

RANCANG BANGUN TURBIN HELIKS ALIRAN DATAR TIPE L C500

¹Novrinaldi, ²Aidil Haryanto, dan ³Umi Hanifah

^{1,2,3}Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI, Jl. K.S. Tubun No. 05 Subang 41213

E-mail : ¹naldi.novri@gmail.com, ²aharyant03@gmail.com, ³umihanifah81@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan penelitian Perancangan Turbin Air Aliran Datar tipe L C500 di Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna – LIPI Subang. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan turbin air aliran datar tipe heliks dengan memanfaatkan arus aliran sungai atau saluran irigasi. Turbin air berfungsi untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Energi mekanik kemudian diubah menjadi energi listrik menggunakan generator. Perancangan turbin air aliran datar ini mengacu pada turbin heliks yang sudah dikembangkan yakni turbin Gorlov yang memanfaatkan arus pasang surut laut sebagai sumber energi penggerak runner turbin. Turbin Gorlov yang sudah dikembangkan menggunakan profil sudu berupa hidrofoil simetri NACA 0015 yang bekerja berdasarkan gaya lift. Untuk pengembangan yang dilakukan saat ini adalah turbin air heliks dengan menggunakan profil sudu hidrofoil simetri NACA 0020 yang bekerja berdasarkan gaya lift. Turbin heliks yang akan dibuat memiliki tinggi total 2610 mm dan lebar 2279,66 mm. Turbin ini terdiri dari komponen utama yakni rangka dengan panjang 2279,66 mm, lebar 1600 mm dan tinggi 2000 mm yang terbuat dari baja ST 42; blade/sudu dengan profil NACA 0020, panjang chord 500 mm, tinggi 1250 mm dan diameter 1000 mm dengan sudut puntir sebesar 63° dan terbuat dari fiberglass sebanyak 3 buah blade. Komponen utama lainnya adalah as yang berfungsi sebagai poros dari blade yang dihubungkan oleh jari-jari. Komponen as terbuat dari baja ST 42 dengan diameter 50 mm dan panjang 2276 mm. Dari perhitungan yang dilakukan daya yang akan dihasilkan nanti oleh turbin adalah sebesar 432 Watt dengan efisiensi mencapai 40 %.

Kata kunci : Turbin air heliks, runner, aliran datar, Blade, NACA

1. Pendahuluan

Dengan meningkatnya kebutuhan listrik dan semakin mahalnya minyak dunia diperlukan pengembangan lebih lanjut sumber energi alternatif. Oleh karena itu, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna (B2PTTG) – LIPI mencoba untuk membuat dan merancang turbin air dengan kapasitas 500 Watt.

Kebutuhan akan energi yang ramah lingkunganpun ikut berperan dalam pengembangan energi alternatif ini, karena seperti diketahui bersama bahwa energi yang berasal dari bahan bakar fosil dapat merusak lingkungan. Hasil dari pembakaran bahan bakar fosil berupa gas karbondioksida akan menyebabkan terjadinya pemanasan global yang dapat mengancam kehidupan manusia. Di Indonesia, sebenarnya cukup banyak sumber-sumber energi alternatif yang tersedia akan tetapi sumber energi air yang paling memiliki potensi untuk pengembangan yang lebih baik dan juga energi air yang ada di alam sangat melimpah khususnya di Indonesia.

Pada penelitian ini telah dikembangkan turbin air aliran datar/saluran irigasi yang bersifat teknologi tepat guna dengan memanfaatkan ketersediaan bahan baku lokal sehingga diharapkan dapat dengan mudah diadopsi masyarakat pengguna khususnya di lokasi penduduk yang mempunyai pola pemukiman menyebar. Tipe turbin yang direncanakan untuk dikembangkan adalah turbin heliks tipe L C500 yang merupakan pengembangan dari turbin air yang mengacu pada prinsip kerja turbin gorlov yang selama ini sudah dikenalkan. Turbin gorlov memiliki karakteristik di antaranya mempunyai efisiensi yang dikatakan paling tinggi dan konstan dibandingkan jenis turbin arus air lainnya pada kecepatan arus air yang rendah sebesar 35 %, turbin gorlov dapat mulai berputar pada air yang memiliki kecepatan 0,6 m/s, dapat berputar pada arah yang sama walaupun arah arusnya berbeda karena bladenya yang berbentuk heliks dan memiliki sudu turbin berupa hidrofoil yang mekanisme kerjanya berdasarkan gaya lift, dapat dipasang dengan arah sumbu rotor baik vertikal maupun horizontal.

Perbandingan efisiensi dan daerah operasi turbin gorlov dengan turbin arus air lainnya seperti pada tabel di bawah.

Tabel 1. Efisiensi dan Daerah Operasi Turbin Arus Air

Turbin	Efisiensi (%)	Daerah Operasi (m/s)
Garman	15 - 18	> 0,5
Tyson	16	>0,5
Savonius	19	> 2
SeaFlow	20	> 2
Darrieus	23	> 2
Gorlov	35	> 0,6
Verdant	43	> 2

2. Metodologi Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

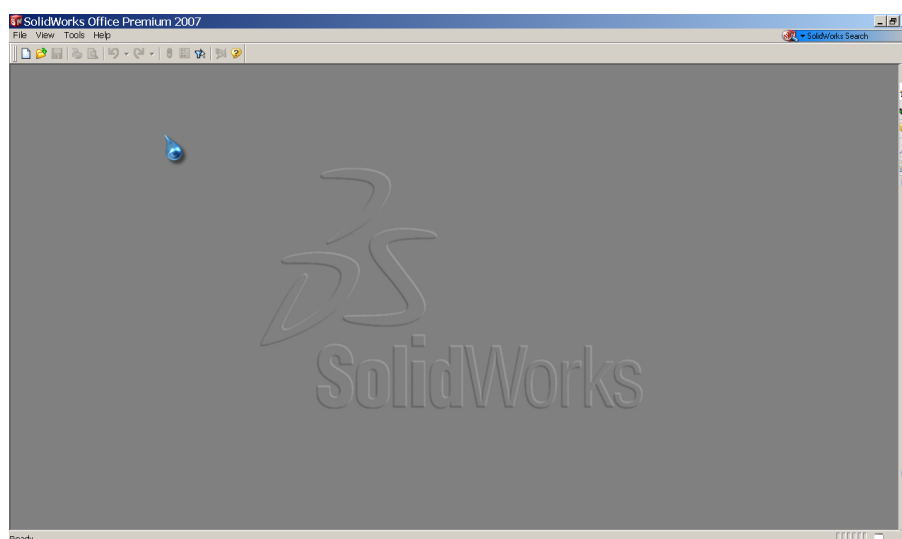
Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2011 di Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna - LIPI Subang Jawa Barat. Survei potensi aliran air dilakukan di saluran induk irigasi Tarum Timur BTT 33 sampai BTT 40 (Kec. Purwadadi dan Kec. Cikaum Kabupaten Subang).

2.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan untuk membuat rancang bangun turbin heliks tipe L C500 adalah komputer yang dilengkapi dengan software Solidworks untuk mendesain turbin dan peralatan-peralatan bengkel yang biasa digunakan untuk menkonstruksi turbin.

Solidworks adalah perangkat lunak otomasi desain mekanik yang menggunakan *graphical user interface Microsoft Windows*. Perangkat lunak ini merupakan alat bantu yang mudah dipelajari dan memungkinkan seorang desainer mekanik dengan cepat

menguraikan secara ringkas ide-ide atau gagasannya, bereksperimen dengan berbagai fitur serta dimensi, dan membuat model dan gambar yang detail.



Gambar 1. Layout software solidworks

Bahan yang digunakan dalam pembuatan turbin heliks L C500 ini meliputi bahan rekayasa dan bahan pendukung. Bahan rekayasa terdiri dari campuran Mat fiberglass, resin, epoxy, Cat, Hardener, Polyueretan, (bahan pembuat *blade*), ST42 (bahan as, *flens* dll), besi kanal U. Sedangkan bahan pendukung meliputi kawat elektroda, piringan gerinda potong, baut dan mur, *bearing* dan sejenisnya.

2.3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Kepustakaan : Untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan perancangan turbin heliks/gorlov yang digunakan sebagai refensi.
2. Metode Studi Lapangan : Melakukan survey dan observasi secara langsung terhadap potensi aliran sungai untuk mengetahui kecepatan dan kedalaman aliran air yang digunakan sebagai salah satu dasar perancangan turbin.
3. Metode perancangan : melakukan perhitungan yang terkait dalam perancangan (perhitungan dimensi, gaya yang bekerja), dan pemilihan bahan yang digunakan serta membuat gambar detail dengan software solidworks.
4. Metode Pembuatan : Pelaksanaan pembuatan turbin meliputi proses manufacturing (pengecoran blade, pembuatan rangka), pemotongan, pengeboran, dan lainnya

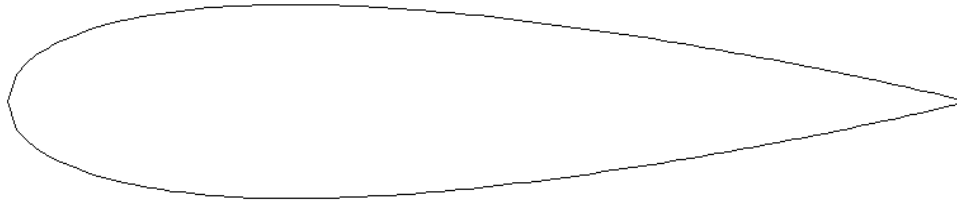
3. Hasil dan Pembahasan

Turbin heliks/gorlov tipe L C500 dirancang untuk pemenuhan kebutuhan listrik daerah yang belum teralirkan listrik. Turbin heliks tipe L C500 ini merupakan pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPH) dengan kapasitas maksimal 500 Watt. Turbin ini dapat dimanfaatkan/digunakan pada aliran datar yang tidak memerlukan *head* tinggi akan tetapi memiliki kecepatan air minimal 0.6 m/s untuk menggerakkan turbin heliks tipe L C500.

Perancangan turbin heliks tipe L C500

1. *Blade* Turbin

Blade turbin terbuat dari bahan campuran Mat fiberglass, resin, epoxy, Cat, Hardener, Polyuretanan. Turbin L C500 memiliki tiga buah *blade* dengan tinggi 1250 mm dan profilnya menggunakan NACA 0020 dengan panjang *chord* 500 mm.



Gambar 2. Profil NACA 1020

2. *Shaft* (poros)

Dari persamaan-persamaan di bawah ini maka kita dapat melakukan perencanaan diameter *shaft* (poros) yang akan dirancang. Untuk menentukan daya (P) yang tersimpan pada air dapat menggunakan :

$$P_{air} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad \dots (1)$$

$$P_{turbin} = \eta P_{air} \quad \dots (2)$$

Torsi turbin (T) yang dihasilkan :

$$P_{turbin} = \omega T \quad \dots (3)$$

Diameter (d) *shaft* (poros) yang didapatkan, untuk *shaft* berbahan *steel* :

$$d(\text{cm}) = 0,41 \sqrt[4]{T} \quad \dots (4)$$

Keterangan :

P_{air} = daya yang tersimpan pada air (watt)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

A = luas penampang (m^2) = diameter x tinggi turbin

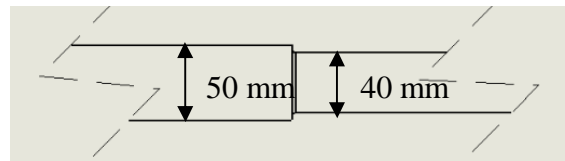
v = kecepatan air (m/s)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

T = torsi (Nm)

d = diameter shaft (cm)

Berdasarkan data dari survei lapangan, kecepatan air (v) 1,2 m/s, asumsi efisiensi 40%, *tip speed ratio* sebesar 2 sehingga didapatkan kecepatan sudut (ω) 4,8 rad/s. Dari data dan persamaan di atas didapatkan diameter *shaft* (poros) yang harus dianjurkan minimal sebesar 40 mm.



Gambar 3. Shaft

3. Desain Jari-Jari Turbin

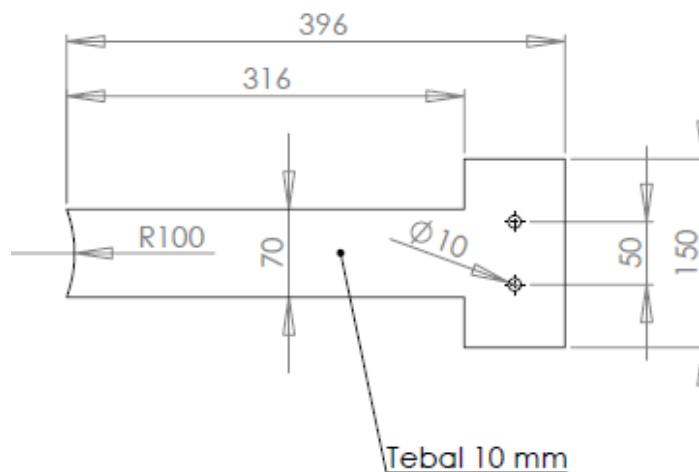
Untuk perhitungan jari-jari turbin agar turbin dapat menahan blade mengacu pada persamaan di bawah ini dimana ketebalan dan lebar jari-jari memiliki pengaruhnya masing-masing.

$$f = \frac{F.L^3}{3EI} \quad \dots (5)$$

$$I_{xx} = \frac{b.h^3}{12} \quad \dots (6)$$

$$I_{yy} = \frac{h.b^3}{12} \quad \dots (7)$$

Berdasarkan persamaan di atas maka perhitungan terhadap desain jari-jari turbin didapatkan seperti di bawah ini.



Gambar 4. Desain Teknik Jari-Jari

4. Perencanaan Rangka Turbin

Untuk membuat rangka turbin diperlukan data-data penunjangnya seperti kedalaman air, lebar saluran, dimensi turbin, massa turbin agar rangka dapat menjadi dudukan maupun penopang turbin.

Adapun data-data di atas telah didapatkan berdasarkan perhitungan dan hasil survey yang dilakukan sebagai berikut :

1. Kedalaman sungai/saluran irigasi : ± 2 m
2. Lebar saluran : $\pm 2,7$ m
3. Dimensi turbin : $\varnothing 1$ m, tinggi : 1,25 m
4. Massa turbin :

Dengan menggunakan persamaan dibawah ini kita dapat mendapatkan massa turbin :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots (8)$$

Blade terbuat dari campuran Mat fiberglass, resin, epoxy, Cat, Hardener, Polyueretan $\rho = 1250 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ dengan volume satu *blade* sebesar $0,043 \text{ m}^3$. Sehingga didapatkan massa total turbin dengan tiga *blade* ± 165 kg

5. Massa *Shaft* (poros)

Dengan menggunakan persamaan (4) dapat ditemukan massa dari *shaft* (poros) turbin dimana material *shaft* adalah ST 42 atau AISI 1020 dengan $\rho = 7900 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan panjang *shaft* 2,24 m adalah 30,81 kg.

6. Massa Jari-Jari Turbin

Massa total yang didapatkan untuk jari-jari (penghubung *blade* dengan *shaft*) sebesar 20,62 kg.

Setelah data–data tersebut diperoleh maka dengan menggunakan *Cosmosworks* yang merupakan aplikasi dari Solidworks dapat dibuat rangka yang aman untuk dudukan turbin L C500.

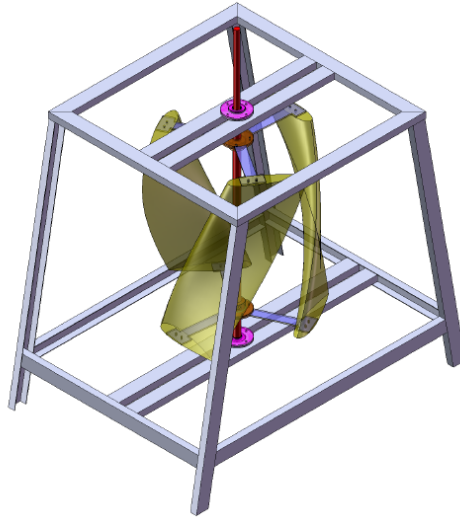
1. Hasil Perancangan

Gambar 5 memperlihatkan foto/gambar prototipe turbin yang telah dibuat.



Gambar 5. Prototipe Turbin L C500

Gambar 6 menunjukkan hasil desain perancangan turbin L C500 dengan menggunakan Software Solidworks yang telah mengalami perbaikan dari desain prototipe sebelumnya.



Gambar 6. Model/Desain Turbin L C500

Gambar 7 merupakan hasil perancangan dan pembuatan blade turbin.



Gambar 7. Blade

4. Kesimpulan

Telah berhasil dirancang bangun sebuah turbin aliran datar tipe L C500 dengan spesifikasi diameter turbin 1000 mm, tinggi turbin 1250 mm, jumlah *blade* 3 buah, bentuk *blade* dengan profil NACA 0020 panjang *chord* 500 mm. Turbin ini dirancang untuk menghasilkan daya 432 Watt pada kecepatan arus air sebesar 1,2 m/s dengan efisiensi 40 %.

5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini merupakan bagian dari program tematik DIPA B2PTTG-LIPI Subang Jawa Barat pada tahun 2011 dengan Judul "PENGEMBANGAN PIKOHIDRO UNTUK SUMBER ENERGI USAHA PRODUKTIF : PENGEMBANGAN TURBIN ALIRAN DATAR/SALURAN IRIGASI". Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh anggota team peneliti dan para teknisi B2PTTG - LIPI atas bantuan dalam kegiatan dan kerjasama Litbang ini.

6. Daftar Pustaka

<http://www.hydrovolts.com>, 2011.

<http://id.wikipedia.org>, 2011.

Khurmi, R.S., and J.K. Gupta (1982). *Machine Design*. Third Edition. New Delhi : Eurasia Publishing House (Pvt) LTD.

Maitra, Gitin M., and L.V. Prasad (1995). *Handbook Of Mechanical Design*. Second Edition. New delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.

Manual *Solidworks*.

Schlichting, Hermann, dkk. (1979). *Aerodynamics of the Airplane*. New delhi : Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.