



Justifikasi Teoritik Dan Kaji Eksperimental Turbin Air Gorlov Dengan Airfoil AP 08-10-W7520

C. Bintoro*, Ryan Agustian**, Irfan Hilmi**

* Pengajar Program Studi Teknik Aeronautika

** Alumni Program Studi Teknik Aeronautika Tahun 2010

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Bandung 40162

Telp. (62) (22) 2013 789 ext. 267, e-mail: bintoroc@yahoo.com

Abstrak

Paper ini membahas proses pengembangan turbin air sumbu vertikal (TASV) dengan menggunakan airfoil AP 08-10-W7520. Airfoil tersebut adalah hasil pengembangan dari airfoil NACA0020 yang disesuaikan untuk kondisi kecepatan aliran fluida yang rendah. Pokok perubahan selain airfoil memiliki camber, juga ditambahkan profil gelombang disekitar 0,25 chordnya. Modifikasi tersebut dimaksudkan untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi pada sudut serang yang besar. Kajian pertama kali dilakukan pada perangkat lunak CFD Numeca dan dengan melakukan pemrograman sederhana pada perangkat lunak Matlab. Hasil optimal, kemudian digunakan dalam proses manufaktur dengan menggunakan teknologi material komposit. Proses manufaktur sendiri mengadopsi proses pembuatan model dengan memanfaatkan mesin CNC, sehingga dimensi model menjadi lebih presisi. Berdasarkan pada hasil kaji eksperimental pada aliran sungai dekat Polban, dapat diketahui bahwa model uji TASV dengan airfoil AP 08-10-W-7520 dapat memberikan peningkatan kecepatan sudut sebesar 14,37% dan peningkatan nilai torsi sebesar 80% Hal baru yang dipelajari adalah penambahan gelombang pada titik tangkap gaya aerodinamika telah mengubah pola aliran fluida disekitar airfoil dan meningkatkan daya yang dihasilkan.

Kata kunci: Turbin Air Sumbu Vertikal, Gelombang disekitar 0,25 chord

Abstract

This paper discusses the development process of vertical axis water turbine (TASV) using AP-W7520 08-10 airfoil. The airfoil is the development result of NACA0020 airfoil which tailored for low-speed fluid flow. Main changes other than the airfoil has

camber, also added around 0.25 its chord, a wave profile. These modifications are intended to obtain high efficiency at a large angle of attack. The study was first performed on Numeca CFD software and by performing a simple programming in Matlab software. Optimal results, then used in the manufacturing process by using composite materials technology. Manufacturing process itself adopt the modeling process by using CNC machines, so the dimension of the model becomes more precise. Based on the experimental results of study on the flow of the river near Polban, it is known that the test model with airfoil TASV AP 08-10-W-7520 to provide increased angular velocity of 14.37% and increase torque values by 80% learned new thing is the addition of wave at the point of catching aerodynamic forces have changed the pattern of fluid flow around the airfoil and increase the power generated.

Keywords: Vertical Axis Water Turbine, wave around 0.25 its chord

1. PENDAHULUAN

Cadangan bahan energi fosil dewasa ini semakin berkurang. Hal tersebut disebabkan oleh karena meningkatnya jumlah penduduk dunia, pemerataan kemajuan teknologi dan kebutuhan ekonomi serta peningkatan aktivitas manusia. Di Indonesia saja, penggunaan energi listrik sebagian besar masih berbasis pada pemanfaatan energi yang tidak dapat diperbaharui (energi fosil).

Persediaan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui tersebut, sewaktu-waktu akan habis sehingga harus ada energi alternatif yang dapat menggantikan perannya. Solusi yang sedang didorong adalah mencari sumber energi yang terbarukan seperti energi aliran air, energi aliran



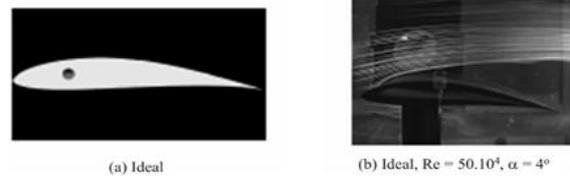
angin dan lain-lain. Di Indonesia terdapat banyak sekali sumber energi aliran air, diantaranya aliran sungai, selat maupun laut. Hasil perhitungan yang dilakukan oleh departemen industri dan perdagangan Inggris menyimpulkan bahwa arus laut global berpotensi membangkitkan listrik hingga 3000 gigawatt (lebih dari dua kali kebutuhan puncak energi dunia saat ini) [1]. Suatu potensi yang cukup menggiurkan dan banyak terdapat di Indonesia.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi dalam menghasilkan listrik, dimana sumber energi terbarukan berbasis energi aliran air banyak terdapat di Indonesia. Hal tersebut didasarkan pada kondisi Indonesia yang merupakan negeri kepulauan sehingga memungkinkan terdapat banyak selat yang terbentuk.

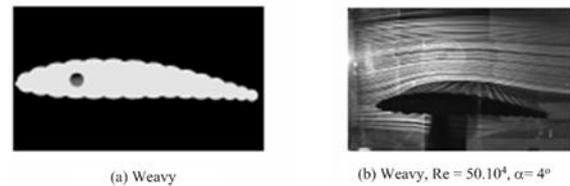
Pemanfaatan sumber energi air sebagai pembangkit listrik membutuhkan suatu sistem pengubah dari energi aliran air menjadi energi mekanik. Turbin air adalah disositif yang telah lama digunakan. Energi aliran fluida tersebut diubah menjadi gerakan rotasi untuk memutar generator, sehingga menghasilkan energi listrik. Teknologi turbin terus berkembang diantaranya adalah turbin air sumbu vertikal yang dalam penelitian ini mengembangkan hasil penelitian Gorlov.

Peningkatan kinerja TASV telah dilakukan dalam kajian melalui beberapa modikasi. Bintoro [1], telah mengubah penggunaan airfoalnya dari berbasis pada NACA0015 (Gorlov) menjadi NACA0020. Modifikasi selanjutnya adalah menambahkan disositif bidang fleksibel dan vortex generator pada trailing edge nya. Hasil dari modifikasi tersebut memberikan dampak positif yang cukup signifikan. Modifikasi selanjutnya adalah perancangan sistem knock-down pada rancangan TASV.

Wauquiez [2], melakukan kajian pengaruh permukaan airfoil terhadap pelepasan aliran fluida di atasnya. Model airfoil ideal dan pola aliran disekitarnya diperlihatkan pada Gambar 1. Pada gambar tersebut dapat diamati bahwa terjadi pelepasan aliran pada $Re = 5 \times 10^4$ dan sudut serang 4° , sedangkan pada Gambar 2 diperlihatkan tetap terjagannya aliran fluida di atas permukaan airfoil yang bergelombang.

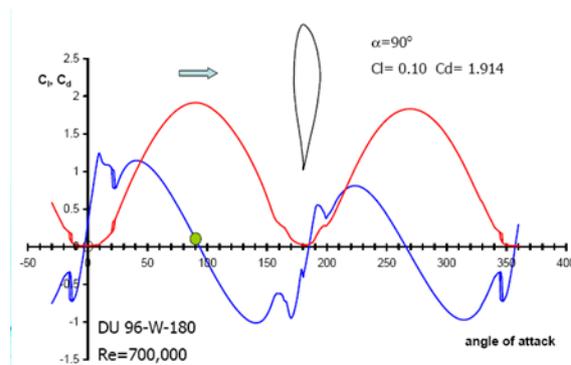


Gambar 1. Pola aliran pada airfoil ideal [2]



Gambar 2. Pola aliran pada airfoil bergelombang [2]

TASV ataupun turbin angin dalam aplikasinya akan mengalami aliran fluida pada sudut serang yang kemungkinan nilainya besar. Dalam kaitan tersebut van Rooij [3], melakukan kajian penyempurnaan profil turbin angin serta melakukan perhitungan karakteristik aerodinamik pada sudut serang dari 0 hingga 360 derajat. Hasil penelitian van Rooij terkait dengan karakteristik aerodinamik diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva karakteristik aerodinamik airfoil kajian van Rooij [3]

Thake [4], telah mengkaji dengan mendalam kinerja turbin air sumbu vertikal (TASV). Kajian dengan menggunakan TASV Darrieus yang ditempatkan pada sungai Nil di Juba, Sudan. Instalasi tersebut dimanfaatkan untuk memompa air yang dimanfaatkan sebagai irigasi. Turbin bekerja dengan baik dan mampu memompa air sebanyak 2000 liter/jam dengan ketinggian 5 m pada aliran 1 m/s.

Nilai karakteristik airfoil seperti NACA umumnya disebabkan oleh interaksi antara airfoil dan aliran fluida disekitarnya. Hal tersebut terjadi karena pergerakan separasi yang progresif dan gradual dari



trailing edge menuju ke leading edge sejalan dengan peningkatan sudut serang, α . Dengan demikian perubahan pola aliran akan mengubah karakteristik aerodinamika profil sudu [5].

Namun demikian kinerja TASV yang dihasilkan, belum menjadi faktor utama kajian. Nilai efisiensi yang didapat berdasarkan pada literatur baru mencapai 35%, sehingga masih menjadi kajian oleh banyak peneliti. Dengan demikian, tulisan ini akan menyampaikan hasil kajian baik secara teoritik maupun eksperimental. Kajian teoritik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CFD Numeca dan eksperimental pada aliran sungai di dekat Polban..

2. PEMODELAN SISTEM

Peningkatan kinerja TASV, akan dapat diperoleh dengan dilakukannya pengembangan untuk dapat meningkatkan karakteristik aerodinamika TASV yang dilakukan melalui penambahan profil gelombang disekitar titik 0,25 chord-nya. Nilai tersebut diperoleh melalui kaji komputasional dengan memanfaatkan perangkat lunak CFD Numeca, dengan mengamati kurva C_l dan C_d . Kemudian melakukan pendekatan matematik yang dilakukan untuk mendapatkan fungsi kurva tersebut melalui proses curvefitting menggunakan deret Fourier. Hal tersebut dilakukan untuk menghindari proses *look up table*, ketika harus memprediksi torsi teoritik TASV.

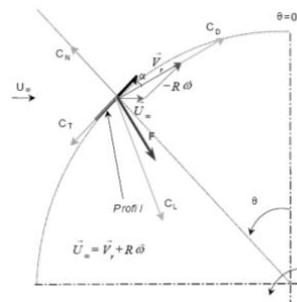
Sasaran penelitian ini adalah untuk menjustifikasi pengaruh perubahan ataupun penambahan bidang gelombang di 0,25 chord serta mengamati pengaruhnya. Nilai torsi teoritik pada setiap posisi angular TASV, menjadi parameter perhitungan teoritik. Dan besaran kecepatan putaran angular dan nilai torsi menjadi dasar kaji eksperimental yang dilakukan.

Perhitungan torsi teoritik pada airfoil kajian dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Numeca. Nilai C_l dan C_d kemudian dimanfaatkan untuk menentukan nilai torsi teoritik yang ditentukan dengan menggunakan pemrograman khusus pada perangkat lunak Matlab. Program tersebut disusun berdasarkan pada formula matematik yang dapat dituliskan pada pers. (1) dan (2).

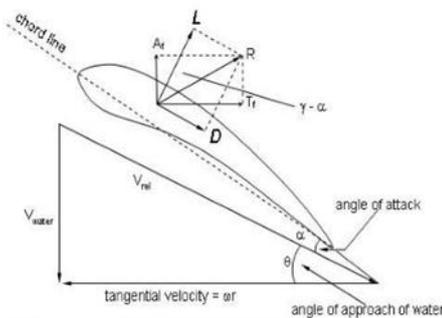
$$T_f = qS [C_l \sin(\gamma - \alpha) + C_d \cos(\gamma - \alpha)] \dots \dots \dots (1)$$

$$T = r . T_f = r . q . S [C_l \sin(\gamma - \alpha) + C_d \cos(\gamma - \alpha)] \dots \dots \dots (2)$$

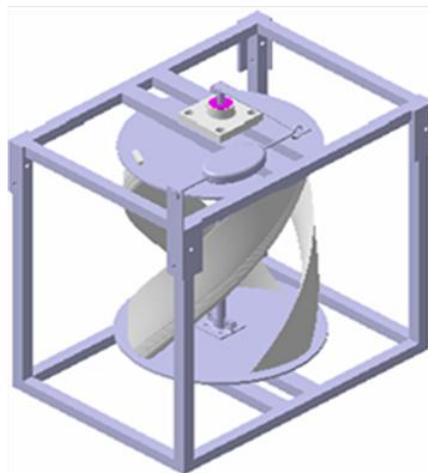
Secara teoriti, perumusan tersebut dibangun berdasarkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Parameter hasil kaji eksperimental ditentukan dengan menempatkan instrumen pengukur pada model TASV. Model pengujian yang dilakukan dapat diperlihatkan pada Gambar 6. Data pengukuran model kemudian dibandingkan, antara yang dengan penambahan bidang gelombang dan yang tanpa penambahan.



Gambar 4. Gaya-gaya pada sudu [2]



Gambar 5. Komponen gaya pada sudu [3]

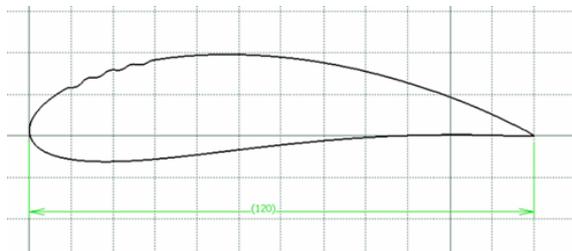


Gambar 6. TASV dengan peralatan ujinya



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

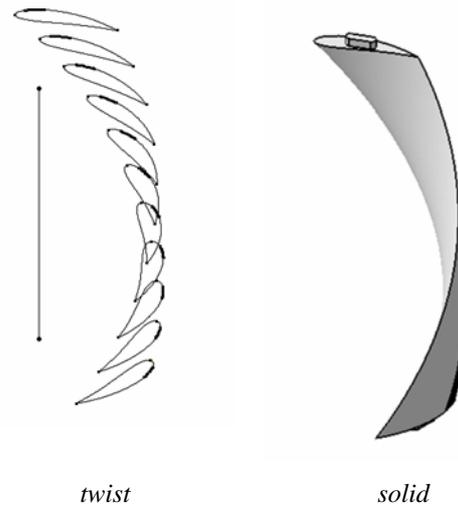
Nilai karekteristik aerodinamik profil sudu TASV dengan dispositif bidang gelombang pada titik $c/4$ ditentukan melalui kaji komputasional dengan menggunakan perangkat lunak Numeca, profil kajian diperlihatkan pada Gambar 7. Profil tersebut merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang didasarkan pada airfoil NACA 0020 Pengembangan profil tersebut juga sejalan dengan usaha untuk mendapatkan nilai C_l dan C_d yang tinggi, sehingga torsi yang diperoleh menjadi lebih besar sebagaimana dapat diaplikasikan pada pers. (2).



Gambar 7. Profil wavy pada sudu TASV

Setelah proses kaji komputasional CFD maka kajian dilanjutkan dengan proses pembuatan model uji. Proses perancangan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CATIA V5R19. Model uji dibuat dengan skala 1 : 3.33 dari ukuran sebenarnya untuk alasan penempatan pada aliran sungai didekat Polban.

Pemodelan twisting juga dilakukan pada perangkat lunak CATIA. Kajian dilakukan dengan menempatkan 10 model airfoil, yang kemudian ditwist untuk tinggi TASV yang diharapkan. Gambar 8 memperlihatkan model sudu TASV yang telah ditwist.



Gambar 8. Hasil twist dan sudu lengkap

Proses manufaktur kemudian dilanjutkan dengan memanfaatkan teknologi material komposit. Dari proses manufaktur, kemudian dihasilkan model sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 9. Rangka pada gambar tersebut menggunakan proses pengelasan yang umum dilakukan.

Proses pengujian seluruhnya dilakukan pada aliran sungai yang berada di depan Polban. Pada kondisi normal aliran sungai tersebut memiliki kecepatan rata-rata adalah 1,13 m/detik dan dengan kedalaman berkisar 50 cm. Pengujian yang dilakukan disekitar Polban, selain oleh karena alasan penghematan biaya, juga didasarkan pada proses publikasi kepada masyarakat sekitar secara tidak langsung.



Gambar 9. Assembly hasil produksi



Proses penentuan respons kecepatan TASV dilakukan dengan menggunakan tachometer, dimana proses pengukurannya diperlihatkan pada Gambar 10. Pada gambar tersebut dapat diamati bahwa piringan khusus berefektor yang berputar pada poros TASV diukur dengan menggunakan tachometer. Torsi diukur dengan menggunakan timbangan yang ditempatkan pada struktur model TASV.

Pengujian memberikan hasil yang positif, yaitu peningkatan putaran sudut TASV dari 137,1 rpm menjadi 156,9 rpm, sedangkan torsi meningkat dari 2,5 kg menjadi 4,5 kg. Hal tersebut membuktikan bahwa pola aliran yang lebih baik dapat meningkatkan kinerja TASV.



Gambar 10. Proses pengukuran kecepatan putar TASV

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh, setelah proses pembuatan model TASV dan pengujiannya adalah sebagai berikut,

1. Model uji TASV dengan profil airfoil AP 08-10-W-7520 beserta alat pendukungnya telah sesuai dengan kondisi aliran pada sungai di dekat Polban, sehingga pengujian dapat dilakukan dengan baik.
2. Penambahan wavy pada 0,25 chord nya memberikan peningkatan kinerja dibandingkan dengan profil airfoil sebelumnya. Peningkatan nilai kecepatan sudut adalah sebesar 14,37% dan nilai torsi sebesar 80%.
3. Wavy pada 0,25 chord telah memperbaiki pola aliran disekitar airfoil, yang dapat

dibuktikan dari hasil CFD Numeca maupun hasil kaji eksperimental.

NUMENCLATURE

T	: Gaya tangensial teoritik
q	: Tekanan dinamik
S	: Bidang angkat
C	: Koefisien aerodinamik
γ	: Sudut pemasangan sudu
α	: Sudut serang
r	: jari-jari turbin air

Subscript.

f	: tangensial
l	: angkat, lift
d	: hambat, drag

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bintoro, C., Peningkatan Kinerja Tasv Melalui Perubahan Geometri Sudu, Laporan Akhir : Program Penelitian Terapan Bidang Energi Terbarukan Dan Tak Terbarukan Sumber Dana Penguatan Program Studi Politeknik – DIKTI Nomor : 2009.11/K8.R/PL/2007
- [2] Christian Wauquiez, Shape Optimization of Low Speed Airfoils using MATLAB and Automatic Differentiation, Licentiate's Thesis, Royal Institute of Technology Department of Numerical Analysis and Computing Science, Stockholm 2000.
- [3] van Rooij, Ruud, et.al., Design of Airfoils for Wind Turbine Blades, Delf University of Technology The Netherlands, may 2004, r.vanrooij@citg.tudelf.nl
- [4] Thake, J., Development, Installation And Testing Of A Large-Scale Tidal Current Turbine, IT Power, Marine Current Turbines, Seacore, Bendalls Engineering, Corus, October 2005
- [5] Jeronimo ZANETTE, Didier IMBAULT, Ali TOURABI, Fluid-Structure Interaction And Design Of Water Current Turbines, E-mail: Ali.Tourabi@hmg.inpg.fr, 2nd IAHR International Meeting of the Workgroup on Cavitation and Dynamic Problems in Hydraulic Machinery and Systems Timisoara, Romania October 24 - 26, 2007