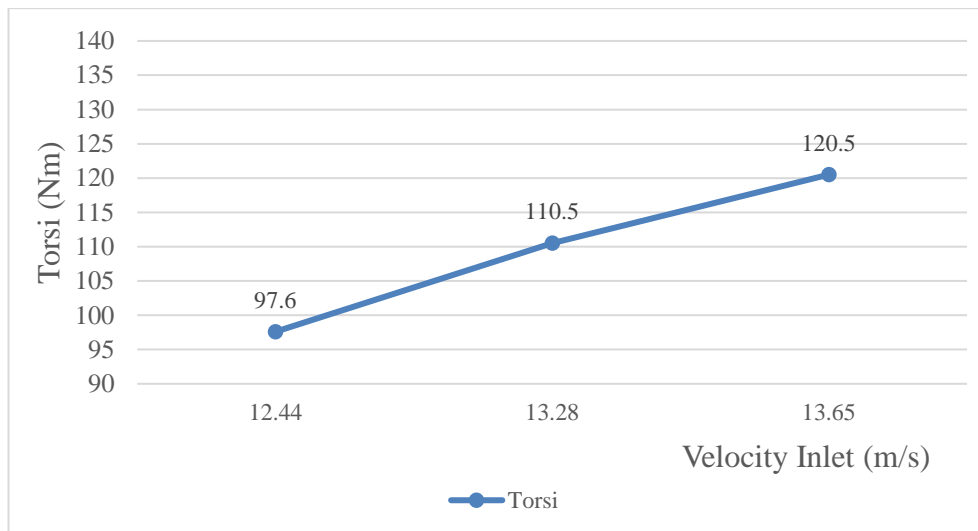
Gambar 5. Contour velocity magnitude dengan velocity inlet 13,65 m/s

Pada simulasi *ansys* didapat hasil analisis pada variasi velocity inlet 13,28 m/s menghasilkan kecepatan *magnitude*. Analisis kecepatan *magnitude* dapat dilihat pada Gambar 6. Simulasi *ansys* menghasilkan kecepatan *magnitude* maksimal sebesar 18,17, m/s. hasil ini lebih besar dari variasi velocity inlet 12,44 m/s dan 13,28 m/s. Pada daerah yang berwarna merah merupakan letak kecepatan *magnitude* maksimal.



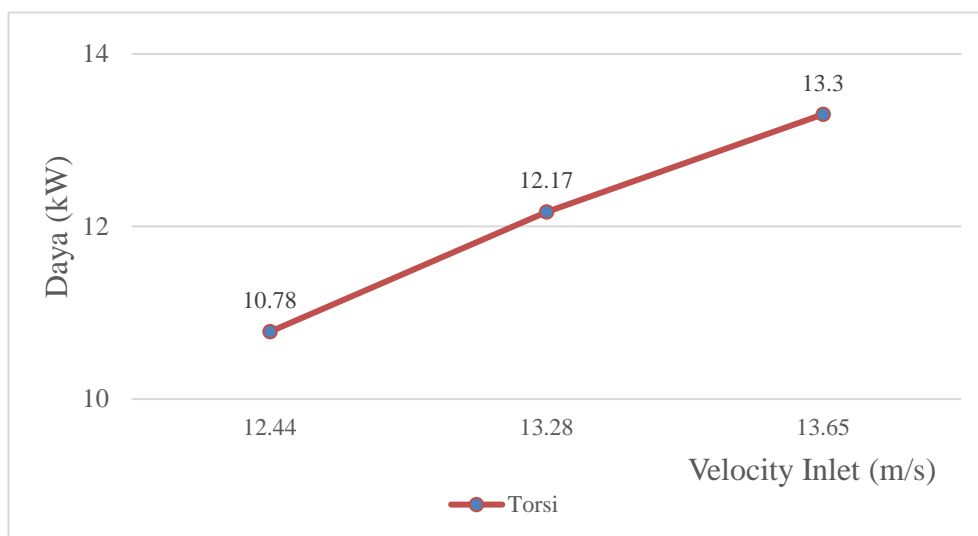
Gambar 6. Contour velocity magnitude dengan velocity inlet 13,65 m/s

Hubungan antara torsi dengan variasi velocity inlet ditunjukkan pada Gambar 7 yang menunjukkan grafik hubungan torsi runner turbin *cross-flow* dengan variasi velocity inlet, diketahui dari hasil variasi velocity inlet 13,28 m/s memiliki nilai 110,5 Nm yang mendekati dengan nilai hasil analisis teoritis yaitu 106,41 Nm.



Gambar 7. Grafik Torsi Runner dengan Variasi Velocity Inlet

Hubungan antara daya turbin dengan variasi *velocity inlet* ditunjukkan pada Gambar 8 yang menunjukkan grafik hubungan daya turbin dengan variasi *velocity inlet*. Hasil simulasi variasi *velocity inlet* 12,44 m/s menghasilkan daya 10,78 kW, variasi *velocity inlet* 13,28 m/s menghasilkan daya 12,17 kW dan variasi *velocity inlet* 13,65 m/s menghasilkan daya 13,31 kW.



Gambar 8. Grafik Daya Turbin dengan Variasi Velocity Inlet

Diketahui hasil analisis teoritis daya turbin yaitu 11,76 kW. Sesuai dengan persamaan *Mockmore* bahwa daya optimum dapat dihasilkan oleh turbin sesuai dengan *head* dan debit di daerah tersebut. Maka hasil yang paling tepat untuk hasil analisis numerik yaitu hasil simulasi yang lebih kecil daripada hasil teoritis yaitu variasi *velocity inlet* 12,44 m/s dengan nilai daya 10,78 kW. Sama halnya jika dibandingkan dengan hasil di lapangan yaitu dengan nilai 8,2 kW maka hasil variasi *velocity inlet* 12,44 m/s yang paling mendekati yaitu dengan nilai 10,78 kW.

Berbeda dengan hasil di lapangan yaitu 8,2 kw yang lebih kecil nilainya dibandingkan dengan hasil analisis teoritis dan hasil simulasi. Ini dikarenakan beberapa macam faktor yang berupa dimensi turbin yang tidak sesuai dengan kondisi alam, bendungan yang tertumpuk oleh sampah dan pasir serta kebocoran pada pipa atau penstock. Maka efisiensi yang dihasilkan oleh daya luaran yang tepat untuk hasil simulasi yaitu variasi *velocity inlet* 12,44 m/s dengan nilai 66%.

Hasil simulasi kecepatan *magnitude* air turbin crossflow skala mikrohidro menghasilkan kecepatan. Nilai simulasi kecepatan *magnitude* untuk *velocity inlet* 12,44 m/s, 13,28 m/s dan 13,65 m/s menghasilkan nilai maksimum yang berbeda pada *runner* dan hasil ini cukup jauh dibandingkan nilai analisis secara teoritis. Hal tersebut dikarenakan dalam menampilkan *contour* tidak semua part bisa ditampilkan dan jika ingin hasil simulasi ditampilkan maka perlu membuat *plane* yang berupa *surface* 2 dimensi. Kecepatan *magnitude* tersebut belum disertakan dengan gesekan-gesekan air didalam turbin. Jika dibandingkan dengan kecepatan *magnitude* teoritis, maka diperoleh perbedaan kecepatan *magnitude* secara simulasi dimana kecepatan *magnitude* secara teoritis cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan *magnitude* secara simulasi. Desain dari turbin berpengaruh saat melakukan simulasi maka dari itu harus ada pengembangan pada desain turbin yang di rancang.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil simulasi *Ansys* turbin *cross-flow* dengan variasi *velocity inlet* sebesar 12,44 m/s, 13,28 m/s dan 13,65 m/s yang dibandingkan dengan hasil secara teoritis dan di lapangan ini, dapat disimpulkan beberapa hal. Kecepatan *magnitude* maksimum *runner* memiliki hasil yang berbeda dengan jarak *plane* yang sama. Nilai tersebut didapat dikarenakan bentuk dari *runner* yang mempunyai banyak sudu maka setiap permukaan *runner* mempunyai kecepatan yang berbeda. Torsi yang dihasilkan oleh simulasi *Ansys* memiliki nilai 110,5 Nm yang paling mendekati dengan hasil teoritis yaitu 106,41 Nm. Daya luaran yang tepat pada hasil simulasi *Ansys* memiliki nilai 10,78 kW lebih kecil daripada hasil teoritis dan lebih besar dari hasil di lapangan. Efisiensi yang dihasilkan oleh simulasi numerik 74% dan 81% merupakan efisiensi yang cukup tinggi tetapi efisiensi dari daya yang dihasilkan sesuai dengan variasi inlet yang sama dengan teoritis dan lapangan yaitu 12,44 m/s yang diketahui hasilnya yaitu 66%.

Saran

Pada saat melakukan penelitian simulasi menggunakan simulasi *Ansys* disarankan menggunakan perangkat yang lebih mendukung seperti *pc/laptop* yang memiliki spesifikasi yang tinggi dikarenakan *software solidwork* dan *ansys* mempunyai kapasitas yang besar. Desain *runner* turbin crossflow harus lebih di maksimalkan dalam pembuatan agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal dalam simulasi menggunakan CFD. Pada penelitian berikutnya bisa menggunakan *software Ansys* lebih baik dan bisa mensimulasikan tipe turbin lainnya tidak terfokus pada tipe turbin *cross-flow* saja.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Q. Xiahou, C. H. Springer, and R. Mendelsohn, "The effect of foreign investment on Asian coal power plants," *Energy Econ.*, vol. 105, p. 105752, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.eneco.2021.105752.
- [2] A. Lubis, P. Di, T. Konversi, K. Energi, B. Pengkajian, and P. Teknologi, "ENERGI TERBARUKAN DALAM PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 8, no. 2, 2007, doi: 10.29122/JTL.V8I2.420.
- [3] R. B. Astro, Y. D. Ngapa, S. G. Toda, and A. Nggong, "POTENSI ENERGI AIR SEBAGAI SUMBER LISTRIK RAMAH LINGKUNGAN DI PULAU FLORES," *Opt. J. Pendidik. Fis.*, vol. 4, no. 2, pp. 125–133, Dec. 2020, doi: 10.37478/OPTIKA.V4I2.710.
- [4] E. Saefudin, T. Kristyadi, M. Rifki, and S. Arifin, "Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan," *Rekayasa Hijau J. Teknol. Ramah Lingkung.*, vol. 1, no. 3, Mar. 2017, doi: 10.26760/JRH.V1I3.1775.

- [5] J. E. Matsson, *an Introduction to ANSYS Fluent*. United States of America: Stephen Schroff, 2022.
- [6] A. Jakfar, M. Fatah, and A. L. A. R, "Modification of Kaplan Turbine with Variation of Guide Angle (Guide Vanes) to Generate Electric Power," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 269–282, Sep. 2022, doi: 10.46574/motivection.v4i3.153.
- [7] Mulyono and Suwarti, "Karakteristik Turbin Kaplan Pada Sub Unit Pembangkit Listrik Tenaga Air Kedungombo," *Eksergi*, vol. 11, no. 3, pp. 69–74, 2015.
- [8] R. B. Astro, H. Doa, and H. Hendro, "Fisika Kontekstual Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," *ORBITA J. Kajian, Inov. dan Apl. Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 1, p. 142, 2020, doi: 10.31764/orbita.v6i1.1858.
- [9] H. Suropto, S. Anwar, J. Tuanku Tambusai, P. Pengairan, and K. Rokan Hulu, "Optimasi Perancangan Turbin Crossflow Terhadap Sudut Masuk Blade Runner Untuk Micro Hydro Power Plant Dengan Analisis CFD," *ROTASI*, vol. 22, no. 1, pp. 48–54, Apr. 2020, doi: 10.14710/ROTASI.22.1.48-54.
- [10] H. M. Ilyas and S. E. Hamdani, "Analisa Kelayakan Teknis Pltmh di Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam: Studi Kelayakan Desa Rampah Kabupaten Aceh Timur," *Semin. Nas. Tah. Tek. Mesin, SNTTM-VI*, pp. 340–346, 2007.
- [11] Z. Saleh, Y. Apriani, F. Ardianto, and R. Purwanto, "ANALISIS KARAKTERISTIK TURBIN CROSSFLOW KAPASITAS 5 kW," *J. SURYA ENERGY*, vol. 3, no. 2, pp. 255–261, Apr. 2019, doi: 10.32502/JSE.V3I2.1484.
- [12] S. P. Sari and R. Fasha, "PENGARUH UKURAN DIAMETER NOZZLE 7 DAN 9 mm TERHADAP PUTARAN SUDU DAN DAYA LISTRIK PADA TURBIN PELTON," *docplayer*.
- [13] M. Mafruddin, M. M.-T. J. P. S. Teknik, and undefined 2017, "Pengaruh Buka Guide Vane Terhadap Kinerja Turbin Pikohidro Tipe Cross-Flow," *ojs.ummetro.ac.id*, Accessed: Oct. 25, 2022. [Online]. Available: <http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/article/download/464/350>
- [14] P. Purwantono, S. Syahrul, and J. Adri, "Pengaruh Perubahan Debit Aliran Terhadap Putaran Turbin Banki dan Kaplan," *INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 18, no. 1, pp. 13–18, Apr. 2018, doi: 10.24036/INVOTEK.V18I1.173.
- [15] Mockmore, *The Banki Water Turbine*. Corvallis: Bulletin No 25, 1949.
- [16] S. Darmawan and H. Tanujaya, "CFD investigation of flow over a backward-facing step using an RNG k- ϵ turbulence model," *Int. J. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 280–289, 2019, doi: 10.14716/ijtech.v10i2.800.
- [17] J. Setiawan, S. Darmawan, and H. Tanujaya, "Komparasi Simulasi CFD Pada Turbin Cross-Flow Dengan Model Turbulen k- ϵ STD dan RNG k- ϵ ," *J. Asimetri J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 4, pp. 153–162, 2022, doi: 10.35814/asiimetrik.v4i1.3100.

Halaman ini sengaja dikosongkan