

FABRIKASI DAN ANALISIS PROSES MANUFAKTUR CAVITY BLADE TURBIN MODEL GORLOV SEBAGAI CETAKAN FIBERGLASS DENGAN METODE HAND LAY UP (HLU)

Afishiena^{1*}, George Endri Kusuma², Pranowo Sidi³

Teknik Desain dan Manufaktur, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1*}

Teknik Desain dan Manufaktur, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Teknik Desain dan Manufaktur, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: aafishiena@gmail.com¹ kusuma.george@ppns.ac.id² pranowo@ppns.ac.id³

Abstract – Electrical energy is an important source of energy for the people of Indonesia because electrical energy is always used in industrial activities and daily life. Indonesia's power generation capacity has increased by almost 15 Giga Watt (GW) to 69.6 Giga Watt (GW) from 54.7 to 69.6 Giga Watt (GW) in the Turbine last five years. This need will continue to grow because fossil raw materials will gradually be eroded. One of the efforts to utilize energy is the renewable energy of the Picohydro Power Plant which utilizes the flow of the river or sea currents as renewable energy. This research is to design a Gorlov Model Blade mold with fiberglass using the Hand Lay Up method. In the process using the Reverse Engineering method to compare the 3 Manufacturing Processes for making the Gorlov model turbine blade mold. In this study, the first process concept was chosen because the price is cheaper, the process is easy and fast, and has a lighter weight than the existing product. The results of the Gorlov Model Blade Turbine performance test on a river flow with an average speed of 1.59 m/s and a river depth of 300 mm resulted in Blade 732.28 Rpm and produced 3.2 Volts. From these data, it can be said that the turbine can work according to its function. Total Cost of Production (HPP) Rp. 5.570.350

Keyword: Energy, Gorlov, Manufacturing Process, PLTPH, Reverse Engineering

Nomenclature

Nomenclature menyatakan simbol dan keterangan yang kita tampilkan dalam paper

F	Gaya (N);
d	Tinggi blade (m);
ρ	Massa air (kg/m ³);
C_l	Coefisien Lift
v	Kecepatan arus (m/s).
c	Lebar Chord (m);
W	Bobot (kg)
h	Ketinggian benda (m)

1. PENDAHULUAN

Energi listrik adalah sumber energi yang penting bagi masyarakat Indonesia, karena energi listrik selalu digunakan pada kegiatan industri dan dalam kehidupan sehari-hari. Kapasitas pembangkit listrik Indonesia mengalami kenaikan hampir 15 Giga Watt (GW) menjadi 69,6 Giga Watt (GW) dari 54,7 69,6 Giga Watt (GW) dalam lima tahun terakhir. Peningkatan kapasitas pembangkit ini salah satunya ditopang dari tumbuhnya pembangkit berbasis Energi Baru Terbarukan (EBT).

Proses fabrikasi Blade Turbin Model Golov dengan menggunakan teknik pengecoran terdapat kekurangan, pada proses finishing yang sulit dan hasil keakuratan dimensi Blade Gorlov yang kurang presisi, proses finishing dari proses fabrikasi Sand Casting dapat dilakukan dengan machining CNC mill untuk tingkat kepresisiannya tetapi biaya yang dikeluarkan cukup besar. Dampak yang terjadi pada Turbin Gorlov jika

pembuatan Blade turbin yang kurang sesuai dalam dimensinya dapat mempengaruhi daya putar pada Blade sehingga perputaran pada Blade tidak maksimal begitu pula dengan energi listrik yang dihasilkan.

Dengan permasalahan diatas akan direncanakan beberapa analisa metode proses fabrikasi dalam membuat Blade Turbin Gorlov. Tujuannya agar pada proses pembuatan Blade Turbin Model Gorlov membutuhkan biaya yang murah, fungsi yang sama serta menghasilkan keakuratan dimensi yang sesuai. Kegunaan material diperhatikan dalam merancang turbin disebabkan faktor korosi pada turbin untuk pemakaian jangka panjang.

2. METODOLOGI.

2.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam tahap pembuatan, penyaringan, penilaian dan pemilihan konsep dibuat menggunakan Metode Reverse Engineering. Daftar kebutuhan yang dibutuhkan dibuat dan dibuat tiga konsep untuk pengembangan proses fabrikasi yang terbaik. Adapun langkah-langkah yang digunakan sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah dan Rumusan Masalah.
2. Studi Literatur.
3. Kajian Produk Existing
4. Mengumpulkan Data
5. Menentukan Modeling Desain Blade Turbin Gorlov
6. Menentukan Proses Fabrikasi
7. Memilih Proses Fabrikasi
8. Fabrikasi Blade

9. Pengujian Alat
10. Menganalisa Proses Fabrikasi
11. Rencana Anggaran Biaya
12. Kesimpulan Penelitian.
13. Saran dan Perbaikan.

2.2 Reverse engineering

Reverse engineering dapat juga didefinisikan sebagai segala aktivitas dalam mempelajari cara kerja suatu produk atau mempelajari gagasan ataupun teknologi dalam mengembangkan suatu produk untuk mengetahui kelemahan dari produk sehingga dari kekurangan tersebut dapat diberikan solusi agar mendapatkan produk baru yang lebih baik.

2.3 Turbin Gorlov

Turbin Helix Gorlov merupakan buah karya dari Prof. Alexander M Gorlov yang memodifikasi Turbin *Darrieus* dengan *Blade* berbentuk *heliks*. Pengembangan yang terus menerus, yang efisien, cenderung murah dan ramah lingkungan. Jenis turbin Gorlov dengan ukuran 6 inchi yang mempunyai dua sudu dapat menghasilkan daya hingga 10 Watt pada kecepatan air 3 knot (1,543 m/s).

2.4 Gaya Hidrodinamik

Gaya hidrodinamik terjadi karena aliran yang masuk ke *Blade* turbin menghasilkan torsi yang mendorong *Blade* sehingga turbin dapat berputar. Gaya hidrodinamik dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain sifat fluida, kecepatan fluida, dan luas dari dimensi *blade* turbin.

$$F = 0.5 * \rho * v * c * h * Cl \quad (1)$$

2.5 Generator

generator adalah alat pengkonversi energi dari bentuk energi mekanik menjadi energi listrik. Dalam pengaplikasiannya, terdapat 2 jenis generator yaitu generator AC dan generator DC.

2.6 NACA Airfoil (Tipe Blade)

NACA airfoil adalah salah satu bentuk bodi aerodinamika sederhana yang berguna untuk dapat memberikan gaya angkat tertentu terhadap suatu bodi lainnya dan dengan bantuan penyelesaian matematis sangat memungkinkan untuk memprediksi berapa besarnya gaya angkat yang dihasilkan oleh suatu bodi airfoil.

2.7 Daya Air dan Turbin

Besarnya energi yang dihasilkan oleh turbin merupakan energi poros yang diperoleh turbin dari energi aliran air. Daya keluar poros turbin adalah daya yang *output* yang dihasilkan oleh turbin.

$$P_{fv} = \frac{1}{2} * \rho * V^3 * A \quad (2)$$

2.8 3D Printing

3D printing merupakan konsep langsung dimana suatu objek dibuat yang diawali dari hal kosong dan menambah material satu lapisan tiap waktu hingga mendapat objek akhir.

2.9 Proses Pengecoran Logam

Proses pengecoran logam adalah suatu proses manufaktur yang menggunakan logam cair dan cetakan untuk menghasilkan *part* dengan bentuk yang mendekati bentuk geometri akhir produk jadi. Logam cair akan dituangkan ke dalam cetakan yang memiliki rongga sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Setelah logam cair memenuhi rongga dan kembali ke bentuk padat, selanjutnya cetakan disingkirkan dan hasil cor dapat digunakan untuk proses berikutnya.

2.10 CNC Milling

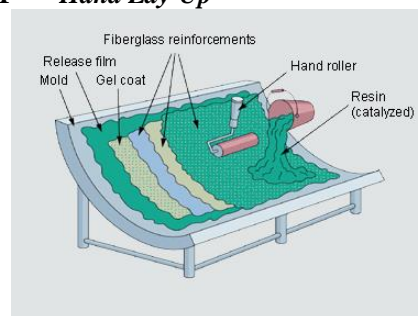
Mesin CNC yang memiliki sistem pemrograman CNC dengan menggunakan *software* yang terinstal dalam personal computer sebagai pengontrolnya. Menurut Zhu, ditinjau berdasarkan teknik pengontrolannya, terdapat beberapa jenis sistem kendali mesin perkakas CNC, diantaranya sistem kontrol loop terbuka (*open loop control system*) dan sistem kontrol loop tertutup (*closed loop control system*). perhitungan *spindle speed*.

$$n = \frac{1000 * CS}{\pi * d} \quad (3)$$

perhitungan untuk menentukan *feed rate* :

$$V_f = f_z * z * x * n \quad (4)$$

2.11 Hand Lay-Up



Metode *Hand Lay-Up* merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana merupakan metode pertama dalam pembuatan komposit. metode *Hand Lay-Up* lebih ditekankan untuk pembuatan produk yang sederhana dan hanya menuntut satu sisi saja yang memiliki permukaan halus.

Gambar 1. Proses Hand Lay-Up

3. Analisa dan Pembahasan

3.1 Spesifikasi Blade Turbin Gorlov

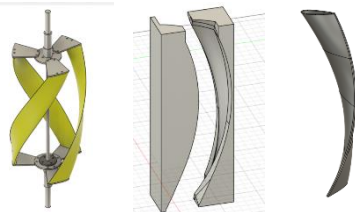
Pada tabel 1.1 menunjukkan spesifikasi *blade* turbin yang digunakan dalam pembuatan desain.

Tabel 1. Spesifikasi Blade Turbin Gorlov

Dimensi Turbin Gorlov	
Angel of Attack	10°
Chord Length	90 mm
Diameter	250 mm
Helix Angle	120°
Number of Blades	3
Height	500 mm
Rasio	1:2

3.2 Pembuatan Modeling Desain Blade Turbin Gorlov

Pada proses membuat *modeling Blade* menggunakan *Software Autodesk Fusion 360*. Dimana berfokus pada membuat cetakan dari *blade* dan kemudian akan dilakukan *laminating* dengan *Fiberglass* menggunakan metode *Hand Lay Up*. Direncanakan pada gambar dibawah ini *modeling Turbin model gorlov* dan desain cetakan yang akan diaplikasikan.



Gambar 2. Desain Turbin Gorlov

3.3 Pembuatan Konsep Fabrikasi

Pada proses ini dilakukan analisis terhadap proses manufaktur yang direncanakan dimana ada 3 tipe proses manufaktur yang akan dianalisis yaitu *3D Printing Fused Deposition Modeling*, *Machining CNC Mill* dan *Sand Casting*. Diharapkan pada proses fabrikasi tersebut dipilih salah satu proses yang tepat terhadap harga dan waktu pembuatan 1 set *Blade Turbin Gorlov*.

3.4 Analisa Waktu Proses Fabrikasi

Pada analisa yang dilakukan menggunakan *software* dalam memperoleh data dari tiga proses fabrikasi yang direncanakan didapatkan kesimpulan waktu dijelaskan pada tabel 1.2

Tabel 1. 2 Hasil Analisis Waktu Proses Fabrikasi

No	Proses Fabrikasi	Software	Waktu
1	3d printing Fused Deposition Modelling	Ultimaker Cura	85 jam 20 menit
2	Machining CNC mill	Autodesk PowerMill	3 jam 52 jam
3	Pengecoran Logam	Autodesk PowerMill	4 jam 52 jam

3.5 Dimensi dan Berat

Dimensi dan berat ditujukan untuk spesifikasi fisik dari produk tersebut. Apakah produk tersebut dapat dibawa oleh minimal dua orang atau tidak. Berdasarkan beberapa proses fabrikasi yang direncanakan didapatkan pada tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Dimensi dan Berat

No	Proses	Dimensi	Berat
----	--------	---------	-------

	Fabrikasi	(mm)	
1	Proses Fabrikasi 1	500 x 90 x 5	1000 gr
2	Proses Fabrikasi 2	600 x 120 x 120	22.464 gr
3	Proses Fabrikasi 3	610 x 120 x 120	47.433

3.6 Pemilihan Konsep

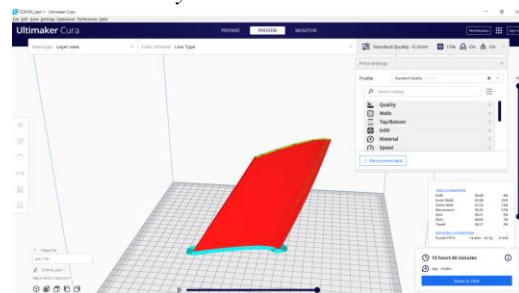
Pemilihan berdasarkan 5 kriteria dan sebelumnya dilakukan penilaian dari setiap aspek seleksi. Hasil dari penilaian selanjutnya diseleksi dengan metode dan didapatkan hasil pada Tabel 1.4 berikut.

Tabel 1.4 Pemilihan Konsep

No	Kriteria Seleksi	Bobot (%)	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			Ra te	S ko r	Ra te	Sk or	Ra te	Sk or
1.	Waktu	20	3	0,6	5	1	4	0,8
2.	Proses Fabrikasi	25	4	1	4	1	3	0,7
3.	Perawatan	15	3	0,4	4	0,6	4	0,6
4.	Dimensi dan Berat	20	5	1	3	0,6	3	0,6
5.	Biaya	20%	5	1	3	0,6	4	0,8
Total skor			20	4,0	19	3,8	18	3,5
Ranking			1		2		3	
lolos fabrikasi			Ya		Tidak		Tidak	

3.7 Fabrikasi Cavity Konsep

Konsep dibuat dari proses pembuatan cetakan desain dengan *3D printing* dengan bahan dasar filament PETG. Teknik *printing* dengan dasar ilmu dari untuk *setting* dan parameter proses untuk meminimalisir jumlah support akibat permukaan melayang dari produk *printing*. *Software printing CURA* dan mesin *printer ENDER Creativity*.



Gambar 3. Fabrikasi Cetakn Blade Turbin Gorlov

3.8 Fabrikasi Blade

Konsep dibuat dari proses pembuatan cetakan desain dengan *3D printing* menggunakan filament PETG, *laminating fiberglass*, dengan metode *hand lay up*, *finishing* dengan *clear coat* hingga bening dan mengkilap sebagai fungsi estetik.



Gambar 4. Fabrikasi blade turbin

3.9 Pengujian Alat

Pada penelitian ini merencanakan menguji alat dengan beberapa tahapan dimana yang pertama dilakukan pengujian Turbin Model Gorlov dengan dialiri air sungai tanpa ada beban dari generator dan lampu, kemudian dilakukan pengujian dengan diberikan beban Generator dan lampu pada Blade turbin Model Gorlov.

Tabel 1. 5 Hasil Pengujian RPM Turbin

Jam	RPM Turbin	RPM Generator	V (volt)
12.0 0	332	526	3,5
13.0 0	298	523	2,8
14.0 0	340	541	3,6
15.0 0	280	376	2,6
16.0 0	312	584	3,1
17.0 0	316	565	3,4

3.10 Hasil Perbandingan Produk Existing

Selanjutnya ada perbandingan antara desain sebelumnya dengan konsep desain yang terpilih dengan perbandingan data menurut Tabel 1.6 sebagai berikut.

Tabel 1. 6 Perbandingan dengan Produk Existing

Product	Aspek			
	Type Blade Turbin	Material	Bobot total (kg)	Nilai Uji (RPM)
Existing Design	NACA 0018	Aluminium Cor	4.2	75
New Design	NACA 0018	Fiberglass	2.5	313

3.11 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Untuk perencanaan anggaran biaya dapat diketahui konsep memerlukan Biaya Bahan Baku untuk pembuatan Cetakan serta Blade Turbin Model Gorlov Rp. 2.434.350, Biaya Tenaga Kerja Langsung sebesar Rp. 1.100.000, Biaya Pengujian sebesar Rp. 262.000 dan Biaya Overhead sebesar Rp. 2.036.000 Sehingga didapatkan total biaya untuk pembuatan Turbin Model Gorlov sebesar Rp. 5.570.350.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan eksperimen dan analisis data yang telah dilakukan dan diselesaikan, maka

didapatkan hasil Tugas Akhir dengan judul “Analisis dan Fabrikasi Proses Manufaktur *Cavity Blade* Turbin Model Gorlov Sebagai Cetakan *Fiberglass* dengan Metode *Hand Lay-Up* (HLU)” dapat ditarik sebagai berikut :

1. Perancangan *Modeling Blade* Turbin Gorlov dibantu dengan menggunakan *Software Autodesk Fusion 360*, dari spesifikasi yang telah ditentukan, dilanjutkan pemilihan konsep Fabrikasi berdasarkan 4 aspek yaitu Waktu, Proses Fabrikasi, Perawatan, Dimensi dan Berat, dan Biaya dengan menggunakan metode *Reverse Engineering* untuk mendapatkan proses fabrikasi yang terbaik, dari ketiga konsep desain yang telah dibuat, konsep 1 mendapatkan nilai 27, sehingga dipilahlah konsep 1 sebagai konsep Fabrikasi untuk membuat Turbin Model Gorlov.

2. Fabrikasi turbin gorlov dibagi menjadi 3, fabrikasi cetakan *blade*, proses *laminating* cetakan *blade* dengan *fiberglass* menggunakan metode *Hand Lay-Up* dan fabrikasi *frame*, dalam pembuatan cetakan *blade* dilakukan dengan *3D Printing* menggunakan *filament ABS*, sedangkan *laminating fiberglass* menggunakan tipe WR 6, Matt 200 dan resin polyester sebagai perekatnya yang nantinya dilakukan pada cetakan dengan metode *Hand Lay-Up*. *Frame* dibuat menggunakan Plat L tebal 5 mm, *Frame* L tersebut di las sesuai dengan gambar *detail drawing*.

3. Pada harga pokok produksi didapatkan berdasarkan biaya selama produksi berlangsung. Harga pokok produksi didapatkan dari perhitungan beberapa biaya, diantaranya Biaya Bahan Baku, Biaya Tenaga Kerja Langsung dan Biaya *Overhead*, pada Biaya Bahan Baku untuk pembuatan Cetakan serta *Blade* Turbin Model Gorlov ini Rp. 2.434.350, lalu Biaya Tenaga Kerja Langsung sebesar Rp. 1.100.000, dan Biaya *Overhead* sebesar Rp. 2.036.000 Sehingga didapatkan total biaya untuk pembuatan Turbin Model Gorlov sebesar Rp. 5.570.350.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada keluarga penulis Nenek Maria Ulfah, Ayah Pradito Hasibuan, Ibu Mahsusiayah yang selalu mendukung penulis, memberikan saran dan semangat, Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA sebagai Direktur Utama Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng. sebagai Kepala Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Bapak Pranowo Sidi, S.T., M.T. sebagai kaprodi D4 Teknik Desain dan Manufaktur, Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng. selaku Dosen pembimbing 1 penulis dan Bapak Pranowo Sidi, S.T., M.T. selaku

Dosen Pembimbing 2 penulis yang keduanya membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir, Bapak Rizal Indrawan, S.ST., M.T. selaku koordinator tugas akhir Teknik Desain dan Manufaktur. Semua teman-teman Teknik Desain dan Manufaktur 2018 yang cukup membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir.

Model Gorlov Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) Memanfaatkan Energi Arus Aliran Sungai.

7. PUSTAKA

- [1] Anderson, J., dan Huges, B. (2011). *Design and Manufacture of a Cross-Flow Helical Tidal Turbine. Capstone Project Report*
- [2] Aryasa Y. Kusuma, G. E., dan Moballa. B. (2019) Rancang Bangun Sistem Transmisi untuk Memaksimalkan Putaran *Horizontal Turbine* pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) *Portable*.
- [3] Campbell, J. (2003). *The New Metallurgy of Cast Metal Castings. 2nd ed Burlington: Butterworth-Heinemann.*
- [4] Chern, M. J., Tewolde, D., dan Vaziri, N. (2020) *Vertical-Axis Wind Turbine Blade-Shape Optimization Using a Genetic Algorithm and Direct-Forcing Immersed Boundary Method.*
- [5] Fajarudin, H (2019) Kekuatan Tarik Material *Fiber Carbon* dan *Fiberglass* Berdasarkan Orientasi Serat Berbasis Matriks Epoxy.
- [6] Gorlov, A. M. (2001). *Limits of the Turbine Efficiency for free fluid flow. Energy Resources Technology.*
- [7] Hendrawati, D., dan Herlambang, Y. D. (2019) Pengembangan Model Turbin Gorlov Menggunakan Sudu Aerofoil *NACA 0018 Series* Berbasis Konstruksi *Helical/Twist* Terhadap Variasi Sudut Sudu.
- [8] Kurniawan, I (2014) Kajian Eksperimental dan Numerikal Turbin Air *Helical Gorlov* Untuk *Twist Angle* 60° dan 120°.
- [9] Niblick, A. L. (2012). *Experimental and Analytical Study of Helical Cross-Flow Turbines for a Tidal Micropower Generation System.*
- [10] Purnama, A. C., Hantoro, R., dan Nugroho, G., (2013) Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe *Savonius* dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran.
- [11] Rohman, W. N., Kusuma, G. E., dan Setiawan, T. A. (2020) Rancang Bangun Turbin