

Analisis Water Turbin Vortex Terhadap Output Putaran Serta Daya Yang Dihasilkan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro

Dede Lia Zariatin¹, Topo Susilo¹

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: dedeliazariatin@univpancasila.ac.id, toposusilo@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan sudut kemiringan sudu dan jumlah sudu yang digunakan “*turbin vortex*” terhadap *output* putaran, daya dan torsi yang dihasilkan. Pada penelitian ini menggunakan alat simulasi dan dilakukan di laboratorium. Proses penelitian dengan menggunakan empat variasi jumlah sudu serta sudut sudu, dimana model 1 (tinggi sudu 150 mm, sudut 25°, 6 sudu), model 2 (tinggi sudu 150 mm, sudut 35°, 6 sudu), model 3 (tinggi sudu 150 mm, sudut 35°, 7 sudu), model 4 (tinggi sudu 150 mm, sudut 45°, 8 sudu). Proses dilakukan dengan desain keempat model dalam gambar dua dan tiga dimensi, yang selanjutnya menggunakan *Computational Dynamics Fluid* untuk melakukan simulasi guna mendapatkan nilai putaran (rpm), Torsi (Nm) serta Daya (HP). Berdasarkan hasil simulasi didapatkan model 4 memiliki *output* putaran paling tinggi dengan 14.538 rpm saat didetik ke 49,8 dibandingkan dengan ketiga model lainnya. Untuk urutan kedua model 3 dengan putaran 7381,69 rpm saat di detik ke 47,75, kemudian model 2 dengan 3.814 rpm saat didetik ke 48,3 dan keempat model 1 dengan putaran 81,62 rpm pada detik ke 24,8. Dari torsi disimulasi, didapatkan model 2 memiliki torsi paling besar yaitu 19,89 N.m. Untuk urutan kedua ditempati model 3 dengan torsi 19,77 N.m dilanjutkan model 4 dengan 10,16 N.m. dan terakhir model 1 dengan 0,08 N.m. Dari daya yang dihasilkan pada simulasi, didapatkan model 2 memiliki daya paling besar yaitu 75266 HP. Untuk urutan kedua ditempati model 4 dengan 58819 HP dilanjutkan model 3 dengan torsi 28989 HP dan terakhir model 1 dengan 4,72 HP. Sudut 45° memiliki output putaran tertinggi, sudut 35° memiliki output torsi dan daya tertinggi. Model 2 dilakukan ke pembuatan benda kerja dan dilakukan pengujian secara langsung pada alat dengan ketinggian air jatuh 39 cm dan flow air 3,2 l/detik didapatkan putaran tertinggi 125 rpm, Torsi 17 N.m, Daya 2.125 HP, tahanan listrik 13,9 V, Arus 0,42 A, Daya listrik 5,84 Watt.

Kata kunci: *turbin vortex*, putaran, torsi, daya

ABSTRACT

This study analyzed the effect of blade tilt angle and the number of blades in the vortex turbine on the rotation output, power, and torque using a computational simulation and implemented in the laboratory-scale vortex turbine power plant. Four models were designed with variations of blade amount and angle. The first model has six blades with an angle of 25°; the second model also has six blades and a 35° angle; the third model has seven blades with 35° angle; the fourth model has eight blades with 45° angle. Computational Dynamics Fluid (CFD) was used to analyze the rotational speed (rpm), torque (Nm), and power (HP) generated by each model. The simulation shows that the fourth model has the highest rotation output with 14,538 rpm at 49.8 seconds compared to the other three models. The third, second, and first models generate 7381.69 rpm at 47.75 seconds, 3814 rpm at 48.3 seconds, and 81.62 rpm at 24.8 seconds. The torque simulation found that the second model has the most excellent torque, which is 19.89 Nm. Meanwhile, the third model, fourth model, and the first model induce 19.77 Nm, 10.16 Nm, and 0.08 N.m. The power generation in the simulation found that the second model has the most significant power up to 75266 HP. The fourth model, the third model, and the first model generate 58819 HP, 28989 HP, and 4.72 HP. The analysis result shows that the 45° angle has the highest torque output; the 35° angle has the highest torque and power output. In this research, the second model was manufactured and tested. A water drop of 39 cm and a water flow of 3.2 l/sec generated 125 rpm rotational speed, 17 Nm torque, mechanical power of 2.125 HP, the electrical voltage of 13.9 V, current 0.42 A, and electrical voltage power of 5.84 Watt.

Key word: *turbin vortex*, speed, torque, power

PENDAHULUAN

Pada tahun 2018, total penggunaan energi nasional (tidak termasuk biomasa tradisional) mencapai 114 MTOE (*million tonnes of oil equivalent*). Produksi energi fosil terutama minyak bumi semakin berkurang kemudian adanya komitmen terkait pengurangan emisi gas rumah kaca. Kemudian melalui Kebijakan Energi Nasional sesuai PP No. 79 tahun 2014 Pemerintah mencanangkan energi baru terbarukan dengan target tahun 2025 minimal 23% kemudian pada tahun 2050 minimal 31%. Potensi Indonesia untuk mencapai target tersebut cukup besar, pada Tabel 1 memperlihatkan potensi energi terbarukan yang ada di Indonesia [1].

Tabel 1. Potensi Energi Terbarukan [1]

Jenis Energi	Potensi
Tenaga Air	94,3 GW (Giga Watt)
Panas Bumi	25,5 GW (Giga Watt)
Bioenergi	32 GW (Giga Watt)
Surya	207,8 GWp (Giga Watt peak)
Angin	60,6 GW (Giga Watt)
Energi laut	17,9 GW (Giga Watt)

Peringkat pertama kebutuhan energi di Indonesia adalah minyak bumi, yaitu 51,66%, peringkat kedua gas dengan nilai 28,57%, diluar itu dipasok oleh energi minyak sebesar 15,34% serta energi terbarukan sebesar 4,43% dan salah satunya energi air. Terdapat beberapa kategori potensi energi air di Indonesia, salah satunya adalah potensi energi potensial yang berasal dari arus sungai. Arus sungai umumnya memiliki karakteristik *head* yang rendah, Untuk dapat memanfaatkan sumber energi potensial tersebut, salah satu caranya dengan menggunakan turbin vortex dari aliran sungai. Pada Tabel 2 menjelaskan kriteria pemilihan turbin berdasarkan ketinggian head serta *flow ratenya*, dimana *Gravitational water vortex flow power plant* cocok untuk head rendah [2].

Tabel 2. Tipe turbin berdasarkan head rendah dan laju aliran

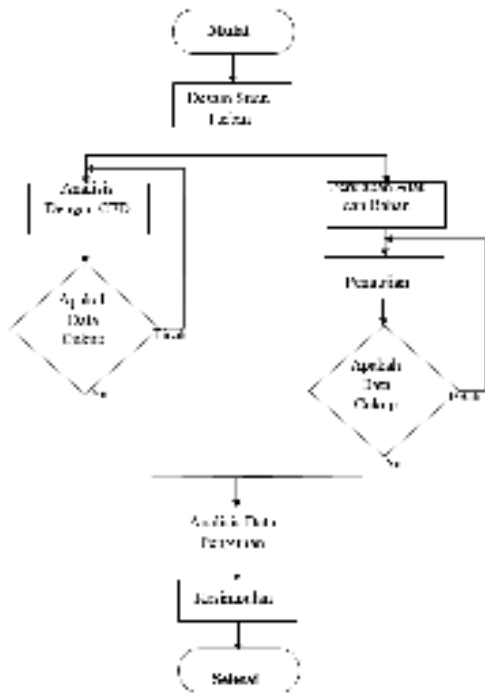
Laju Aliran (m/s)	Tipe Turbin		Tinggi Head (m)
	Head Rendah	Head Tinggi	
0,1-0,5	0,1-10	1-100	1-10
0,5-10	0,1-10	1-100	1-10
10-100	0,1-10	1-100	1-10
100-1000	0,1-10	1-100	1-10

Beberapa penelitian telah dilakukan pada turbin vortex. Saat ini kendala yang dihadapi dalam turbin vortex adalah efisiensinya. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan terhadap turbin vortex terdapat parameter yang mempengaruhi kinerjanya diantaranya adalah sudut turbin vortex, putaran turbin vortex, daya turbin vortex, *viscositas fluida* yang digunakan, sudut *basin cone*, material turbin vortex. Dari pemilihan parameter – parameter yang akan mengoptimalkan kinerja turbin vortex, maka pada penelitian ini akan menggunakan parameter sudut turbin vortex, putaran turbin vortex, material turbin vortex serta sudut basin.

Dari penelitian yang sudah dilakukan oleh Muryanto [3] sebelumnya dimana telah didapatkan output tegangan sebesar 12,4 Volt dan daya 4,34 Watt. Dari data tersebut maka yang menjadi objek penelitian dalam perumusan masalah ini adalah optimasi kemiringan, jumlah sudu serta bentuk kurvatur sudu turbin vortex terhadap putaran poros sudu dan daya listrik yang dihasilkan. Dalam penelitian ini dikarenakan keterbatasan alat yang digunakan untuk melakukan simulasi sehingga pemilihan jumlah sudu 6, 7 dan 8 yang digunakan. Dengan keterbaruan yaitu optimasi daya serta torsi turbin vortex yang digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga *Pico Hydro*. Dengan penelitian ini ada beberapa variabel yang dapat dilakukan perubahan untuk mendapatkan data yang akurat. Penelitian ini memiliki nilai keterbaruan dengan melihat hubungan antara sudu turbin. Optimasi fokus terhadap pengaruh kemiringan sudut turbin dengan menggunakan bahan *stainless steel* yang memiliki jumlah sudu 6, 7 dan 8 serta berbentuk kurvatur. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimalkan perubahan sudut kemiringan sudu “turbin vortex” terhadap besarnya putaran, daya dan torsi yang dihasilkan

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis simulasi dan eksperimen fokus pada subyek sudu turbin vortex. Pada penelitian ini dilakukan guna mengetahui unjuk kerja turbin vortex. Pada penelitian ini seluruh proses kegiatan penelitian perlu dituangkan kedalam langkah-langkah eksperimen.



Gambar 1. Alur Penelitian

Spesifikasi Material dan Fungsi

Dari penelitian yang sudah dilakukan Tri murniati dengan judul “*Analisis of Gravitational Vortex Turbin performance*” [4] didapatkan bahwa penggunaan material stainless steel (SS-304) dapat menghasilkan daya listrik yang lebih besar jika dibandingkan dengan material AA-5057, dan Polyvinyl Chloride (PVC). Efisiensi daya hidrolik impeler SS-304, AA-5057, dan PVC masing-masing adalah 31,8%, 27,7%, dan 26,4%, Bobot impeler secara signifikan mempengaruhi kecepatan putar poros generator dan daya listrik yang dihasilkan. Dari hal tersebut maka untuk bahan yang akan dipakai untuk penelitian ini adalah stainless steel.

Tabel 3. Material *stainless steel* 304 [5]

Nama	Komposisi	Sifat Mekanik			Berkas
		Tegak (MPa)	Tegak (MPa)	Elongasi (%)	
SS 304		505	510	40	7,63
SS 304L		485	505	40	7,63
SS 316		505	510	40	7,63
SS 316L		485	505	40	7,63

Analisis Menggunakan CFD

Setelah mendapatkan standar dan spesifikasi dari turbin vortex dari penelitian sebelumnya maka langkah selanjutnya adalah melakukan desain dengan menggunakan software 3Dmax dan *Solid works* dengan pengaturan sudu turbin bentuk kurvatur dengan jumlah sudu 6, 7 dan 8.

Persiapan Alat dan Bahan Pengujian Sudut Turbin Vortex

Dengan Sudu 6,7 dan 8 seperti ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



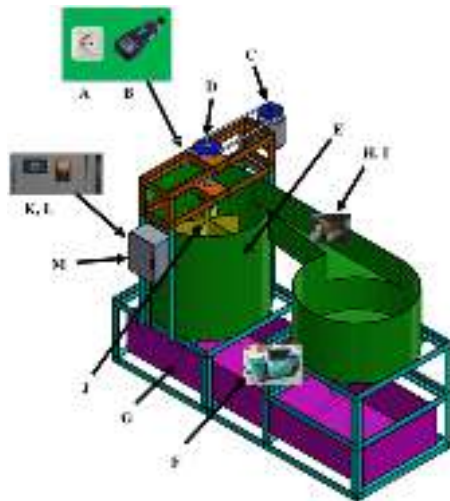
Gambar 2. Turbin Vortex bentuk kurvatur 6 sudu



Gambar 3. Desain instalasi pengujian turbin vortex skala kecil [5]



Gambar 4. Desain foto instalasi pengujian turbin vortex skala kecil



Gambar 5. Instalasi pengujian turbin vortex [5]

Keterangan Gambar:

- A = Stop kontak
- B = Tachometer
- C = Generator
- D = Puli Primer
- E = Rumah sudu *basin cone*
- F = Pompa air
- G = Bak penampung
- H = *Stop valve*
- I = *Stop valve* dengan derajat
- J = Turbin vortex
- K = LCD Volt meter
- L = LCD Ampere meter

M = Box panel listrik

Analisis *Computational Fluid Dynamics* dan Pengolahan Data Penelitian

Dari data yang sudah didapatkan dari pengujian, maka dilanjutkan ke dalam proses analisis dengan membandingkan data pengujian turbin vortex kurvatur dengan blade 6, 7 dan 8 guna mengetahui hasil yang paling optimum.

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah seni untuk merubah persamaan atur dinamika fluida dalam bentuk integral dan turunan menjadi bentuk aljabar yang terdiskritisasi, yang mana dapat diselesaikan dengan komputer untuk memperoleh nilai-nilai dari medan aliran pada titik atau waktu diskrit tertentu. Adapun persamaan atur dalam dinamika fluida ada tiga yaitu persamaan kontinuitas, persamaan momentum dan persamaan energi.

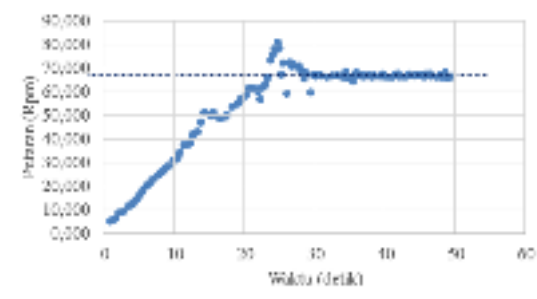
Solusi dari persamaan analitis diferensial parsial menghasilkan ekspresi dependent variable bentuk tertutup secara kontinu pada seluruh domain. Sebaliknya, solusi persamaan numerik hanya dapat memberikan nilai pada titik diskrit dalam domain, disebut juga dengan titik grid. Dalam proses pengujian ini dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu:

1. Penentuan geometri model
2. Menggambar empat varian model dalam tiga dimensi
Melakukan simulasi keempat varian model
3. pada CFD

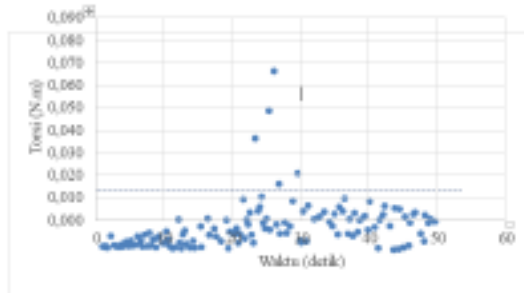
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Varian Model 1

Pada Gambar 6 putaran stasioner terjadi setelah beberapa waktu sampai turbin mendapatkan aliran yang konstan serta momen inersia turbin, putaran stationer terjadi dirange 67~69 rpm, serta terjadi setelah detik ke 20.

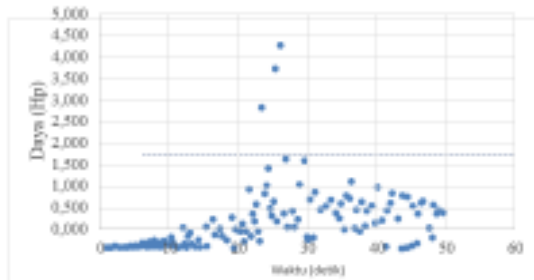


Gambar 6. Waktu dan putaran model 1



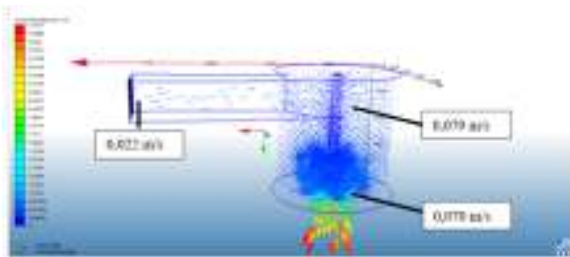
Gambar 7. Waktu dan torsi model 1

Pada Gambar 7 menunjukkan nilai torsi yang dihasilkan. Nilai torsi tertinggi didapatkan pada 0,079 N.m di detik 26,5. Torsi menunjukkan nilai stabil di 0,3~0,8 N.m hal ini mengikuti stabilnya aliran air pada basin.

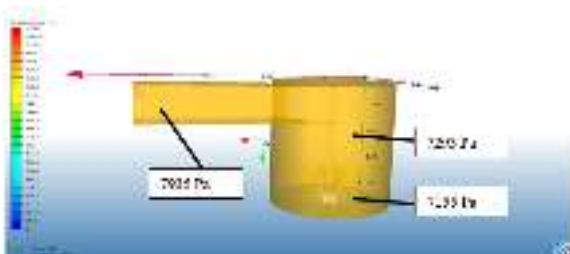


Gambar 8. Waktu dan daya model 1

Gambar 8 menunjukkan hubungan waktu dan daya. Daya yang dihasilkan bervariasi sesuai dengan putaran dan torsi yang dihasilkan. Daya tertinggi dihasilkan pada detik 26,05 sebesar 4,720 HP, sedangkan nilai daya stasioner diantara 0,8~1 HP.



Gambar 9. Simulasi CFD aliran air varian model 1

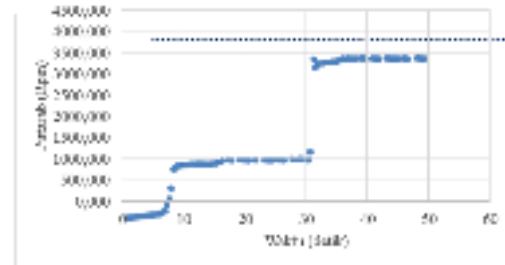


Gambar 10. Simulasi CFD Tekanan air varian model 1

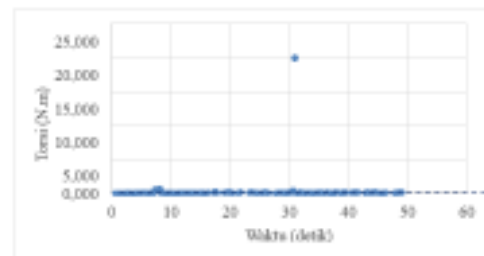
Pada Gambar 9 dan 10 menunjukkan hasil simulasi varian model 1 dengan menggunakan CFD.

Hasil Analisis Varian Model 2

Memiliki nilai putaran tertinggi pada 3814 rpm saat didetik ke 48,3.

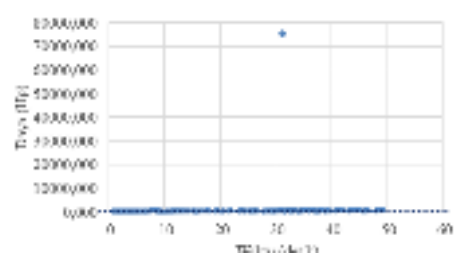


Gambar 11. Waktu dan putaran model 2



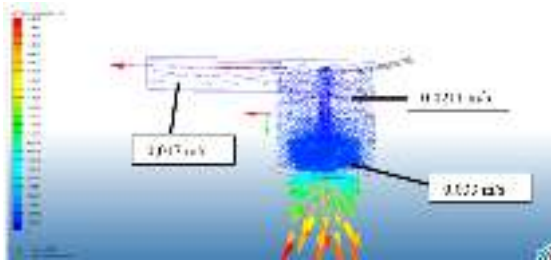
Gambar 12. Waktu dan torsi model 2

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11. di atas, nilai trust tertinggi 0,789 N.m yang terjadi pada detik 8,05. Pada pengujian muncul nilai peak yang mencapai 19,89 N.m yang diakibatkan kejutan dalam simulasi. Dari hubungan antara putaran dan torsi menunjukkan nilai yang tidak linier.

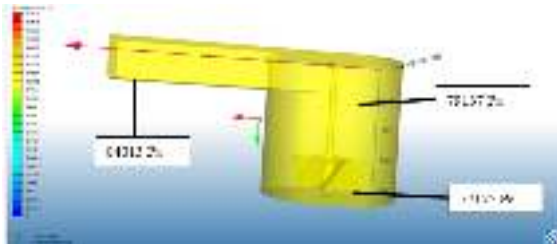


Gambar 13. Waktu dan daya model 2

Nilai daya tertinggi terjadi pada 744,967 HP pada detik 48,8. Hal tersebut berhubungan dengan nilai torsi dan putaran yang terjadi. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



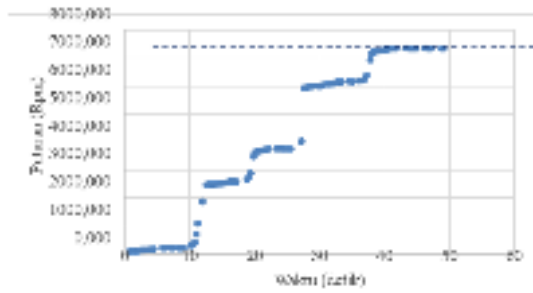
Gambar 14. Simulasi CFD aliran air varian model 2



Gambar 15. Simulasi CFD Tekanan air varian model 2

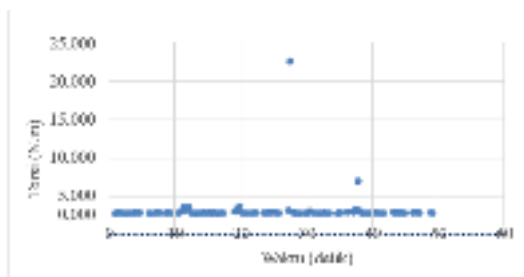
Pada Gambar 14 dan 15 menunjukkan hasil simulasi varian model 2 dengan menggunakan CFD.

Hasil Analisis Varian Model 3



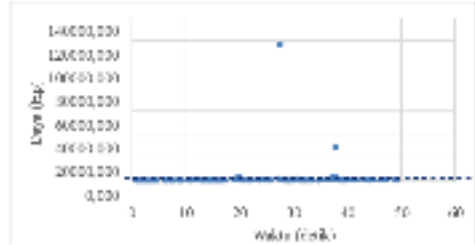
Gambar 16. Waktu dan putaran model 3

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa turbin dengan ketinggian 150 mm dengan sudut 35° dan blade berjumlah 7 memiliki nilai putaran tertinggi 7381,69 rpm saat di detik ke 47,75. Gambar 16. menunjukkan hubungan antara putaran dan waktu yang dihasilkan dengan model 3.



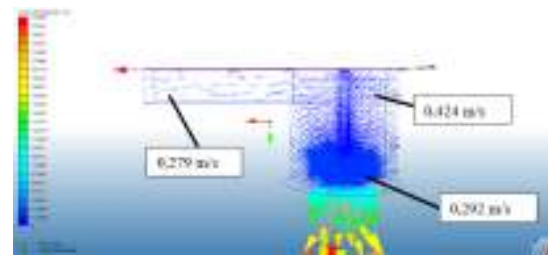
Gambar 17. Waktu dan torsi model 3

Nilai torsi tertinggi sebesar 4,198 Nm dan terjadi pada detik 37,75. Dari hubungan antara putaran dan torsi menunjukkan nilai yang tidak linier, hal tersebut pada gambar 17.

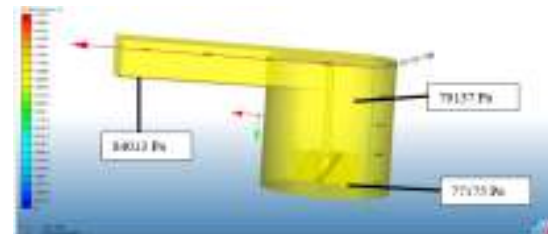


Gambar 18. Waktu dan daya model 3

Nilai daya tertinggi terjadi pada 3812 HP pada detik 19,75. Hal tersebut berhubungan dengan nilai torsi tertinggi yang juga terjadi pada detik yang sama seperti ditunjukkan pada Gambar 18.



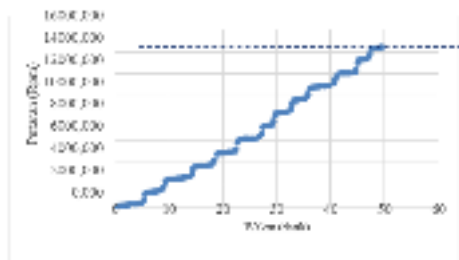
Gambar 19. Simulasi CFD aliran air varian model 3



Gambar 20. Simulasi CFD Tekanan air varian model 3

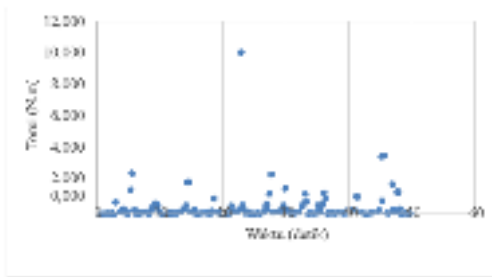
Pada Gambar 19 dan 20 menunjukkan hasil simulasi varian model 3 dengan menggunakan CFD.

Hasil Analisis Varian Model 4



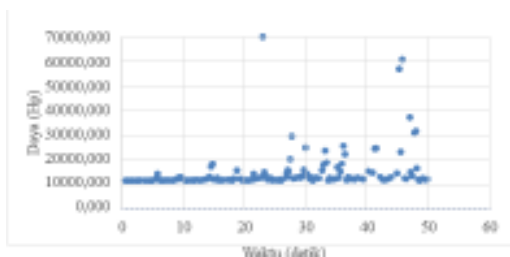
Gambar 21. Waktu dan putaran model 4

Menunjukkan turbin dan kecepatannya 150 mm dengan sudut 45° dan blade berjumlah 8 memiliki nilai putaran tertinggi 14538 rpm saat didetik ke 49,8 terlihat pada Gambar 21.



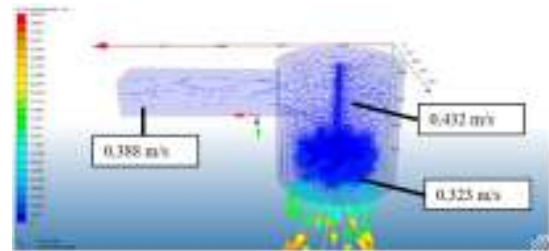
Gambar 22. Waktu dan torsi model 4

Nilai torsi tertinggi 3,71 N.m didapatkan pada detik 45,5 dapat dilihat pada Gambar 22. Muncul nilai yang meningkat terlalu tinggi yang diakibatkan lonjakan diproses simulasinya.

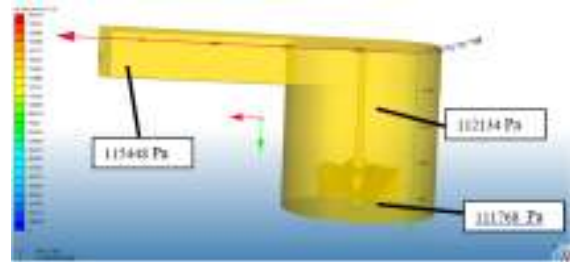


Gambar 23. Waktu dan daya model 4

Nilai daya tertinggi terjadi pada 58119 HP pada detik 22,8 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 23.



Gambar 24. Simulasi CFD aliran air varian model 4

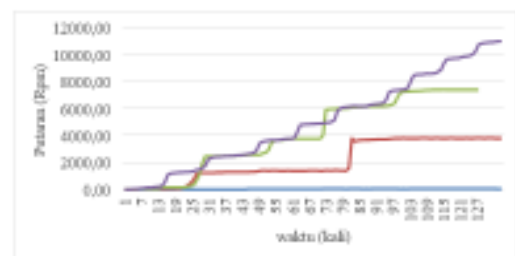


Gambar 25. Simulasi CFD Tekanan air varian model 4

Pada Gambar 24 dan 25 menunjukkan hasil simulasi varian model 4 dengan menggunakan CFD.

Pebahasan Analisis CFD Dari 4 Jenis Model Uji

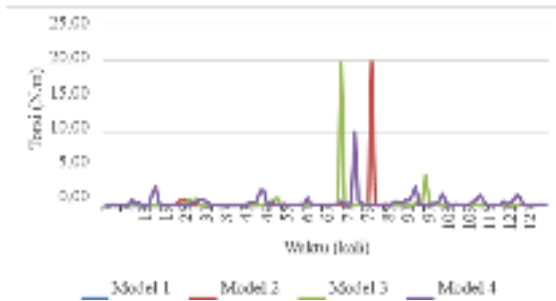
Dari hasil 4 model yang dilakukan pengujian dengan CFD mendapatkan beberapa hasil. Berdasarkan hasil simulasi didapatkan model 4 memiliki *output* putaran paling tinggi dengan 14538 rpm saat didetik ke 49,8 dibandingkan dengan ketiga model lainnya. Untuk urutan kedua model 3 dengan putaran 7381,69 rpm saat di detik ke 47,75, kemudian model 2 dengan 3814 rpm saat didetik ke 48,3 dan keempat model 1 dengan putaran 81,62 rpm pada detik ke 24,8. Seperti di tunjukkan pada Gambar 26.



Gambar 26. Perbandingan waktu dan putaran 4 model

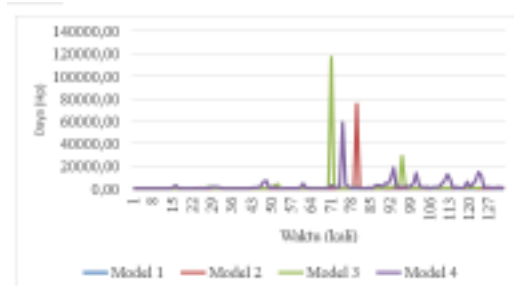
Dari torsi disimulasi, didapatkan model 2 memiliki torsi paling besar yaitu 19,89 N.m. Untuk urutan kedua ditempati model 3 dengan

torsi 19,77 N.m dilanjutkan model 4 dengan 10,16 N.m dan terakhir model 1 dengan 0,08 N.m. Pada Gambar 27 diperlihatkan perbandingan dari torsi keempat model tersebut.



Gambar 27. Perbandingan torsi dari 4 model

Dari daya yang dihasilkan pada simulasi, didapatkan model 2 memiliki daya paling besar yaitu 75266 HP. Untuk urutan kedua ditempati model 4 dengan 58819 HP dilanjutkan model 3 dengan torsi 28989 HP dan terakhir model 1 dengan 4,72 HP. Pada Gambar 28 diperlihatkan perbandingan dari daya keempat model tersebut.



Gambar 28. Perbandingan daya dari 4 model

Data Hasil Pengujian Alat Variasi Model 2

Tabel 4. Hasil pengujian spesimen untuk model 2

Kecepatan putar	Tinggi (mm)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kecepatan Putar (rpm)	Daya (HP)	Waktu (s)	Tinggi air (mm)
20	1,09	1	2,11	72	2	1,22	12,3
42	2,2	11	1,27	122	4,72	2,97	22,8
100	5,95	11,9	2,58	177	9,4	1,22	31
78	2,04	12,4	2,28	127	9,4	4,24	37
150	8,2	12,2	1,42	120	9,2	5,20	39

Dari pengujian didapatkan nilai output tegangan tertinggi sebesar 13,9 Volt yang terjadi pada kecepatan putar 125 rpm dan ketinggian air 39 cm. nilai output tegangan bervariasi sesuai dengan kecepatan putar.

Tabel 5. Perbandingan simulasi dengan eksperimen langsung model 2

Parameter	CFD	Pengujian langsung	Perbedaan hasil
Putaran (rpm)	8814	125	3,2%
Torsi (N.m)	19,87	19	85%

Dari perbandingan antara simulasi dan pengujian secara langsung didapatkan perbedaan yang cukup signifikan untuk putaran dimana hanya mencapai 3,2%, sedangkan untuk torsi yang didapatkan mencapai 85%.

KESIMPULAN

1. Dari proses simulasi CFD yang sudah dilakukan untuk 4 model tersebut dimana keempatnya memiliki ketinggian yang sama 150 mm. dari proses simulasi didapatkan bahwa sudut mempengaruhi putaran yang dihasilkan. Dari keempat model yang diuji, model dengan sudut 45° mendapatkan hasil Berdasarkan hasil simulasi didapatkan model 4 memiliki output putaran paling tinggi dengan 14538 rpm saat didetik ke 49,8 dibandingkan dengan ketiga model lainnya. Untuk urutan kedua model 3 sudut 35° dengan putaran 7381,69 rpm saat di detik ke 47,75, kemudian model 2 sudut 35° dengan 3814 rpm saat didetik ke 48,3 dan keempat model 1 sudut 25° dengan putaran 81,62 rpm pada detik ke 24,8.
2. Untuk hasil simulasi torsi, bahwa turbin dengan sudut 35° dengan menghasilkan torsi tertinggi 19,89 N.m. Untuk urutan kedua ditempati model 3 sudut 35° dengan torsi 19,77 N.m dilanjutkan model 4 sudut 45° dengan 10,16 N.m. dan terakhir model 1 sudut 25° dengan 0,08 N.m di $3,6 \times 10^{-5}$ N.m. dibandingkan dengan sudut 25° dan 45°. Jika melihat dari jumlah sudu juga menentukan torsi yang dihasilkan, dimana sudu 6 memiliki torsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sudu berjumlah 7 dan 8.
3. Dari daya yang dihasilkan pada simulasi, didapatkan model 2 sudut 35° memiliki daya paling besar yaitu 75266 HP. Untuk urutan kedua ditempati model 4 dengan 58819 HP dilanjutkan model 3 dengan torsi 28989 HP dan terakhir model 1 dengan 4,72 HP. Jumlah sudu juga berpengaruh terhadap daya yang dihasilkan, sudu berjumlah 6 memiliki daya yang paling tinggi dibandingkan dengan 7 atau 8.

4. Dari hasil pengujian langsung dengan turbin 35° dengan jumlah sudu 6 buah didapatkan putaran tertinggi di 125 rpm. Tegangan yang dihasilkan mencapai 13,9 Volt, dimana nilai itu didapatkan saat ketinggian air jatuh 76 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suharyati, P. Sadmoko, W. J. Lastiko and P. N. Indah, "Outlook Energi Indonesia 2019," *Sekretariat Jendral Energi Nasional*, 2019.
- [2] R. Dhakal, "Inlet and Outlet Geometrical Condition for Optimal Instalation OF Gravitational Water Vortex Power Plant with Conical Basin Structure," in *Recent Advances in Mechanical Infrastructure Proceedings of ICRAMS 2019*, no. Warszawa, Poland, p. 163, 2019.
- [3] V. R. d. R. Permatasari, "Optimasi Design TURbin air Type Vortex 5 variasi jumlah sudu terhadap efisiensi," 2018.
- [4] D.L Zariatin, Tri Murniati, and Dwi Antoro. 2020. Analysis of Gravitational Water Vortex Turbine Performance. In Proceedings of International Conference on Engineering and Information Technology for Sustainable Industry (ICONETSI 2020), September 28-29, 2020, Tangerang, Indonesia. ACM, New York, NY, USA, 5 pages.
- [5] Munson, Bruce, R., Young, Donald, F., Okiishi, Theodore, H. 2006. "*Fundamentals of Fluid Mechanics Fifth Edition*". Jhon Wiley & Sons Inc,