

KAJI TEORITIK DAN EKSPERIMENTAL PENEMPATAN IDEAL VORTEX GENERATOR PADA TASV-GORLOV

Carolus Bintoro*, Vicky Wuwung*, M. Sidiq N.**

* Pengajar Program Studi Teknik Aeronautika

** Alumni Program Studi Teknik Aeronautika Tahun 2011

Staf Pengajar Program Studi Teknik Aeronautika

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 mengenai penempatan vortex generator yang ideal agar diperoleh peningkatan torsi mekanik teoritik yang ideal. Perangkat lunak CFD-Numeca dimanfaatkan tidak hanya penentuan karakteristik hidrodinamika profil sudu turbin dengan vortex dan tanpa vortex, tetapi juga melakukan simulasi penentuan nilai torsi mekanik yang kemungkinan dihasilkan pada kondisi aliran tertentu. Hasil kaji komputasional menunjukkan nilai torsi teoritik model TASV dengan penempatan vortex generator 5 mm dari trailing edge sebesar $5,7 \times 10^{-3}$ Nm, dan penempatan di trailing edge sebesar $6,3 \times 10^{-3}$ Nm. Vortex generator yang ditempatkan lebih depan lagi memberikan hasil yang semakin kecil yaitu $4,9 \times 10^{-3}$ Nm. Jadi dengan demikian dapat disimpulkan, penempatan ideal vortex generator untuk meningkatkan kinerja adalah pada trailing edge. Dengan menggunakan perangkat lunak CFD-Numeca dapat disimulasikan torsi maksimal pada penempatan vortex generator tertentu. Melalui kaji banding dengan membangun fungsi garis melalui curvefitting maka dapat ditentukan yang paling ideal..

Kata kunci: Vortex generator, CFD-Numeca, Trailing edge, TASV Gorlov

Abstract

This paper discusses about the ideal placement of vortex generator in order to obtain the increasement in ideal theoretic mechanical torque. CFD-Numeca software utilized, not only the determination of the hydrodynamic characteristics of the turbine blade profile with and without vortex, but also to simulate the determination of the likely value of mechanical torque, generated at a certain flow conditions. Examine the computational results show the VAWT theoretical torque valure with vortex generators, which placed on 5 mm form trailing edge gives values of 5.7×10^{-3} Nm, and placement in the trailing edge gives 6.3×10^{-3} Nm. Vortex generators are placed over front again, gives results that the smaller of 4.9×10^{-3} Nm. So it can thus be concluded, the ideal placement of vortex generators to improve performance is at the trailing edge. By Using CFD-Numeca software, maximum torque can be simulated in relation with the placement of vortex generator Through a comparison study by constructed the line function using curveting, so that the ideal point of placement can be determined.

Keywords: Vortex generator, CFD-Numeca, Trailing edge, VAWT Gorlov

1.PENDAHULUAN

Energi pasang surut merupakan salah satu bentuk awal energi terbarukan yang pernah digunakan oleh manusia. Sejak abad ke delapan, Spanyol, Perancis dan Inggris telah membangun bendungan tidal penggiling biji-bijian. Penggunaan teknologi ini di Inggris telah memproduksi tepung dengan energi pasang surut selama 900 tahun dan masih melakukannya hingga saat ini [1].

energi untuk menyimpan air pasang masuk melalui pintu air. Gerbang air tersebut tertutup saat pasang tinggi dan air yang terperangkap diarahkan kembali ke laut melalui roda air untuk menggerakkan mesin Pengembangan teknologi energi terbarukan terus diusahakan, termasuk dengan memanfaatkan energi angin yang berkembang pesat pada negara-negara sub-tropis. Dalam penelitian yang dilakukan oleh

Betz dengan menggunakan turbin angin jenis baling-baling yang ditempatkan pada aliran bebas, didapatkan batasan efisiensi untuk turbin dengan nilai 59,3%. Penelitian tersebut dilakukan pada tahun 1920, dan hingga kini menjadi batasan umum untuk memperkirakan efisiensi maksimum sebuah turbin, ketika dalam tahap perancangan pemasangan sistem ladang turbin [2]. Batasan tersebut membuat kajian lebih detail dan mendalam terus dilakukan oleh banyak peneliti, terkait dengan usaha untuk mendekati ataupun melewati nilai tersebut. Nilai efisiensi turbin tersebut didefinisikan sebagai rasio dari daya turbin terhadap daya aliran air bebas pada bidang area turbin. Dengan mendasarkan perhitungan-perhitungan pada perubahan tingkat momentum dan hubungan Bernaulli untuk fluida yang mengalir melalui turbin, maka Betz memperoleh batas efisiensi maksimum tersebut [2].

Asumsi utama yang digunakan dalam pemodelan oleh Betz adalah aliran fluida tetap linier ketika melewati turbin dan distribusi tekanan fluida yang terjadi pada turbin seragam. Distribusi beban yang merata, menyebabkan estimasi gaya dan torsi yang berlebih terjadi pada turbin, sebagai hasilnya, terjadi kelebihan daya turbin dan efisiensi yang dihasilkan. Pada kenyataannya, aliran fluida akan dibelokkan dekat dengan piringan turbin, sehingga mengubah

gerakannya menjadi melengkung dan mengurangi tekanannya pada turbin.

Pada saat ini, kebutuhan energi listrik masyarakat Indonesia belum tercukupi, dan kondisi cadangan bahan bakar berbasis fosil semakin menurun, oleh karenanya penelitian terkait dengan energi alternative (*renewable energy*) terus berkembang. Untuk memenuhi kekurangan energi tersebut harus mengeluarkan biaya yang besar dan harus menggunakan teknologi yang tinggi terutama apabila penggunaan tenaga nuklir yang beresiko tinggi terhadap lingkungan hidup apabila timbul bencana. Oleh karena itu riset terkait dengan turbin dan energi terbarukan semakin berkembang.

Sumber energi terbarukan merupakan suatu strategi yang dapat dipergunakan sebagai alat (*tools*) untuk mencapai pembangunan kecukupan energi dan pengembangan ekonomi yang berkelanjutan. Kebijakan energi terbarukan menekankan bahwa Indonesia tidak boleh hanya tergantung pada sumber energi berbasis fosil, namun harus juga mengembangkan penggunaan energi terbarukan. Kebijakan energi terbaru di Indonesia perlu dikembangkan dengan memperjelas strategi, sasaran

penggunaan, jumlah pemanfaatan dan pengelolaan energi nasional, dengan mempertimbangkan potensi energi, permintaan energi, infrastruktur energi serta faktor lainnya seperti harga energi, teknologi, pajak, investasi dan sebagainya.

Aliran air yang banyak ditemukan di Indonesia, juga mengandung energi, yang seharusnya dapat dimanfaatkan dan dikonversikan menjadi energi listrik. Dan perlu dicatat bahwa pembangkit listrik tenaga air tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca. Air juga merupakan sumber energi terbarukan, karena secara terus menerus mengisi ulang siklus hidrologi bumi. Semua sistem hidroelektrik membutuhkan sumber air mengalir tetap, seperti sungai atau anak sungai yang akan terus menerus mengalir selama 24 jam setiap harinya.

Pemanfaatan teknologi turbin sebagai alat konversi energi aliran air sangat tergantung pada profil sudu beserta konfigurasi yang digunakannya. Gorlov telah membangun turbin-nya dengan *twist* sudunya, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1. Usaha tersebut ditujukan untuk mengoptimalkan kinerjanya, yaitu agar setiap bilah sudu selalu menghasilkan gaya tangensial, sehingga dapat mencegah timbulnya fenomena getaran [3].



Gambar 1. Gorlov Helical Turbine (GHT) [4]

Beberapa kajian terkait dengan optimasi turbin air gorlov telah dilakukan, diantaranya dengan penambahan bidang vortex generator diikat *trailing edge*. Hasil yang selama ini diperoleh telah menunjukkan bahwa terjadi peningkatan torsi mekanik teoritik, oleh karena terjadinya peningkatan koefisien gaya angkat (c_l) dan koefisien gaya hambat (c_d) [5]. Pada penelitian ini, akan dibahas kajian terkait masalah penempatan vortex generator, dimana harus dipasang dan bagaimana kajian teoritik dan eksperimental yang dikembangkan.

I. PEMODELAN SISTEM

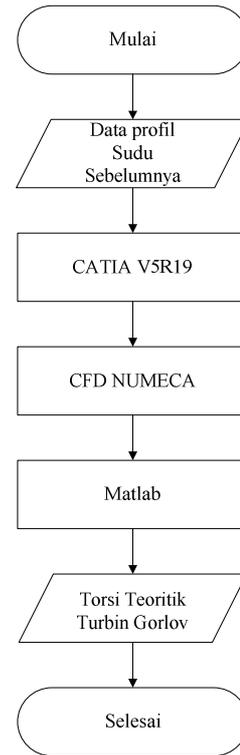
Penyelesaian penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua kajian, yaitu kajian teoritik dan kajian eksperimental. Kajian teoritik ditujukan untuk menentukan karakteristik profil sudu yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Catia dan CFD-Numeca. Kajian eksperimental dilakukan dengan pengujian model uji di sungai dekat Polban. Benda uji yang digunakan direalisasikan dengan menggunakan teknologi material komposit laminasi basah.

Kajian teoritik diawali dengan penyempurnaan data pengukuran profil sudu turbin Gorlov. Hal tersebut dilakukan dengan merancang ulang profil sudu hasil kajian sebelumnya, yaitu airfoil AP 08-10-W-7520. Hasilnya adalah profil sudu yang telah dimodifikasi dengan menambahkan bidang vortex yang akan digunakan dalam proses perancangan model sudu turbin Gorlov untuk pengujian.

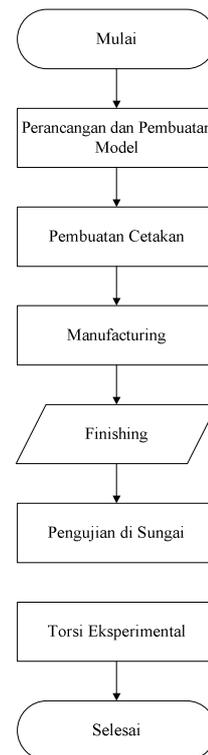
Kajian teoritik dilanjutkan dengan melakukan kajian komputasional penentuan karakteristik torsi profil yang telah dimodifikasi. Kajian teoritik dilanjutkan dengan melakukan kajian komputasional dengan memanfaatkan perangkat lunak Catia dan CFD-Numeca untuk menentukan karakteristik airfoil yang telah dimodifikasi. Perangkat lunak Catia digunakan untuk membuat geometri profil sudu, sebelum disimulasikan pada perangkat lunak CFD-Numeca. Dari kajian simulasi diperoleh karakteristik torsi profil sudu serta pola aliran fluida disekitar profil.

Kajian eksperimental dilakukan dengan merealisasikan model uji dengan menggunakan teknologi material komposit laminasi basah. Model uji tersebut digunakan pada kajian karakterisasi torsi mekanik pada aliran sungai di dekat Polban. Hasil kajian eksperimental juga akan digunakan sebagai data dalam penentuan torsi turbin Gorlov.

Sasaran penelitian ini adalah membandingkan hasil kajian teoritik dan eksperimental antar berbagai posisi penempatan vortex generator. Nilai torsi generator tersebut kemudian digambarkan pada sebuah kurva untuk menentukan nilai torsi terbesar terkait dengan posisinya. Diagram alir kajian teoritik diperlihatkan pada Gambar 2, sedangkan diagram alir kajian eksperimental diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan kajian teoritik



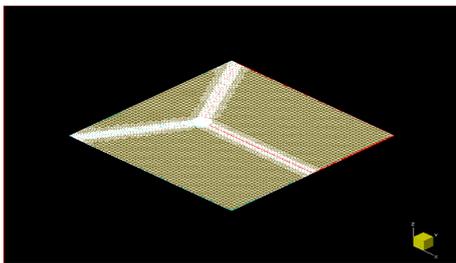
Gambar 3. Diagram alir pelaksanaan kajian eksperimental

1.HASIL DAN PEMBAHASAN

Melalui kaji teoritik/simulasi pada perangkat lunak CFD-Numeca dan kaji eksperimental maka dapat ditentukan posisi ideal dari vortex generator pada sebuah profil sudu. Geometri profil sudu yang digunakan dalam perhitungan dibagi menjadi sepuluh bagian, hal ini dilakukan untuk lebih mempermudah perhitungan karena pada kenyataannya bilah sudu turbin ditwist.

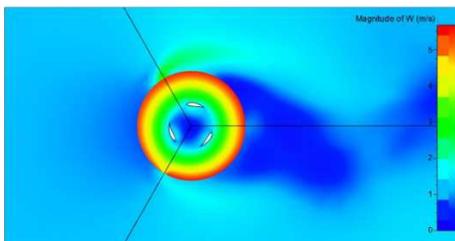
Parameter yang digunakan pada kajian penentuan nilai torsi teoritik profil sudu didasarkan pada hasil pengujian sebelumnya dimana turbin belum menggunakan vortex generator. Kajian tersebut dilakukan oleh saudara Ryan pada tahun 2010, dengan besaran kajian terukur yaitu kecepatan air 1,2 m/s dan rpm 157 rad/s.

Proses meshing dilakukan dengan menggunakan fasilitas Hexpress yang ada pada perangkat lunak CFD-Numeca. Proses tersebut dilakukan untuk mendefinisikan bagian-bagian dari model 3D yang akan disimulasikan serta kondisi batasnya. Hasil meshing diperlihatkan pada Gambar 4.

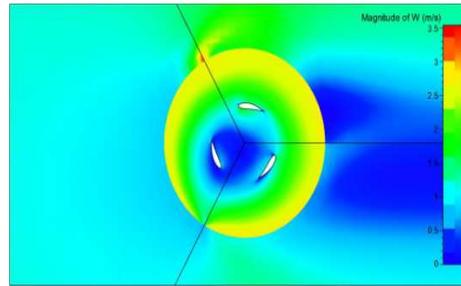


Gambar 4. Hasil meshing dengan CFD NUMECA

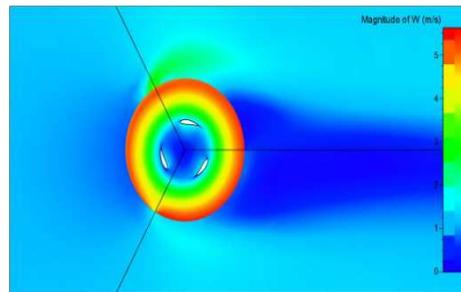
Dalam menentukan nilai karakteristik torsi turbin Gorlov, sebagaimana telah dibahas sebelumnya simulasi digunakan dengan menggunakan tinggi sepersepuluhnya. Hasil pengolahan pada perangkat lunak CFD-Numeca yang berupa pola aliran diperlihatkan pada Gambar 5. Simulasi pola aliran menggunakan ketiga profil sudu.



a.vortex generator pada trailling edge



a. vortex generator 5.01mm dari trailling edge



b. vortex generator 10.02 mm dari trailling edge

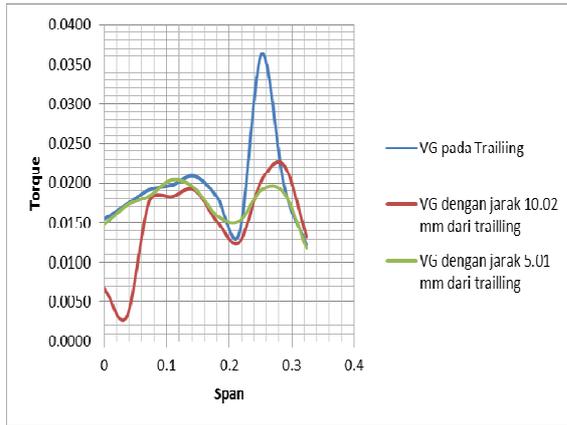
Gambar 5. Pola Aliran Air di sekitar Turbin Gorlov potongan uji

Simulasi pada perangkat lunak CFD-Numeca tersebut, menghasilkan nilai karakteristik torsi dari sepersepuluh panjang span. Perhitungan torsi teoritik sepanjang span TASV dilakukan dengan menggunakan pemrograman sederhana (*curvefitting*) pada perangkat lunak Matlab. Metode tersebut juga digunakan untuk mengetahui torsi sepanjang span turbin Gorlov, yaitu dengan mengintegrasikan kurva torsi yang telah dibuat. Nilai dan kurva karakteristik torsi diperlihatkan pada Tabel 1 dan Gambar 6.

Tabel 1. Nilai torsi teoritik sepanjang span.

Penempatan Generator	Vortex	Torsi sepanjang span
Torsi Vortex pd jarak 5.01 mm dr TE		5.7×10^{-3}
Torsi vortex pd TE		6.3×10^{-3}
Torsi vortex pd jarak 10.02 dr TE		4.9×10^{-3}

TE = Trailing edge



Gambar 6. kurva karakteristik torsi sepanjang span

Kaji eksperimental dimaksudkan untuk dapat memvalidasi hasil kaji komputasional yang telah dilakukan. Kajian ini dilakukan dengan merealisasikan model uji yang telah dilengkapi dengan vortex generator, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 7.

Dari hasil pengujian eksperimental, terukur kecepatan aliran air sebesar 1,177 m/s. Setelah didapatkan nilai kecepatan air tersebut, maka turbin air Gorlov dapat diuji. Data pengukuran dalam pengujian tersebut adalah rpm yang diukur menggunakan tachometer serta besarnya gaya tangensial pada putara nol. Hal tersebut didasarkan untuk menentukan nilai torsi maksimal yang kemungkinan dapat diperoleh. Pada Gambar 8 diperlihatkan proses pengujian yang dilakukan pada aliran sungai didekat Polban. Adapun nilai torsi yang diperoleh dari hasil eksperimental diperlihatkan pada Table 2.



Gambar 7. Modifikasi dengan menambahkan vortex generator

Tabel 2. Nilai karakteristik torsi eksperimental

No	Penempatan Vortex Generator (mm)	Torsi (Nm)
1	Torsi Vortex 5.01	0.2
2	Torsi vortex trailing	0.098
3	Torsi vortex 10.02	0.089



Gambar 8. Proses menghitung kecepatan sudut dengan tachometer

Nilai torsi yang dihasilkan pada kaji komputasional dan eksperimental tidak dapat dibandingkan oleh karena oleh karena parameter-parameter dan kondisi aliran sungai tidak sesuai dengan yang digunakan pada simulasi. Apabila hasil pada kedua proses tersebut ingin dapat dibandingkan, maka proses komputasional harus dilakukan sekali lagi, atau melalui simulasi 3D. Sebelum melakukan simulasi maka perlu dilakukan pengukuran kecepatan aliran secara tepat dalam batas maksimum dan minimum yang tidak terlalu besar. Hasil dari perhitungan tersebut dijadikan parameter dalam proses kaji komputasional kemudian. Nilai torsi hasil komputasional dan eksperimental diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kompaerasi nilai torsi

No	Penempatan Vortex Generator (mm)	Torsi Komputasional (Nm)	Torsi Eksperimental (Nm)
1	Torsi Vortex 5.01	5.7×10^{-3}	0.2
2	Torsi vortex trailing	6.3×10^{-3}	0.098
3	Torsi vortex 10.02	6.3×10^{-4}	0.089

1.KESIMPULAN

Mengacu pada hasil kaji teortik dan ekspermental maka dapat disimpulkan bahwa kaji teoritik menunjukkan nilai torsi TASV dengan penempatan vortex generator pada trailling edge lebih besar dari penempatan pada titik lainnya yaitu sebesar $6,3 \times 10^{-3}$ Nm. Dan pada kaji ekspermental, nilai torsi terbesar diperoleh pada jarak 5,01 mm dari trailling edge yaitu sebesar 0.2 Nm. Melihat hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa nilai parameter yang digunakan pada simulasi serta pengkondisian pengujiannya tidak sama dengan kondisi kaji ekspermental.

Acknowledgements

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Latibmas, Kemendiknas atas dukungan keuangan dalam penelitian unggulan strategis nasional yang berjudul “Rancang Bangun Turbin Gorlov dan Justifikasi Penerapannya untuk Kecukupan Energi Bangsa” dan atas kerjasama teman-teman peneliti.

DAFTAR PUSTAKA

1. George Hagerman, Brian Polagye, EPRI – TP – 001 NA Rev 3, EPRI North American Tidal In Stream Power Feasibility Demonstration Project, September 29, 2006
2. Alexander N. Gorban, et.al., Limits of the Turbine Efficiency for Free Fluid Flow, Journal of Energy Resources Technology, DECEMBER 2001, Vol. 123
3. James L. Tangler, The Evolution of Rotor and Blade Design, National Renewable Energy Laboratory, 1617 Cole Boulevard, Golden, CO 80401
4. Khan, J., River Current Turbine: Modeling and System Design, Faculty of Engineering & Applied Science, MUN, St John’s, NL A1B 3X5, December 2004.
5. Carolus Bintoro, Peningkatan Kinerja Tasv Melalui Perubahan Geometri Sudu, laporan akhirprogram penelitian terapanbidang energi terbaru dan tak terbaru, Polban, 2007