

PENGARUH PROFIL SUDU TERHADAP KOEFISIEN DAYA TURBIN GORLOV

Eka Yawara^{1,a}, Y. Agus Jayatun¹, Daru Sugati¹

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

^aeka_ywr@yahoo.com

Abstrak

Masalah keterbatasan penyediaan sumber energi dari energi fosil diatasi dengan optimalisasi sumber energi terbarukan, misalnya sumber daya dari air. Salah satu kendala yang dihadapi dari penyediaan pembangkit daya air berskala besar adalah problem lingkungan. Oleh karena itu pembangkit daya air skala kecil atau mikro terus diupayakan pengembangannya, misalnya penggunaan Turbin Gorlov yang memanfaatkan potensi air dengan head rendah atau sangat rendah. Pada penelitian ini dilakukan studi pengaruh profil sudu terhadap koefisien daya pada Turbin Gorlov. Penelitian dilakukan dengan cara simulasi menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Profil yang dipilih adalah NACA0012, NACA0017 dan NACA0022, selanjutnya sudu dipuntir dengan sudut puntir 30°, 60° dan 90°. Pada rasio tip-speed yang ditetapkan sebesar 2, hasil terbaik diberikan oleh Turbin Gorlov dengan profil NACA0017 dan sudut puntir 30°, yaitu rata-rata 17,3%.

Kata kunci: Turbin Gorlov, profil sudu, NACA0012, NACA0017, NACA0022

Abstract

The problem of limited availability of fossil based energy resources has been continuously solved by optimizing renewable energy resources, including hydropower. Unfortunately, large hydropower known to be have a problem with environment. Therefore, small or even micro hydropower have been being developed. One of the micro hydropower is generated by means of helical turbine known as Gorlov Turbine. It can be utilized to produce power of low or very low head of water potential. The study of influence of blade profile to helical turbine performance has been conducted by means of SolidWorks. The chosen profiles were NACA0012, NACA0017 and NACA0022, and they were twisted by 30°, 60° and 90°. With the tip speed ratio of 2, the best result was 17,3% and given by NACA0017 of 30°.

Keywords: Gorlov turbine, blade profile, NACA0012, NACA0017, NACA0022

1. Pendahuluan

Di Indonesia, hingga saat ini sumber energi di sektor kelistrikan masih didominasi oleh batubara, gas dan minyak bumi. Peranan energi terbarukan cukup signifikan berasal dari panas bumi dan tenaga air, sedangkan pemakaian energi surya, angin dan biomasa masih sangat kecil. Secara keseluruhan sumbangan dari sumber energi terbarukan yang dimanfaatkan untuk sektor kelistrikan sebesar 13% pada tahun 2013 [1].

Sementara itu menurut kajian BPPT, kebutuhan listrik di Indonesia pada tahun 2035 diperkirakan antara 903 – 1.229 TWh. Pada tahun itu diperkirakan kemampuan penyediaan listriknya akan mencapai antara 215 – 270 GW, yang sumber energinya masih tetap didominasi oleh batubara. Sumber energi dari air diperkirakan akan mencapai 17,8 GW [2].

Salah satu potensi yang signifikan tetapi belum banyak dibahas adalah *hidropower* dengan head yang sangat rendah, yaitu yang kurang dari 2 m. Hidropower kecil dengan daya antara 100 W s.d 1000 kW dan *head* sangat rendah dari 0,8 m s.d 2,0 m masih merupakan problem yang belum terpecahkan.

Pembangkit daya air (*hydropower*) dikenal memiliki keunggulan secara ekonomi yang sangat tinggi, tetapi juga diketahui menimbulkan kerusakan lingkungan untuk konstruksi pembangkit yang harus menggunakan bendungan. Akibatnya, pembangunan pembangkit daya air di atas 100 kW mulai dihentikan perencanaan pembangunannya, misalnya yang dilakukan di Jepang [3]. Pengembangan diarahkan pada *micro-hydropower* dengan head rendah atau sangat rendah. *Head* rendah atau sangat rendah biasa dijumpai di sungai-sungai di dekat pemukiman.

Beberapa jenis turbin yang dapat dipakai untuk mengkonversi dari aliran air head sangat rendah atau arus air sungai menjadi putaran poros untuk memutar poros generator listrik, antara lain turbin Darrieus dan turbin Gorlov. Turbin-turbin itu kalau diletakkan pada aliran air bebas, misalnya pada arus

air sungai, pada dasarnya seperti turbin angin, hanya dibedakan oleh massa jenis yang 800 kali lebih besar.

Efisiensi turbin untuk aliran fluida bebas secara teoritis maksimum menurut teori Betz yang mendasarkan perhitungannya pada hubungan perubahan laju momentum dan Bernoulli, dan yang pertama kali dipublikasikan pada tahun 1920-an, adalah 59,3%. Angka itu ternyata terlalu tinggi karena menggunakan model aliran lurus (*rectiliner*). Sedangkan model baru, yaitu yang disebut dengan model GGS, menggunakan model aliran lengkung (*curvilinier*) menghasilkan angka efisiensi teoritis maksimum yang lebih rendah [4].

Dibandingkan dengan turbin Darrieus, turbin Gorlov menawarkan efisiensi lebih tinggi [5]. Kelemahan pada turbin Darrieus adalah rendahnya torsi pengawalan [6]. Unjuk kerja atau efisiensi turbin menggunakan istilah koefisien daya, yaitu rasio daya yang dihasilkan oleh turbin dan daya yang tersedia oleh aliran air yang mengalir dengan kecepatan v .

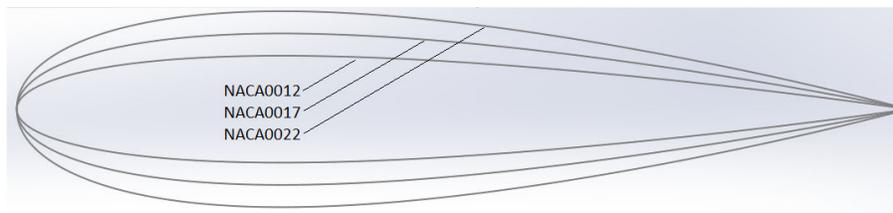
Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan koefisien daya yang tinggi pada turbin Gorlov. Zaidi dkk [7] melakukan simulasi numerik menggunakan perangkat lunak komersial FLUENT dari ANSYS terhadap aliran 3-dimensi melewati turbin Gorlov untuk menyelidiki unjuk kerjanya dengan mengubah rasio tip-speed. Tujuan dari studi mereka adalah untuk memilih ukuran sudu optimum agar memperoleh daya maksimum. Penelitian ini memberikan hasil bahwa untuk sudu dengan profil NACA0012 memberikan C_p maksimum pada tip speed ratio 2,25 dan panjang chord 9,83 cm [7].

Wright dalam tesisnya melakukan optimalisasi terhadap turbin helix (Gorlov) untuk diterapkan pada head rendah. Optimalisasi dilakukan dengan metode simulasi numerik (komputasi) dan eksperimental. Simulasi numerik (CFD) dilakukan menggunakan perangkat lunak komersial, dan meskipun memerlukan waktu yang lama dan keahlian untuk melakukan set-up, memecahkan dan menganalisa, tetapi dengan beberapa asumsi berhasil mendapatkan model yang berharga untuk dijadikan modal dalam melakukan pengujian eksperimental. Hasil pengujian menunjukkan rancangan turbin yang paling efisien yaitu turbin dengan 3 sudu, dengan profil NACA-0022 dan soliditas 55% yaitu dengan efisiensi atau koefisien daya 14,27% [8].

Sutikno dkk [9] melakukan studi simulasi numerik dan eksperimental terhadap turbin Gorlov yang ditempatkan di dalam saluran. Hasil antara data simulasi dan percobaan kurang bagus, karena turbin sendiri tidak dirancang untuk kecepatan rendah dan aliran yang tidak konstan. Sehingga turbin tidak dapat berputar yang baik dan efisiensinya rendah, dan luas frontal sudu tidak cukup besar untuk menyerap daya dari air pada kecepatan antara 0,5 sampai 2 m/s; di sisi lain, pembuatan bentuk airfoil tidak cukup mudah untuk profile yang diinginkan. Turbin Gorlov (helical turbine) yang ditempatkan di dalam saluran ini menggunakan profil NACA 0020, dengan 3 sudut puntir yang berbeda, 60°, 90°, dan 120°. Simulasi numerik menggunakan FLUENT pada kecepatan 4,43 m/s memberikan hasil koefisien daya C_p 43% untuk sudut puntir turbin 60°, 45,9% untuk 90°, dan 46% untuk 120°. Tetapi, data eksperimen tidak memberikan hasil yang memuaskan. Pada kecepatan air dari 0,5 sampai 2 m/s, untuk sudut puntir turbin 60° $C_p = 0,85\%$, untuk 90° $C_p = 1,2\%$, dan untuk 120° $C_p = 2,3\%$ (9).

Dari hasil beberapa penelitian yang sudah diungkapkan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa ada beberapa cara untuk meningkatkan koefisien daya C_p , mulai dari pemilihan profil sudu, tip speed ratio, panjang chord, soliditas turbin, dan sudut puntir pada turbin Gorlov.

Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi pengaruh profil sudu terhadap koefisien daya turbin Gorlov. Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak Solidworks. Penelitian ini dibatasi pada profil sudu turbin Gorlov NACA-0012, NACA-0017 dan NACA-0022 dengan panjang *chord* 10 cm (Gambar 1), kecepatan arus bebas air divariasikan dari 0,5 m/s sampai 2 m/s, pada sudut puntir turbin 30°, 60°, dan 90°, pada rasio *tip-speed* 2.



Gambar 1. Profil NACA0012, NACA0017 dan NACA0022

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi numerik menggunakan perangkat lunak Solidworks. Dalam simulasi ini tahap pertama yang dilakukan adalah membangun model benda uji, kemudian menerapkan parameter penelitian pada simulasi numerik, selanjutnya adalah melakukan pengujian dengan metode simulasi numerik, dan pengambilan data.

Benda yang diuji adalah model dari Turbin Gorlov dengan arus air sebagai sumber energi yang menggerakkan turbin tersebut. Model yang akan diuji ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Turbin Gorlov

Model Turbin Gorlov yang diuji menggunakan 3 profil sudu, masing-masing adalah NACA0012, NACA0017 dan NACA0022. Ketiga profil yang diujikan merupakan profil yang simetris tetapi dibedakan oleh tebal *chamber*. Panjang *chord* untuk masing-masing profil adalah 10 cm. Diameter dari model adalah 40 cm, tinggi 80 cm dan masing-masing model terdiri dari 3 buah sudu. Untuk setiap profil sudu, sudut puntir sudu turbin adalah 30° , 60° dan 90° , sehingga jumlah model secara keseluruhan adalah 9 buah. Dalam pengujian, masing-masing model akan diberi aliran air secara tegak lurus terhadap sumbu turbin dengan kecepatan arus 0,5 m/s, 1,0 m/s, 1,5 m/s dan 2,0 m/s.

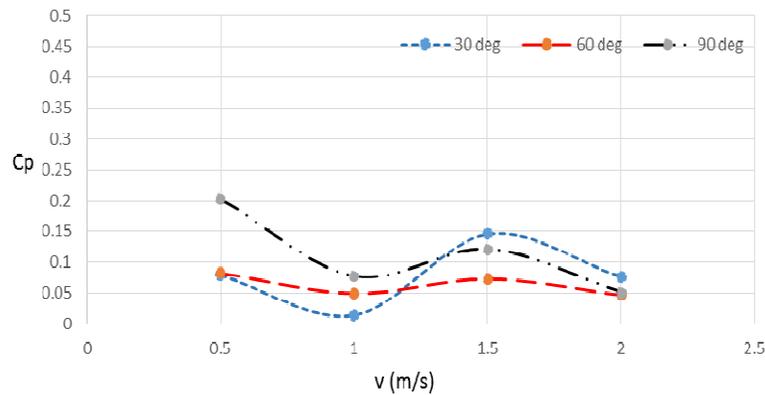
Pengujian dilakukan dengan cara memberi aliran air untuk setiap model 4 buah kecepatan. Rasio *tip-speed* yang digunakan dalam pengujian ini adalah 2 sehingga untuk setiap kecepatan yang diberikan akan menghasilkan putaran turbin masing-masing adalah 5, 10, 15 dan 20 rad/s atau setara dengan 48, 95, 143 dan 191 rpm. Data yang diperoleh dalam simulasi ini adalah torsi yang dihasilkan oleh Turbin Gorlov.

Data yang diperoleh selanjutnya diolah untuk mendapatkan informasi berupa daya output dari turbin dan kemudian dibandingkan dengan potensi daya air untuk mendapatkan koefisien daya turbin. Hasil pengolahan data disajikan dalam bentuk grafik koefisien daya C_p terhadap kecepatan arus air bebas untuk masing-masing model turbin.

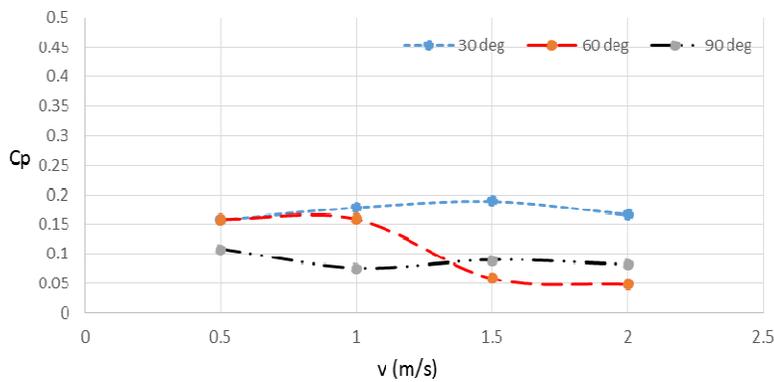
3. Hasil dan Analisis

Hasil pengujian berupa torsi turbin digunakan untuk menghitung daya output turbin. Daya output merupakan hasil kali torsi dan kecepatan sudut turbin. Daya output turbin dibandingkan dengan potensi daya air untuk mendapatkan koefisien daya. Potensi daya air dihitung dari hasil kali setengah, massa jenis air, luas frontal bidang rotor, dan pangkat tiga dari kecepatan arus bebas air.

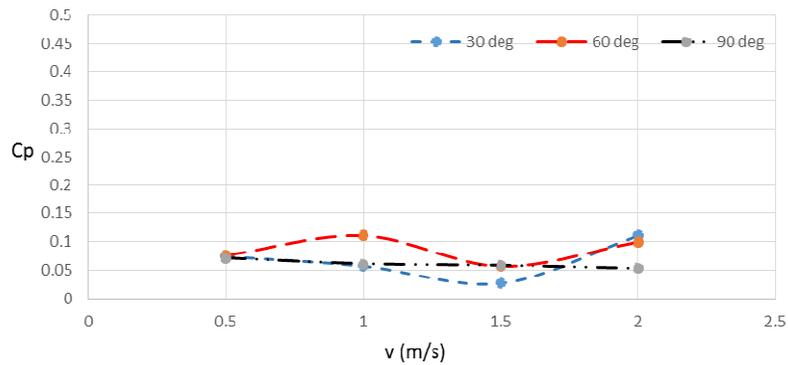
Pengaruh profil sudu turbin terhadap koefisien daya pada berbagai sudut puntir sudu turbin dan kecepatan arus bebas air disajikan dalam grafik pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 3. Cp vs v untuk NACA0012



Gambar 4. Cp vs v untuk NACA0017



Gambar 5. Cp vs v untuk NACA0022

Dari ketiga gambar di atas, secara umum belum ada satupun model yang diuji memberikan hasil yang mendekati teori Betz. Hasil terbaik dicapai pada turbin dengan profil sudu NACA0017 dengan koefisien daya C_p tertinggi mencapai 18,9% dan rata-rata 17,3% pada sudut puntir 30° . Pada turbin ini C_p yang diperoleh cukup merata, tidak ada perbedaan yang mencolok untuk ke-4 kecepatan arus air yang diujikan. Pada NACA0017 dengan sudut puntir 60° , C_p tertinggi dicapai pada kecepatan 0,5 dan 1,0 m/s yaitu pada kisaran 15%, sedangkan pada kecepatan yang lebih tinggi jatuh pada kisaran 5%. Untuk turbin dengan profil NACA0012 dan NACA0022 hanya memberikan angka koefisien daya pada kisaran 10% atau di bawahnya.

Beberapa faktor menentukan efisiensi dari turbin heliks, antara lain kecepatan putar yang tinggi yang dihasilkan oleh kecepatan aliran fluida yang relatif rendah dan kesederhanaan struktur. Kecepatan putar yang tinggi itu dihasilkan oleh reaksi tegak lurus oleh airfoil terhadap *leading edge* sudu.

Sumbangan terbesar dari torsi yang dihasilkan oleh turbin diberikan oleh bagian turbin yang paling jauh dari sumbu putar. Oleh karena itu semakin besar diameter rotor semakin besar pula torsi dan daya output yang dihasilkan. Akan tetapi besarnya diameter rotor ini dibatasi oleh kekuatan struktur akibat gaya sentrifugal.

Belum tampak ada pola tertentu dari hasil percobaan, misalnya, berdasarkan sudut puntir sudu pada NACA0012 C_p rata-rata tertinggi diperoleh pada sudut puntir 90° , pada NACA0017 C_p rata-rata tertinggi pada sudut puntir 30° , dan pada NACA0022 C_p rata-rata tertinggi pada sudut puntir 60° . Demikian juga berdasarkan kecepatan arus bebas air.

Meskipun belum terlihat ada pola tertentu, setidaknya hasil-hasil ini mengkonfirmasi hasil yang dicapai oleh beberapa peneliti sebelumnya, misalnya [8] yang simulasinya menggunakan ANSYS FLUENT memberikan koefisien daya C_p maksimum 14,27% untuk turbin dengan profil sudu NACA0022, atau hasil penelitian eksperimental yang dilakukan oleh [9] yang mendapatkan C_p tidak lebih dari 2,5% untuk turbin dengan profil sudu NACA0020.

Untuk ketiga profil sudu pada turbin di atas terlihat bahwa mulai dari kecepatan arus air 0,5 m/s sampai dengan 2,0 m/s tidak ada perubahan C_p secara signifikan. Dari sini belum terlihat batas kecepatan tertentu mulai terjadinya lonjakan kenaikan C_p . Ini menunjukkan bahwa pada kecepatan yang rendahpun sudah mulai menghasilkan torsi, dan ini membuktikan bahwa torsi pengawalan pada turbin Gorlov terjadi pada kecepatan yang rendah.

4. Kesimpulan

Dari percobaan yang dilakukan, penggunaan profil sudu yang berbeda memberikan hasil koefisien daya yang berbeda. Perbedaan angka koefisien daya itu tidak semata-mata dipengaruhi oleh profil sudu, tetapi juga dipengaruhi oleh sudut puntir sudu. Pada rasio tip-speed yang ditetapkan pada kecepatan arus air mulai 0,5 sampai 2,0 m/s memberikan hasil koefisien daya yang relative merata. Ini menunjukkan bahwa torsi sudah mulai muncul pada kecepatan yang rendah. Dari ketiga profil sudu dan variasi sudut puntir sudu, koefisien daya tertinggi diberikan oleh turbin dengan profil sudu NACA0017 dan sudut puntir sudu 30° yaitu rata-rata 17,3%.

Daftar Pustaka

- [1] Dewan Energi Nasional, *Outlook Energi Indonesia 2014*. Jakarta: Dewan Energi Nasional, 2014.
- [2] BPPT, *Outlook Energi (Bibliography) Indonesia 2014*. Jakarta: BPPT, 2014.
- [3] A. Furukawa, S. Watanabe, D. Matsushita, and K. Okuma, "Development of ducted Darrieus turbine for low head hydropower utilization," *Curr. Appl. Phys.*, vol. 10, no. 2 SUPPL., pp. S128–S132, 2010.
- [4] A. N. Gorban', A. M. Gorlov, and V. M. Silantyev, "Limits of the Turbine Efficiency for Free Fluid Flow," *J. Energy Resour. Technol.*, vol. 123, no. 4, p. 311, 2001.
- [5] A. M. Gorlov, "Development of the Helical Reaction Hydraulic Turbine," Washington, 1998.
- [6] B. Kirke and L. Lazauskas, "Variable Pitch Darrieus Water Turbines," *J. Fluid Sci. Technol.*, vol. 3, no. 8, pp. 430–438, 2008.
- [7] M. Zaidi, A. Uddin, and S. Ahmed, "Numerical Simulations of Hydrokinetic Turbine for Power Generation," *Proc. Int. Conf. Energy Sustain.*, no. April 2013, pp. 52–56, 2013.
- [8] C. R. Wright and M. C. Hansen, "Optimization of Helical Turbine," no. August, 2011.
- [9] P. Sutikno, S. Phommachanh and O. Shinnosuke, "Ducted Helical Type Hydro Turbine with Narrow Intake For Extremely Low Head Hydro Power Utilization", The 2nd AUN/SEED-Net Regional Conference on New & Renewable Energy, Faculty of Engineering, Burapha University, Thailand, 2010.