

ANALISIS PROFIL *BLADE* PADA MODEL TURBIN GORLOV**Zulkifli Saleh***

Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Palembang

*Email : zulkiflisaleh@yahoo.com

Abstrak

Pola pengembangan pembangkitan kelistrikan Indonesia masih cenderung mengandalkan ketersediaan bahan bakar berbasis energi fosil. Menipisnya ketersediaan energi fosil memicu pengembangan pembangkitan berbasis energi non fosil. Persentase energi bauran yang dikembangkan untuk menyongsong menipisnya bahan bakar fosil masih sangat kecil. Salah satu segmen energi bauran adalah energi air dengan tingkat kecukupan kapasitasnya tidak terbatas di Indonesia. Pengujian yang dilakukan menunjukkan dari ketiga NACA 0020, 0018, 0031 yang di dapat pada data hasil penelitian tersebut NACA 0020 adalah bentuk yang paling efisien dikarenakan mempengaruhi bentuk geometrinya. Chord length blade pada perhitungan dengan diameter turbin yang memiliki diameter atas dan bawah turbin didapat chord 0,1745 cm bagian atas dan bagian bawah chord 0,1744 cm dengan chord rata-rata (0,17445). Hasil perhitungan solidity bagian atas turbin dan bagian bawah adalah atas (0,008486) dan bawah (0,008490) dan hasil nilai perhitungan sudut inklinasinya pada bagian atas dan bawah pada diameter turbin Gorlov adalah atas (54,21°) dan bawah (54,23°).

Kata kunci: Gorlov, NACA, Blade.

1. PENDAHULUAN

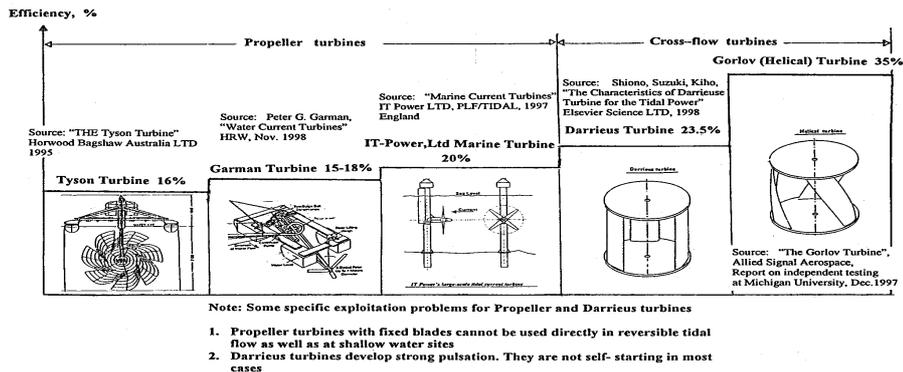
Pola pengembangan pembangkitan kelistrikan Indonesia masih cenderung mengandalkan ketersediaan bahan bakar berbasis energi fosil. Menipisnya ketersediaan energi fosil memicu pengembangan pembangkitan berbasis energi non fosil. Presentase energi bauran yang dikembangkan untuk menyongsong menipisnya bahan bakar fosil masih sangat kecil, namun perkembangan sudah dimulai. Kemampuan daya serap teknologi tidak terlepas dari cakupan regulasi yang diterapkan pemerintah. Salah satu segmen energi bauran adalah energi air dengan tingkat kecukupan kapasitas tidak terbatas di Indonesia.

Pemanfaatan potensi air sebagai penggerak sistem pembangkitan khususnya pada tataran energi kinetik masih sangat minim. Penelitian mendasar dan empiris sangat memungkinkan dilakukan mengingat cadangan potensi air yang tersebar dan meluas. Serapan teknologi tersebut dengan penerapannya di lapangan sebagai salah satu kandidat untuk menanggulangi kelangkaan ketersediaan daya listrik pada lokus yang belum dimungkinkan untuk perpanjangan jaringan listrik. Manfaat selanjutnya adalah meningkatkan rasio elektrifikasi dan meningkatkan taraf hidup sekitar.

Turunan perangkat pembangkitan yang memanfaatkan potensi energi kinetik telah beragam dikembangkan, salah satu perangkat tersebut adalah turbin *Gorlov*. Prinsip dasar turbin *Gorlov* berkaitan erat dengan kecepatan aliran dan luasan bidangnya. Lebih lanjut, kemampuan turbin untuk membangkitkan daya juga tergantung dengan bentuk *blade* yang digunakan. Bentuk *blade* sangat dipengaruhi oleh NACA yang digunakan sehingga efisiensi pembangkitan dapat terjadi optimal. Rancang bangun bentuk *blade* dengan berbasis variasi NACA mengabaikan bentuk *helical* turbin secara menyeluruh.

2. METODOLOGI**2.1 Turbin Gorlov**

Model turbin didasarkan pada penyelesaian dimensi turbin secara eksperimental dengan melakukan penyederhanaan pada bentuk *helical* dan memodifikasi bilangan pada sudut NACA dan sudut aliran. Dalam upaya pemanfaatan energi arus pasang surut telah dikembangkan sebagai jenis model tipe turbin aliran silang dan efisiensi kerja yang dihasilkan (Gambar 1). Turbin aliran silang terdapat dua tipe yaitu : a) *Darrieus turbine* dan; b) *Gorlov (helical) turbine*. Tipe *Darrieus turbine* memiliki sejumlah kelemahan dibandingkan *Gorlov (helical) turbine*, tipe turbin *Darrieus* pada saat operasi memiliki denyutan yang kuat dan dalam beberapa kasus turbin ini tidak dapat melakukan putaranya sendiri. Dikarenakan hal ini itu tipe turbin *Gorlov* memiliki efisiensi yang tinggi 35% lebih besar dibandingkan efisiensi yang dihasilkan turbin *Darrieus*.



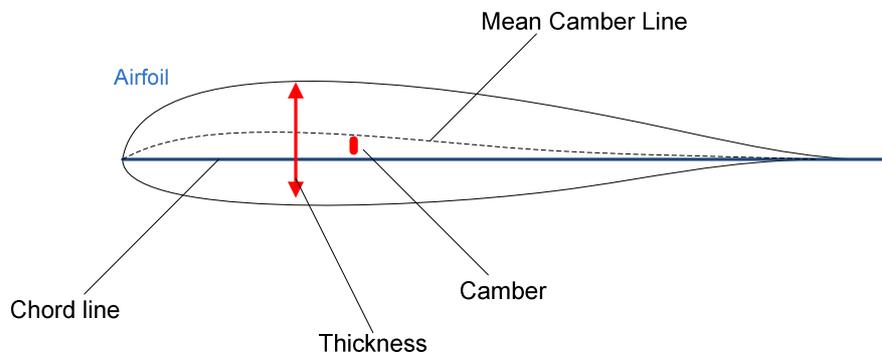
Gambar 1. Jenis turbin air dan efisiensi (%)

Sumber : Gorlov et.al, M. Limits of The Turbin Efficiency for Free Fluid Flow, Journal of Energy Resources Technology Vol. 123 ; 311-317

2.2 NACA

NACA *airfoil* adalah salah satu bentuk bodi aerodinamik yang dikembangkan oleh *National Advisory Committee for Aeronautics* (NACA) yang mana berguna untuk memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainya dan dengan bentukan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan dari bodi *airfoil*. Dan hal ini sering di rangkum oleh beberapa parameter seperti : ketebalan maksimum, maksimum bentuk melengkung, posisi maksimum ketebalan, posisi maksimum bentukan melengkung, dan hidung jari-jari.

Pengujian yang dilakukan NACA lebih sistematis dan riset yang dilakukan NACA lah yang paling terkemuka sehingga inilah yang mengapa *airfoil* juga sering disebut *airfoil* NACA. Pengujian NACA dapat membagi pengaruh efek kelengkungan dan distribusi ketebalan atau *thickness* serta pengujiannya dilakukan pada berbagai nilai bilangan Reynold. *Airfoil* NACA mempunyai parameter-parameter dalam bentuknya.



Gambar 2. NACA Airfoil

2.3 Airfoil

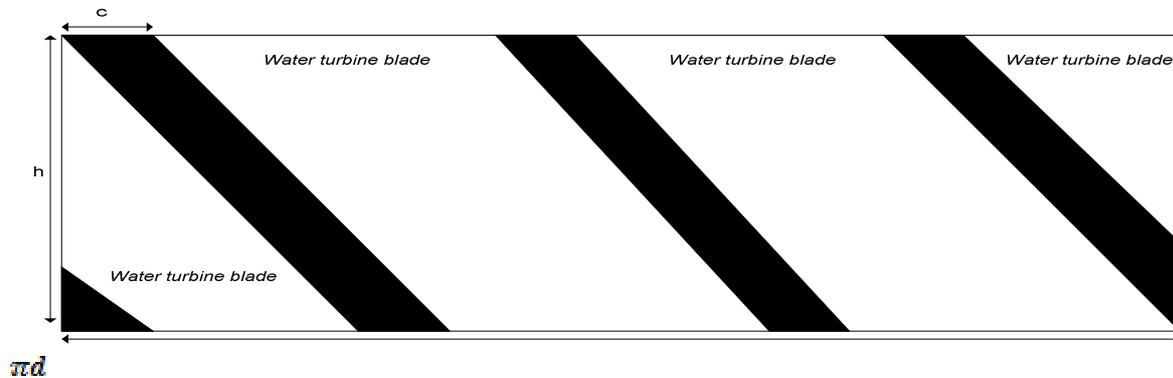
Airfoil digunakan terutama untuk menghasilkan gaya *lift* yang bekerja pada turbin angin ataupun air agar dapat berputar. Saat ini salah satu referensi untuk pemilihan *Airfoil* yang populer adalah profil *Airfoil* yang dibuat oleh NACA. Pengujian yang dilakukan oleh NACA lebih sistematis. Setiap bentuk *Airfoil* NACA mempunyai parameter – parameter tersendiri sesuai dengan pengaplikasiannya. Panjang *chord* *c* dapat diekspresikan atas radius *runner* dan garis rata-rata *camber* c_0 ;

$$c = 2R \sin\left(\frac{c_0}{2R}\right) \dots \dots \dots (1)$$

Maksimum *upper chamber* didefinisikan sebagai;

$$m = R(1 - \cos) \left(\frac{c_0}{2R} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Nilai *solidity* turbin ditentukan oleh beberapa faktor yaitu; jumlah *blade*, *chord length* dan diameter turbin seperti pada persamaan (3) dan sudut inklinasi ditentukan dengan memperhatikan tinggi turbin, persamaan (4).



Gambar 3. Sketsa pemebentukan *blade* turbin

Pada (Gambar 3) diatas memperhatikan sketsa pembentukan *blade* turbin, dari sketsa ini parameter yang akan didapatkan adalah *chord length* (C) dan sudut inklinasi ϕ . Dengan menggunakan rumusan (3) dan (4) maka didapatkan ;

$$\sigma = \frac{nc}{2\pi r} \dots\dots\dots (3)$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{nh}{nd} \right) \dots\dots\dots (4)$$

dengan,

- σ = *solidity*
- n = jumlah *blade*
- C = *chord length*
- d = diameter turbin
- h = tinggi turbin
- ϕ = sudut inklinasi

3. HASIL DAN ANALISIS

NACA sangat mempengaruhi sistem kerja dari turbin. Pemilihan jenis NACA menjadi bagian yang sangat penting sehingga dapat menghasilkan energi secara maksimal. Jenis NACA akan mempengaruhi *geometri* pada *blade* sehingga memiliki perbedaan *swept area*. Dari ketiga NACA yang didapat pada data hasil penelitian tersebut NACA 0020 adalah bentukan yang paling efisien. Perhitungan panjang *chord* c dapat diekpresikan atas radius *runner* dan garis rata-rata *chamber* c_0 . Dengan menggunakan rumus dibawah ;

$$c = 2R \sin \left(\frac{c_0}{2R} \right) \dots\dots\dots (5)$$

- c_0 (*chamber*) = 10
- d (diameter atas rata-rata) = 39,29 cm
- d (diameter bawah rata-rata) = 39,25 cm

$$R = \frac{d \text{ (atas rata-rata)}}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{39,29}{2} \\
 &= 19,645 \text{ cm} \\
 c &= 2 \cdot 19,645 \sin\left(\frac{10}{2 \cdot 19,645}\right) \\
 &= 39,29 \sin\left(\frac{10}{39,29}\right) \\
 &= 39,29 \sin(0,2545) \\
 &= 0,1745 \text{ cm} \\
 R &= \frac{d \text{ (dibawah rata-rata)}}{2} \\
 &= \frac{39,25}{2} \\
 &= 19,625 \text{ cm} \\
 c &= 2 \cdot 19,625 \sin\left(\frac{10}{2 \cdot 19,625}\right) \\
 &= 39,25 \sin\left(\frac{10}{39,25}\right) \\
 &= 39,25 \sin(0,2547) \\
 &= 0,1744 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 c \text{ (Rata-rata)} &= \frac{0,1745+0,1744}{2} \\
 &= \frac{0,3489}{2} \\
 &= 0,17445
 \end{aligned}$$

Maksimum *upper chamber* dihitung dua kali dikarenakan nilai diameter pada turbin ada bagian atas dan bawah dengan rumus sebagai berikut;

$$m = R(1 - \cos\left(\frac{c_0}{2R}\right)) \dots\dots\dots(6)$$

Bagian atas,

$$\begin{aligned}
 m &= 19,645 \left(1 - \cos\left(\frac{10}{2 \cdot 19,645}\right)\right) \\
 &= 19,645 \left(1 - \cos\left(\frac{10}{39,29}\right)\right) \\
 &= 19,645 (1 - \cos 0,2545) \\
 &= 19,645 (1 - 0,99) \\
 &= 19,645 \cdot 0,01 \\
 &= 0,19645
 \end{aligned}$$

Bagian bawah,

$$\begin{aligned}
 m &= 19,625 \left(1 - \cos\left(\frac{10}{2 \cdot 19,625}\right)\right) \\
 &= 19,625 \left(1 - \cos\left(\frac{10}{39,25}\right)\right) \\
 &= 19,625 (1 - \cos 0,2547) \\
 &= 19,625 (1 - 0,99) \\
 &= 19,625 \cdot 0,01 \\
 &= 0,19625
 \end{aligned}$$

Jadi dari hasil perhitungan Maksimum *upper chamber* bagian atas dan bawah, bagian atas (**0,19645**) dan bagian bawah (**0,19625**)

Solidity turbin ditentukan melalui;

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{nc}{2\pi r} \\
 \text{Bagian atas,} \\
 \sigma &= \frac{nc}{2\pi r} \\
 &= \frac{6 \cdot 0,1745}{2 \cdot 3,14 \cdot 19,645}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,047}{123,3706} \\
 &= 0,008486 \\
 \text{Bagian bawah,} \\
 \sigma &= \frac{nc}{2\pi r} \\
 &= \frac{6 \cdot 0,1744}{2 \cdot 3,14 \cdot 19,625} \\
 &= \frac{1,0464}{123,245} \\
 &= 0,008490
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *solidity* bagian atas turbin dan bagian bawah adalah atas (0,008486) dan bawah (0,008490).

Menentukan sudut inklinasi ada dua bagian yang dicari bagian atas dan bawah dengan menggunakan rumus sebagai berikut;

$$\emptyset = \tan^{-1} \left(\frac{nh}{nd} \right) \dots\dots\dots(7)$$

Bagian atas,

$$\begin{aligned}
 \emptyset &= \tan^{-1} \left(\frac{nh}{nd} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{6 \cdot 54,5}{6 \cdot 39,29} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{327}{235,74} \right) \\
 &= \tan^{-1}(1,3871) \\
 &= 54,21^\circ
 \end{aligned}$$

Bagian bawah,

$$\begin{aligned}
 \emptyset &= \tan^{-1} \left(\frac{nh}{nd} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{6 \cdot 54,5}{6 \cdot 39,25} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{327}{235,5} \right) \\
 &= \tan^{-1}(1,3885) \\
 &= 54,23^\circ
 \end{aligned}$$

Jadi nilai sudut ingkliasinya pada bagian atas dan bawah adalah atas (54,21°) dan bawah (54,23°)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian turbin, analisis data dan pembahasan dapat disimpulkan antara lain sebagai berikut;

1. Bentukkan NACA yang baik pada sebuah turbin helik adalah NACA 0020 dikarenakan mempengaruhi bentuk *geometrinya*.
2. *Chord length blade* pada perhitungan dengan diameter turbin yang memiliki diameter atas dan bawah turbin didapat *chord* (c) 0,1745 cm bagian atas dan bagian bawah *chord* (c) 0,1744 cm dengan *chord* rata-rata (0,17445).
3. Maksimum *upper chamber* dihitung dua kali dikarenakan nilai diameter pada turbin ada bagian atas dan bawah, dari hasil perhitungan Maksimum *upper chamber* bagian atas (**0,19645**) dan bagian bawah (**0,19625**).
4. hasil perhitungan *solidity* bagian atas turbin dan bagian bawah adalah atas (0,008486) dan bawah (0,008490).
5. hasil nilai perhitungan sudut ingkliasinya pada bagian atas dan bawah pada diameter turbin *Gorlov* adalah atas (54,21°) dan bawah (54,23°).

DAFTAR PUSTAKA

- Antheaume, S., Maitre, T., & Achard, J. (2007). *innovative Modelling Approach to Investigate The Efficiency of Cross Flow Water Turbin Farms*. Romania: IAHR International Meeting of The Workgroup on Cavitation and Dynamic Problems in Hydraulics Machinery and systems, Scientific Bulletin of The Politechnica university of Timisoara Transaction on Mechanics.
- Benson, D., Bazilevs, Y., De Luycker, E., Hsu, M., Scott, M., Hughes, T., et al. (2010). A generalized finite element formulation for arbitrary basis functions: from isogeometric analysis to XFEM. *Internasional Jurnal of Numerical Methods in Engineering*, 83:765-785.
- Gordon, A., Gorlov, A., & Silantiyev, V. (2001). *Limits of The Turbin Efficiency for Free Fluid Flow*, Journal of Energy Resources Technology. 123.
- Gordon, N., Gorlov, A., Silantiyev, A., & Valentin, M. (2008). *Limits of the Turbin Efficiency for Free Fluid* Journal of Energi Resources Technology. 123.
- Gorlov, A. (1998). *Helical Turbines For the Gulf Stream*. Marine Technology, 35, 3.
- Guittet, L., Kusulja, Mile, & Maitre, T. (2005). *Setting up of an Experiment to test Vertical Axis Water Turbines*. Grenoble: Laboratoire des Geophysiquistes et Industriels.
- Haris, A. M., Latief, A. H., & Terti, W. (2009). *Studi Ekperimental Perancangan Turbin Air Terapung Tipe Helical Blades*. Penelitian Engineering, 12, 165-168.
- Hau, E. (2005). *Wind Turbin (Fundamental. Technology, Applications, Economics)2nd Edition*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Jeronimo, Z., Imbault, D., & Tourabi, A. (2007). *Fluid-Structure Interaction and Design of Water Current Turbines IAHR International Meeting of The Workgroup on Cavitation and Dynamic Problem in Hydraulic Machinery and Systems*. Timisoara.
- Lanzafame, R., & Messina, M. (2007). Critical analysis, optimization and application of BEM theory. *Fluid dynamics wind turbin design*.
- Luknanto, D. (2008). *Diklat Kuliah Bangunan Tebaga Air*. Surabaya: ITS.
- Munson, B., Young, D., & Okishi, T. (2005). *Mekanika Fluida Jilid II Edisi 5*. Jakarta: Erlangga.
- Paryatmo, W. (2007). *Turbin Air*. (J. I, Ed.) Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Prasetyadi, A., & Singarimbun, A. (2008). *Discountinuous Galerkin Approach for Obtaining Gorlov Turbine Extracted Power*. Seminar FMIPA ITB, <http://seminar.fmipa.itb.ac.id/icmns2008/viewpaper.php?id=170&print=1>. diakses: 12 April 2014.
- Saleh, Z. (2010). *Model Turbin Gorlov Sebagai Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*. Tesis, Magister Sistem Program Studi Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.
- Sudargana, & Hanafi, A. (2011). *Analisa Karakteristik Hidrodinamik pada Hydrofoil NACA 0012 Dengan Variasi sudut serang 0 sampai dengan 180 menggunakan Computational Fluida Dynamic (CDF)*. PhD diss., Mechanical Engineering Departemen, Faculty of Engineering of Diponegoro University.
- Sudargana, R., & Yuniarso, k. G. (2012). *Analisis Perancangan Turbin Darrieus pada Hydrofoil NACA 0015 dari Karakteristik CL Dan CD pada Variasi Sudut Serang Menggunakan Regresi Linier pada Matlab*. Rotasi, 14, 21-28.
- Zygmunt, A. C., Robert, J., Goodrow, & Antzelevitch, C. (2000). *ventricle.*, "I NaCa contributes to electrical heterogeneity within the canine (Vol. 278). American: American Journal of Physiology-Heart and Circulator Physiology.