

STUDI SIMULASI CFD PENGARUH LEBAR CORD SUDU NACA A 0015 TERHADAP POWER FACTOR TURBIN DARIEUS

Harianto

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jalan Babarsari No.1 Depok, Sleman, D.I.Yogyakarta, Indonesia
email: yantomt0010@gmail.com

Abstrak

Diseluruh dunia khususnya di Indonesia saat sedang menghadapi permasalahan kebutuhan energi yaitu disebabkan oleh meningkatnya kebutuhan energi setiap tahunnya yang sejalan dengan perkembangan industri, jumlah penduduk dan aktifitas manusia, sementara cadangan sumber energi bahan bakar minyak semakin menipis. Pengembangan sumber energi alternatif saat ini adalah sumber energi terbarukan yang diantaranya meliputi Solar cell, Turbin energi panas bumi, Turbin energi bayu, dan Turbin energi air. Turbin air Darrieus sumbu vertikal merupakan salah satu turbin air yang berpotensi untuk dikembangkan dan cocok untuk diterapkan pada aliran air sungai di Indonesia.

Dalam penelitian ini telah dilakukan pembuatan model simulasi turbin Darrieus sumbu vertikal dengan profil sudu NACA A0015 yang tergolong sebagai turbin mikrohidro kecepatan aliran. Diameter rotor 20 cm, 3 buah sudu dengan panjang sudu 25 cm dan variasi lebar cord 6, 7 dan 8 cm serta posisi sudut kemiringan sudu tangensial rotor -5° , dioperasikan pada kecepatan aliran air 1.5 m/detik, yang dilakukan dengan simulasi 3d CFD FLUENT untuk mendapatkan besarnya koefisien torsi poros turbin, selanjutnya dilakukan analisis besarnya factor daya.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lebar cord 6 cm (soliditas) 0.2864 menghasilkan faktor daya tertinggi sebesar 0.0447 pada putaran poros 160 rpm dan kecepatan air masuk turbin 1.5 m/detik.

Kata kunci: Turbin Darrieus, sudu profil NACA, Faktor daya, lebar cord

Abstract

Throughout the world, especially in Indonesia when facing problems of energy needs, that is caused by increasing energy needs each year which are in line with the development of industry, population and human activities, while reserves of energy sources of fuel oil are depleting. The development of alternative energy sources is currently a renewable energy source which includes solar cells, hot energy turbines, wind energy turbines and water energy turbines. The vertical axis Darrieus water turbine is one of the water turbines that has the potential to be developed and is suitable to be applied to river water flows in Indonesia.

In this research, a vertical axis Darrieus turbine simulation model has been made with NACA A0015 blade profile which is classified as a microhydro flow velocity turbine. Rotator diameter 20 cm, 3 blade with 25 cm blade length and variation of cord width 6, 7 and 8 cm and position of rotor tangential angle of rotor -5° , operated at water flow velocity of 1.5 m / sec, which is done with 3D CFD FLUENT simulation to get the coefficient of turbine shaft torque, an analysis of the magnitude of the power factor is then performed.

The results of this study showed that the cord width of 6 cm (solidity 0.2864) resulted in the highest power factor of 0.0447 at shaft rotation of 160 rpm and the speed of turbine intake water 1.5 m / sec.

Keywords : Darrieus Turbine, NACA blade profile, Power coefficient. Cord width

1. Pendahuluan

Prediksi bahwa tenaga air sebagai sumber energi terbarukan dapat mencapai 17,8 GW dari seluruh sumber energi sebesar 215 hingga 270 GW yang akan dicapai pada tahun 2035 dengan kebutuhan listrik di Indonesia yang diperkirakan mencapai 903 sampai dengan 1.229 RWh pada tahun tersebut [2].

Sumber bahan bakar dari fosil yang berkontribusi kebutuhan energi di Indonesia didominasi antara lain 14,1 % batubara, 26,5% gas bumi dan 54,4 % minyak bumi [9]. Sementara kebutuhan energi di Indonesia sejalan dengan perjalanan waktu menunjukkan gejala yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan kemajuan bangsa sedangkan kajian bahwa prediksi 23 tahun kedepan minyak bumi akan habis, 100 tahun kedepan batu bara akan habis dan 50 tahun kedepan gas bumi akan habis [7].

Pada tahun 2005 impor BBM di Indonesia telah mencapai 32 % [7]. Tentunya jika tidak di gantikan dengan sumber energi alternatif kebutuhan impor BBM akan terus meningkat seiring dengan perkembangan kebutuhan energi di dalam negeri. Hal ini akan membebani perekonomian nasional.

Problem yang masih belum teratasi hingga saat ini pada Hidropower kecil dengan daya antara 100 W s.d 1000 kW dan head sangat rendah dari 0,8 m s.d 2,0 m, namun menjadi potensi yang signifikan meskipun belum banyak dibahas khususnya hidropower dengan head yang sangat rendah, yaitu yang kurang dari 2 m [9].

Saat ini baru dimanfaatkan sebesar 20 MW dari potensi mikrohidro di Indonesia sebesar 500 MW yang berarti baru 4% dari total potensi mikrohidro yang ada di Indonesia.

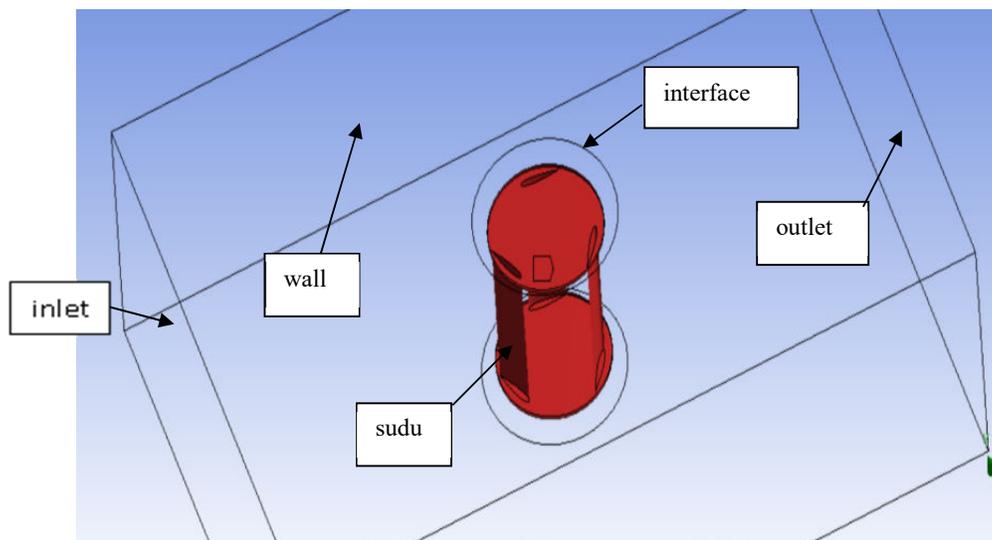
2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan data/penelitian adalah di Laboratorium Aero dan Hidrodinamika (Ruang DB1) kampus ITNY Yogyakarta, dan untuk mendapatkan hasil perhitungan simulasi dengan program CFD Fluent dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu proses pemodelan geometri, proses meshing, proses penentuan syarat batas ,kondisi material, model perhitungan dan iterasi. dan terakhir proses menampilkan hasil dan visualisasi. Selanjutnya dari data hasil dianalisa dan dikesimpulan. Perhitungan simulasi berupa Faktor momen digunakan untuk menghitung faktor daya dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk grafik untuk analisa hasil dan kesimpulan.

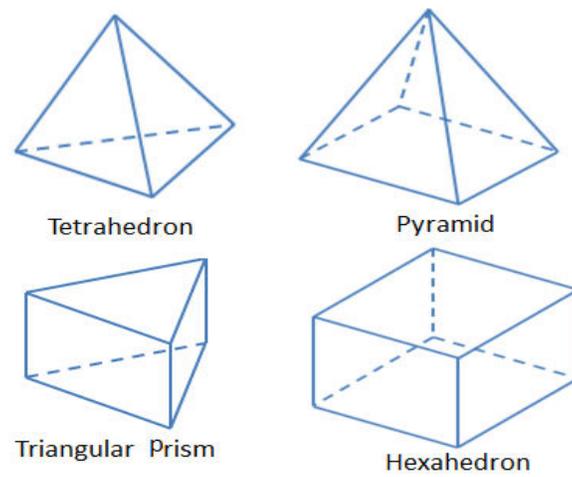
2.2. Model geometri turbin air Darieus yang digunakan

Dalam penelitian ini model simulasi turbin air Darieus sumbu vertikal menggunakan ukuran dimensi diameter rotor 20 cm, Panjang sudu 25 cm , profil sudu menggunakan profil *NACA A0015* dengan lebar *cord* beberapa variasi yang dinyatakan dalam perbandingan lebar *cord* dengan diameter rotor atau soliditas, peletakan sudu terhadap rotor dinyatakan dalam sudut kemiringan sudu dan dilakukan pada -5° sudut kemiringan sudu. Model turbin ini disimulasikan pada kecepatan air 1.5 m/detik dan pada kondisi putaran 120, 150 dan 160 rpm. Adapun gambar model simulasi turbin air Dariues dapat dilihat pada gambar 1.



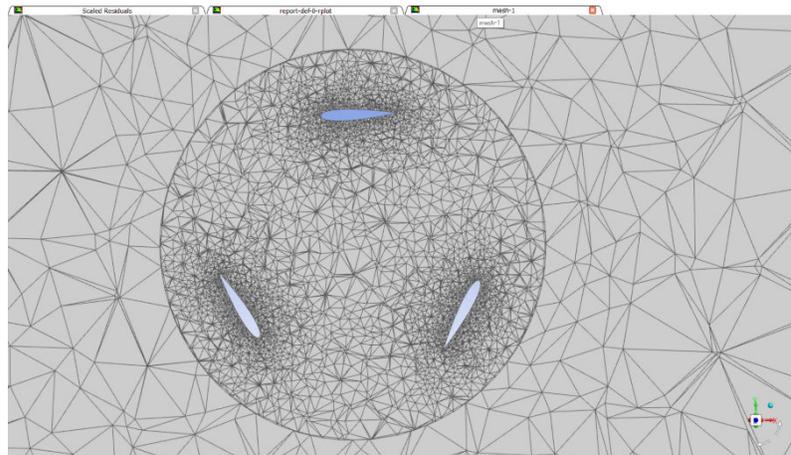
Gambar 1. Model Geometri turbin air Darieus

Dalam simulasi CFD ada beberapa bentuk *mesh* yang dapat dilakukan diantaranya adalah :

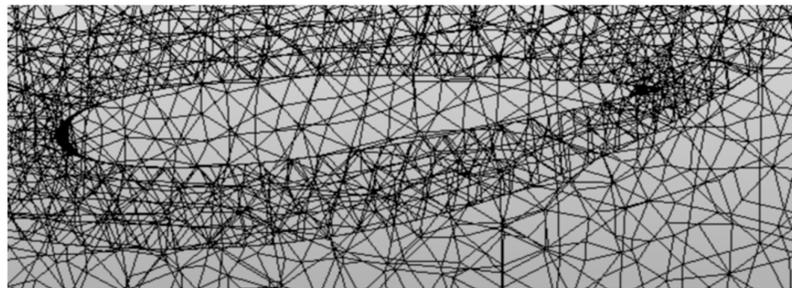


Gambar 2. Macam macam bentuk mesh 3D

Dalam penelitian ini untuk seluruh domain aliran fluida dipilih menggunakan *mesh* bentuk tetrahedron.



(a)

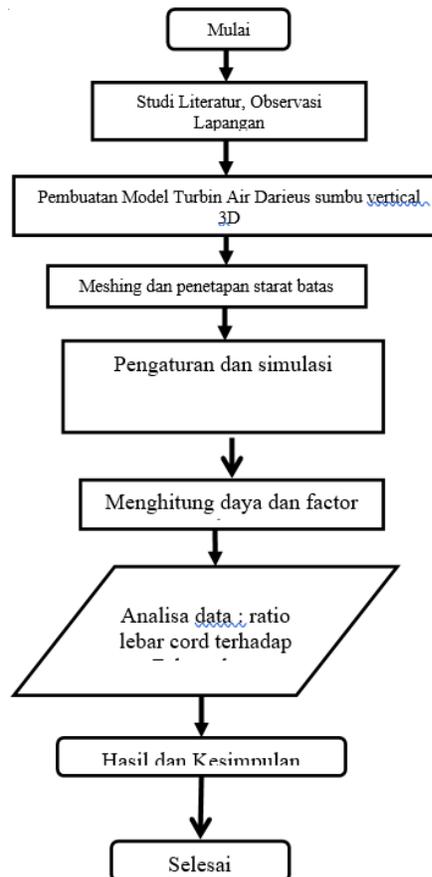


(b)

Gambar 3 Bentuk *mesh* (a) Bentuk Mesh pada susunan turbin; (b) bentuk mesh pada sudu.

2.4. Prosedur penelitian

Prosedur penelitian secara garis besar ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan cara pengumpulan data yang diperlukan diperoleh melalui proses simulasi *CFD* model 3D untuk setiap data ratio lebar *cord* dengan diameter rotor (soliditas), putaran rotor, kecepatan aliran air dan sudut kemiringan sudu yang akan menghasilkan data koefisien momen dan torsi rotor, kemudian dari data torsi dan putaran akan dapat dihitung daya turbin teoritis, sedangkan daya air diperoleh dari kecepatan air dan dimensi rotor. Dari hasil hitungan daya turbin teoritis dan daya air diperoleh faktor daya yang selanjutnya diolah dalam bentuk grafik untuk dianalisa dan disimpulkan.

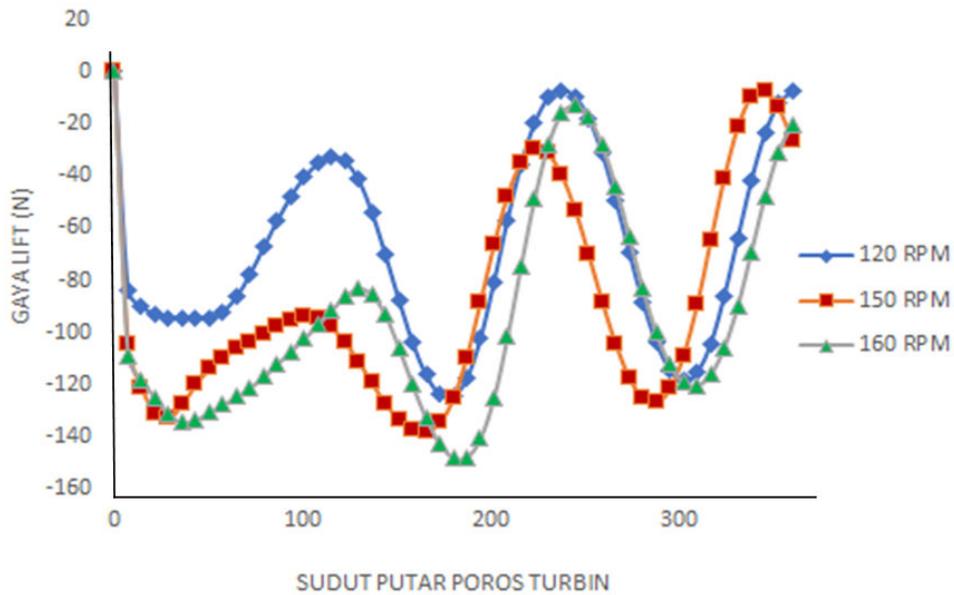


Gambar 4. Diagram Alir Prosedur Penelitian

3. Hasil dan Analisis

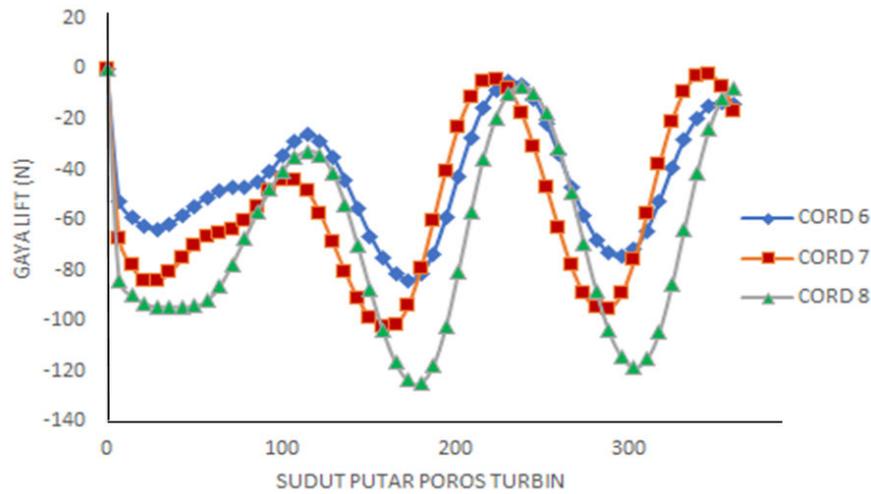
3.1. Data Penelitian

Perhitungan simulasi dengan menggunakan *CFD* Fluent untuk lebar *cord* 7 cm (soliditas 1.05) pada kecepatan aliran air masuk turbin 1.5 m/detik, posisi sudu dengan kemiringan -5° diameter rotor 20 cm, Panjang sudu 25 cm dan putaran 120, 150, 160 rpm diperoleh grafik gaya *lift* – sudut putar (lihat grafik 5)



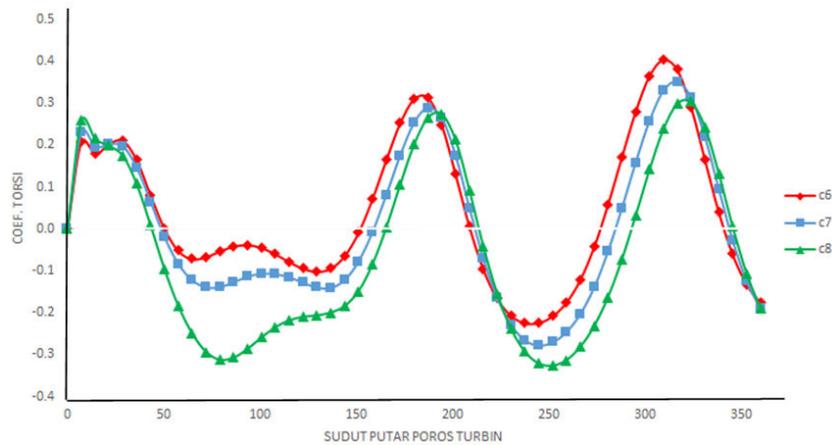
Gambar 5. Grafik Gaya lift – sudut putar pada lebar cord 7 cm

Perhitungan simulasi dengan menggunakan CFD Fluent untuk putaran 160 rpm pada kecepatan aliran air masuk turbin 1.5 m/detik , posisi sudu dengan kemiringan -5° diameter rotor 20 cm, Panjang sudu 25 cm dan lebar cord 6, 7 dan 8 cm diperoleh grafik gaya lift – sudut putar lihat grafik 6



Gambar 6. Grafik Gaya lift – sudut putar untuk 160 rpm

Perhitungan simulasi dengan menggunakan CFD Fluent untuk putaran 160 rpm pada kecepatan aliran air masuk turbin 1.5 m/detik , posisi sudu dengan kemiringan -5° diameter rotor 20 cm, Panjang sudu 25 cm dan lebar cord 6, 7 dan 8 cm diperoleh grafik Koeffissien Torsi – sudut putar lihat grafik 7.



Gambar 7. Grafik Koeffisien Torsi – sudut putar pada putaran 160 rpm

3.2. Analisis

Dari Data hasil simulasi kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan karakteristik kinerja turbin, yaitu hubungan antara koefisien daya (CP) dengan sudut putar poros turbin dengan variasi lebar *cord*

$$C_T = \frac{T}{\frac{1}{2}\rho V^2 A r} \quad (1)$$

$$CP = P / P_w \quad (2)$$

$$P_w = \frac{1}{2}\rho A v^3 \quad (3)$$

$$TSR = \frac{\omega \cdot D}{2 \cdot v} \quad (4)$$

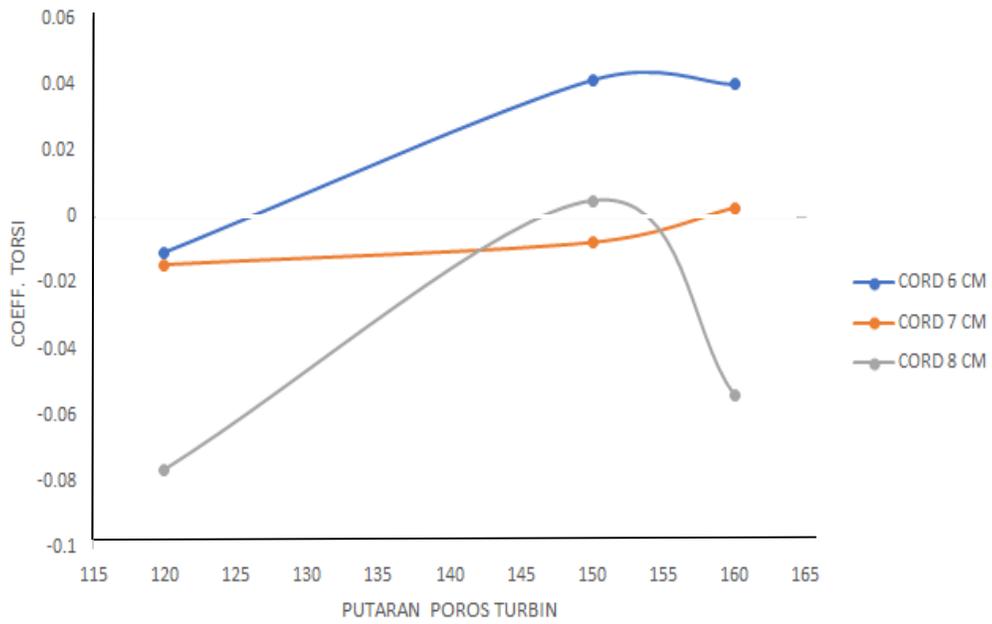
$$\omega = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60} \quad (5)$$

$$CP = TSR \cdot CM \quad (6)$$

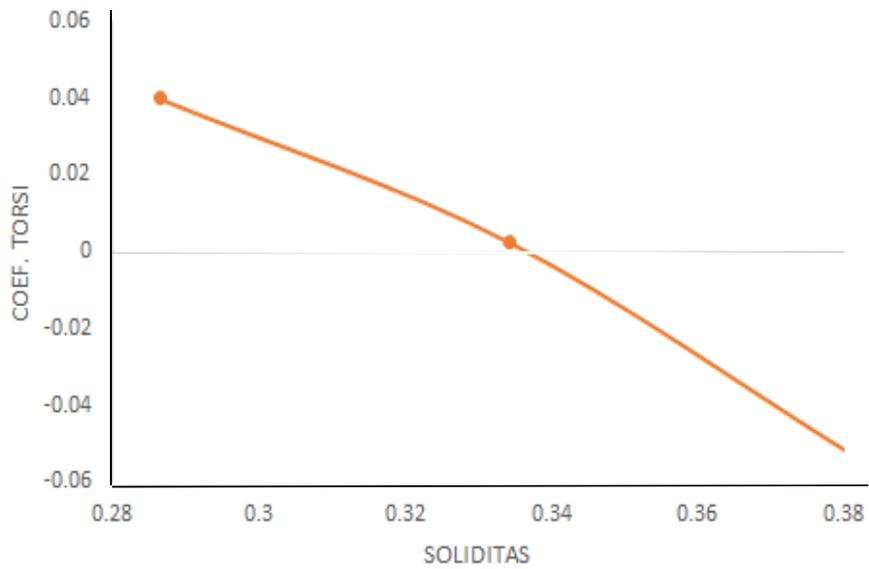
$$\sigma = \frac{n \cdot c}{\pi \cdot D} \quad (7)$$

Tabel 5.3 Nilai rata rata koefisien torsi lebar *cord* 6 ($\sigma = 0.2864$), 7 ($\sigma = 0.3342$) dan 8 cm ($\sigma = 0.38197$) pada sudut kemiringan -5° , putaran 120, 150 dan 160 rpm serta kecepatan air masuk 1.5 m/detik

PUTARAN RPM	CORD 6 CM	CORD 7 CM	CORD 8 CM
120	-0.0108	-0.0144	-0.0764
150	0.0400	-0.0078	0.0049
160	0.0401	0.0026	-0.0539

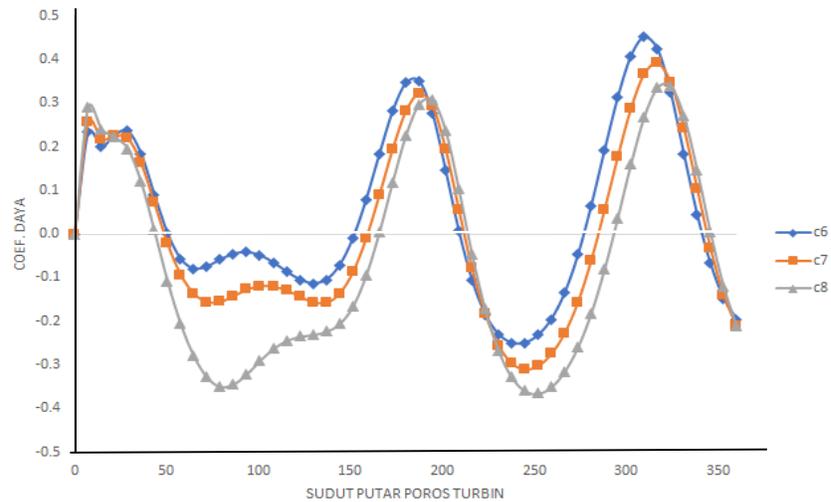


Gambar 8. Grafik koefisien torsi rata-rata putaran

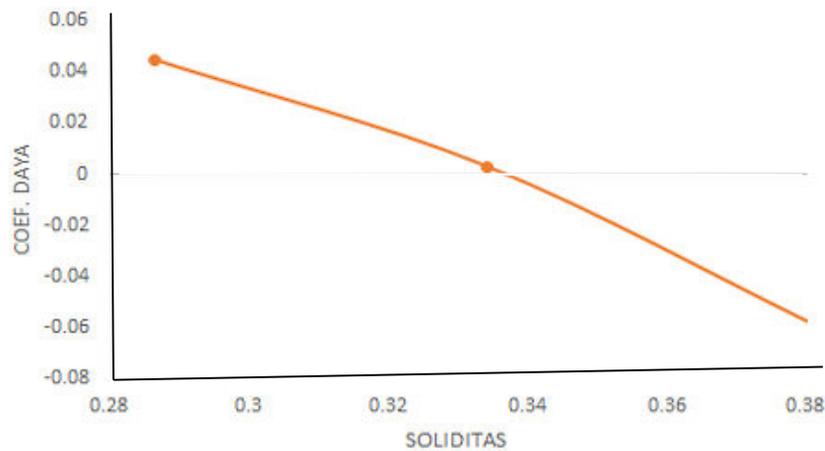


Gambar 9. Grafik koefisien Torsi – Soliditas pada putaran 160

Perhitungan koefisien daya diperoleh :



Gambar 10. Grafik koefisien. daya– Sudut putar poros turbin pada putaran 160 rpm



Gambar 11 Grafik koefisien daya– Soliditas pada putaran 160 rpm

3.3. Hasil analisis

Hasil perhitungan simulasi dengan program *CFD* Fluent 3D diperoleh hubungan Gaya *Lift* terhadap sudut putar poros turbin baik untuk cord tetap – putaran bervariasi maupun untuk putaran tetap cord bervariasi lihat gambar 5, 6 dan 7 , menunjukkan bahwa kenaikan putaran atau kenaikan lebar cord memberikan potensi gaya penggerak turbin akibat gaya lift meningkat.

Pada grafik 8 dapat dilihat bahwa makin besar lebar sudu akan meningkatkan kemampuan potensi gerak turbin namun juga semakin besar lebar sudu gaya lawan sudu membesar, sebaliknya makin kecil lebar sudu memperkecil gaya lawan sudu namun juga terjadi potensi gaya untuk membangkitkan torsi gerak sudu juga mengecil.

Pada grafik 9, 10 dan 11 menunjukkan koefisien daya mencapai pada kondisi tertingi yaitu sebesar 0.0447 pada ratio soliditas 0.286 putaran poros turbin 160 rpm dan sudut temiringan sudu -5° . Hasil ini ada kesesuaian dengan penelitian yang dilakukan oleh Hilton (1983) untuk soliditas 0.18 – 0.3 dan TSR 0.8 – 2 dengan efisiensi maksimum. Namung masih dimungkinkan meningkat dengan mengatur putaran poros turbin yang belum terkaver pada penelitian ini.

4. Kesimpulan

Setelah melakukan simulasi *CFD* Fluent dan perhitungan, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Hasil penelitian menunjukkan pemakaian profil *NACA* 0015 baik pada sudut kemiringan sudu -5° , variasi lebar *cord* 6, 7 dan 8 cm dengan kecepatan aliran air masuk turbin 1.5 m/detik dan putaran sumbu turbin 160 rpm, koefisien torsi tertingi terletak pada sudu turbin dengan *cord* 5 cm sebesar 0.041.
2. Dari hasil simulasi dapat terlihat bahwa makin besar lebar *cord* sudu, menghasilkan gaya penggerak turbin yang makin besar namun juga diimbangi gaya lawan yang juga semakin besar, sehingga dihasilkan rata rata torsi yang semakin kecil, Sebaliknya dengan lebar *cord* yang semakin kecil terjadi gaya lawan yang semakin kecil pula, tetapi potensi gaya kerak turbin juga kecil sehingga juga akan menghasilkan torsi rata rata yang semakin besar pula.
3. Hasil penelitian berdasarkan ketiga variasi lebar *cord* 6, 7 dan 8 cm pada sudut kemiringan -5° , dan variasi putaran 120, 150 dan 160 rpm serta kecepatan air masuk turbin 1.5 m/detik diperoleh kondisi maksimum terjadi pada lebar *cord* 6 cm dan putaran 160 rpm dengan koefisien torsi 0.4 dan koefisien daya 0.0447

Saran :

1. Pembentukan *mesh* yang kurang sempurna akan menyebabkan hasil iterasi yang sulit mencapai kondisi konvergen.
2. Masih dimungkinkan penelitian tambahan untuk variasi lebar sudu dibawah 6 cm atau mengatur putaran turbin untuk memastikan koefisien daya yang lebih maksimum.

Daftar Pustaka

- [1] Alkistis Stergiopoulou, Efrossini Kalkani, *Towards a First C.F.D. Study of Modern Horizontal Axis Archimedean Water Current Turbines*, International Research Journal of Engineering and Technology (Irjet), E-Issn: 2395 -0056, Volume: 02 Issue: , 2015, .
- [2] BPPT. Outlook Energi Indonesia. Sugiyono A, editor. Jakarta: BPPT; 2014, 1-129 p.
- [3] Dietzel, F., *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Terjemahan Ir. Dakso Sriyono, Erlangga, Jakarta. 1993, .
- [4] Erino Fiardi, *Journal of Ocean, Mechanical and Aerospace Science and Engineering-*, Vol.5. 2014, .
- [5] Furukawa A, Watanabe S, Matsushita D, Okuma K., Development of ducted Darrieus turbine for low head hydropower utilization. *Curr Appl Phys* [Internet]. 10(2 SUPPL.):S128–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cap.2009.11.005>, 2010 .
- [6] Hilton DJ, Performance of Darieus Water Turbine at at Varius Soliditas, Eight Australian Fluid Mechanic Convrence, University of New Castle, 1983, .
- [7] Kementerian Riset dan Teknologi, *Buku Putih Indonesia 2005-2025, Penelitian Pengembangan dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, Jakarta, 2006, .
- [8] Marsh P., Three Dimensional Numerical Simulations of a Straight-Bladed Vertical Axis Tidal Turbine, 18th Australasian Fluid Mechanics Conference Launceston, Australia, 2013, .
- [9] Setyadi, M., Implementasi Pengembangan Energi Alternatif Berbasis Bahan Bakar Nabati, Seminar Kebijakan Energi Nasional, Dinas Kimpraswil dan ESDM, 2009,