

Manufaktur Bilah Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) Tipe Taperless Menggunakan Airfoil ClarkZ Untuk TSD – 500Watt

Hafidzan Guaribumedian, Tri Sigit Purwanto

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: hafidzan.d@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

*Bilah merupakan suatu komponen yang terdapat pada turbin angin yang memiliki peran sangat penting karena bilah adalah komponen yang berinteraksi langsung dengan angin. Bilah berfungsi untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi mekanik. Manufaktur merupakan suatu proses pengolahan bahan baku menjadi suatu produk, dalam hal ini membentuk kayu menjadi bilah. Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui metode yang digunakan, apa saja proses, alat dan bahan dalam manufaktur bilah. Metode yang digunakan pada proses manufaktur bilah ini yaitu metode manual mesin dengan menggunakan mesin ketam, mesin gerinda, dan mesin bor, kemudian dilanjutkan dengan quality control dan balancing. Pada tulisan kali ini Penulis menggunakan kayu mahoni (*Swietenia macrophylla*) sebagai bahan baku utama untuk dijadikan bilah, karena kayu mahoni memiliki tingkat kekerasan dan kelenturan yang baik. Jika sudah di tahap balancing lakukan pengecekan menggunakan mal negatif secara berkala agar tidak terjadinya pemakanan yang berlebih.*

Kata kunci: Manufaktur, Bilah, Taperless

ABSTRACT

*The blade is a component contained in the wind turbine which has a very important role because the blade is a component that interacts directly with the wind. The blade functions to convert wind energy into mechanical energy. Manufacture is a process of processing raw materials into a product, in this case forming wood into slats. This paper aims to determine the method used, what processes, tools and materials are used in manufacturing blades, then proceed with quality control and balancing. The method in this blade manufacturing process is the manual machine method using a planer machine, grinding machine, and drilling machine. In this paper the author uses mahogany (*Swietenia macrophylla*) as the main raw materials for making blades, because mahogany wood has a good level of hardness and flexibility. If the balancing stage is over, check using the negative mal periodically so that there is no excessive feeding.*

Keywords: Manufacture, The Blade, Taperless

1. PENDAHULUAN

Pada saat sekarang ini, energi sangat diperlukan dan tidak luput dari kebutuhan sehari – hari manusia dalam melakukan aktivitas (**Vananda. & Iskandar, 2014**). Namun pada hari ini, sumber energi, khususnya yang berasal dari minyak bumi (*non – renewable energi*), tingkat ketersediaannya semakin menipis semakin harinya (**Sarwanto, Budiarto, & Zakki, 2016**). Pengolahan serta pemanfaatan energi yang bersumberkan minyak bumi dapat menyebabkan pemanasan global dan tingkat polusi udara yang tinggi. Pemanfaatan *renewable* energi, khususnya energi angin merupakan salah satu alternatif untuk menanggulangi hal tersebut.

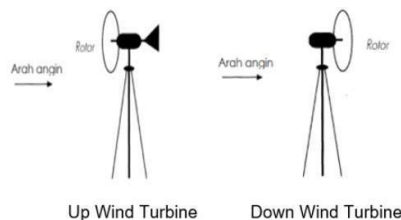
Kecepatan angin rata – rata di Indonesia memiliki rentang 3 – 6 m/s, dan termasuk dalam kelas IV (*very low speed*). Untuk dapat memanfaatkan energi angin diperlukan suatu alat atau mesin yang dapat mengkonversikannya menjadi energi listrik, yaitu turbin angin. Bilah merupakan komponen yang penting pada turbin angin, karena berfungsi untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi mekanik yang nantinya akan dikonversikan oleh generator menjadi energi listrik. Berdasarkan paparan di atas, Penulis mengangkat judul Manufaktur Bilah *Horizontal Axis Wind Turbine* (HAWT) Tipe *Taperless* Menggunakan *Airfoil Clark Z* Untuk TSD – 500 Watt.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Turbin Angin

Turbin angin merupakan sebuah mesin konversi energi yang merubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik berupa putaran pada rotor yang diteruskan ke generator, yang nantinya akan diubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin angin dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

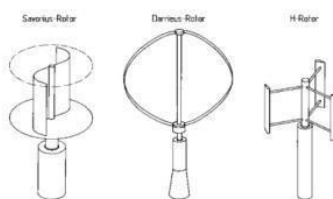
a. Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)



Gambar 1. Horizontal Axis Wind Turbine (Piggott, 1997)

Turbin angin sumbu horizontal merupakan suatu turbin angin yang mana sumbu generator berputar pada bidang horizontal dan bilahnya berputar pada bidang vertikal. Turbin angin jenis ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu up wind turbine dan down wind turbine.

b. Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)



Gambar 2 Vertical Axis Wind Turbine (Hau, 2013)

Turbin angin sumbu vertikal merupakan turbin angin yang memiliki generator yang berputar pada bidang vertikal, sedangkan bilahnya berputar pada sumbu horizontal.

2.2. Bilah

Bilah merupakan komponen turbin angin yang berinteraksi langsung dengan angin. Bilah berfungsi untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi mekanik (Inayah, 2016). Berdasarkan jenisnya bilah dibagi menjadi tiga, yaitu:

a. Taper

Bilah jenis ini memiliki chord yang mengecil ke ujung. Bilah jenis ini cocok digunakan pada angin dengan kecepatan tinggi, karena semakin tinggi kecepatan angin maka putaran yang dihasilkan akan semakin tinggi juga.

b. Taperless

Bilah jenis ini memiliki chord yang sama dari pangkal sampai ke ujung. Bilah jenis ini cocok digunakan pada kecepatan angin rendah sampai tinggi.

c. Inverse Taper

Bilah jenis ini memiliki chord yang meembesar ke ujung, sehingga membuatnya cocok digunakan pada kondisi angin kecepatan rendah karena memiliki nilai torsi yang tinggi dibandingkan dengan jenis bilah yang lainnya.

2.3. Manufaktur

Manufaktur merupakan suatu proses pengolahan bahan mentah menjadi suatu produk. Dalam proses manufaktur bilah terdapat dua cara yang dapat digunakan, yaitu secara manual tangan dan manual mesin (Inayah, 2016).

2.4. Kayu Mahoni

Mahoni merupakan pohon berukuran besar yang dapat mencapai ketinggian 35 meter dengan diameter mencapai 125 cm. Kayu mahoni termasuk ke dalam kelas kuat II – III dengan berat jenis 0,61 kg/mm³. Berikut sifat mekanis kayu mahoni (Pintoko, 2019).

Tabel 1. Sifat Mekanis Kayu Mahoni

Keterangan	Nilai	Satuan
Tegangan pada batas proporsi	339	Kg/m ³
Tegangan pada batas patah	623	Kg/m ³
Modulus elastisitas	92	Kg/m ³
Usaha sampai batas proporsi	0.7	Kgm/dm ³
Usaha sampai batas patah	5.1	Kgm/dm ³
Keteguhan pukul radial	14.7	Kgm/dm ³
Keteguhan pukul tangensial	14.7	Kgm/dm ³
Keteguhan tekan sejajar arahserat, tegangan maksimum	360	Kg/ m ³
Kekerasan ujung	377	Kg/m ³
Kekerasan sisi	271	Kg/m ³
Keteguhan geser radial	40.2	Kg/m ³

Keteguhan geser tangensial	42.4	Kg/ m ³
Keteguhan belah radila	51.8	Kg/m ³
Keteguhan belah tangensial	59.3	Kg/m ³
Keteguhan tarik tegak lurus arahserat radial	46.3	Kg/m ³
Keteguhan tarik tegak lurus arahserat tangensial	47.8	Kg/m ³

3. METODOLOGI

Pembuatan dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mempelajari mengenai manufaktur bilah. Kemudian dilanjutkan dengan menyiapkan gambar teknik dan pembuatan mal airfoil. Setelah gambar teknik selesai dibuat, dilakukan persiapan alat yang akan digunakan dan pemilihan bahan kayu. Kayu yang telah dipilih akan dikeringkan terlebih dahulu yang selanjutnya dilakukan proses manufaktur. Setelah proses manufaktur selesai dilakukan quality control untuk mengetahui hasil dari bilah yang telah dibuat. Jika manufaktur bilah sudah sesuai maka dilakukan proses balancing agar bilah siap mengudara.

3.1. Persiapan Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam proses manufaktur bilah, yaitu:

- Alat Alat – alat yang digunakan selama proses manufaktur bilah yaitu mesin ketam, mesin gerinda, gergaji, gergaji ukir, mesin bor duduk, amplas 60, 80, 240, dan 1000, gunting, dan penggaris.
- Bahan Bahan – bahan yang digunakan yaitu balok kayu mahoni dengan ukuran 1 x 0,15 x 0,05 m, lem kayu, triplek kayu, dempul, dan timah

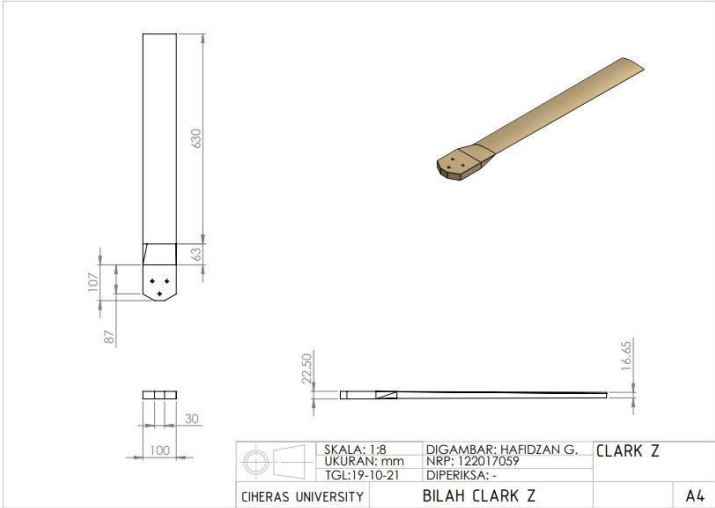
3.2. Pemilihan Bahan

Kayu merupakan pilihan yang paling umum digunakan dalam pembuatan bilah turbin angin dikarenakan sifatnya yang ringan, kuat, mudah dibentuk dan getas. Kayu yang digunakan pada pembuatan bilah sebaiknya adalah kayu yang lunak dan ringan, memiliki serat yang rapat dan bebas dari mata kayu jika memungkinkan. Kayu yang dipilih pada proses manufaktur ini adalah kayu mahoni (*Swietenia macrophylla*) karena kayu mahoni memiliki tingkat kekerasan dan kelenturan yang baik, namun alasan utama dipilihnya kayu mahoni adalah karena ketersediaan kayu mahoni yang melimpah di wilayah kerja praktik penulis.

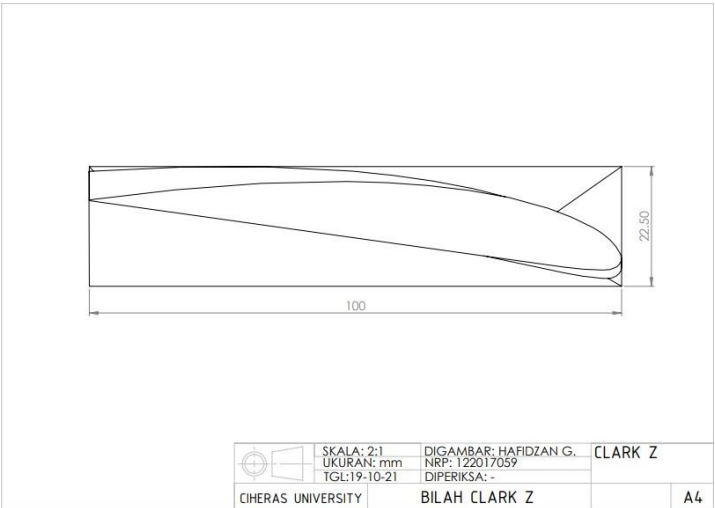
3.3. Geometri Bilah

Sebelum masuk ke proses manufaktur, kita harus mengetahui geometri dari bilah yang akan kita buat terlebih dahulu. Adapun geometri yang harus diketahui yaitu jari – jari atau panjang bilah, sudut puntir, dan lebar bilah atau chord. Untuk mendapatkan nilai – nilai dari geometri tersebut dilakukan perhitungan dan simulasi menggunakan metode Blade Elemen Momentum (BEM), kemudian geometri tersebut berupa gambar teknik sebagai berikut :

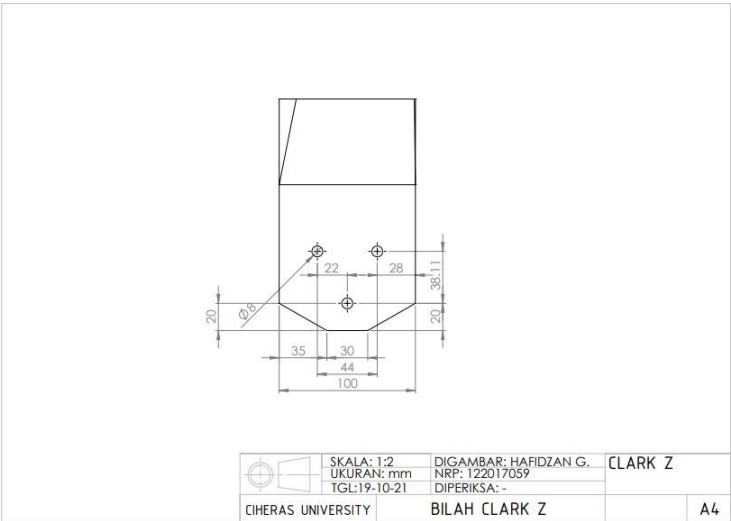
Manufaktur Bilah Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) Tipe Taperless Menggunakan Airfoil Clark Z Untuk TSD – 500Watt



Gambar 3 Gambar Teknik Bilah



Gambar 4 Gambar Teknik Airfoil



Gambar 5 Gambar Teknik Pangkal Bilah

3.4 Manufaktur

Manufaktur merupakan suatu proses pengolahan bahan mentah menjadi suatu produk. Adapun proses pembuatan bilah secara manual mesin maka dibuat tabel rencana proses sebagai berikut :

Tabel 2. Rencana Proses

No	Proses	Alat dan Alat bantu	Parameter	Keterangan	Dokumentasi
1	Pengeringan kayu	Pengeringan kayu Dilakukan di bawah sinar matahari	Ketika kayu ditimbang penurunan beratnya konstan	Persiapkan kayu yang akan dibuat menjadi bilah, pastikan kayu sudah rata dan siku	
2	Pemotongan Kayu	Gergaji Tangan	Ukuran yang sesuai dengan perancang	Panjang Kayu dari ukuran 100 cm Menjadi 80 cm	
3	Pengetaman Kayu	Ketam Mesin	Ukuran pemakanan kayu menggunakan garis bantu	Tentukan posisi airfoil pada bagian pangkal, Buat garis bantu bagian yang dibuang. Pemakanan kayu dari ketebalan 5cm menjadi 2,5 cm	

Manufaktur Bilah Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT) Tipe Taperless Menggunakan Airfoil Clark Z Untuk TSD – 500Watt

4	Pembentukan <i>Aifoil</i>	Gerinda Tangan	Menggunakan Pad dengan Amplas ukuran 60	Lakukan pemakanan halus pada bagian yang sudah diketam menggunakan mesin gerinda amplas nomor 60/80 sampai bentuk airfoil terlihat jelas	
5	Pengamplasan	Amplas Kain	Sampai permukaan merata dan halus	Lakukan pengecekan airfoil menggunakan mal negatif secara berkala apabila belum sesuai mal, ulangi proses ke 3 dan 4	
6	Pengeboran Pangkal	Mesin Bor Duduk	Menggunakan mata bor ukuran M08	tempel print out pangkal bilah pada pangkal kayu Terdapat 3 lubang, jarak dan ukuran lubang disesuaikan dengan mal	

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Proses Manufaktur

Setelah melalui semua proses manufaktur hingga selesai masing-masing bilah diukur dan didapati bahwa ukuran bilah yang terbentuk sesuai berdasarkan gambar teknik hasil perancangan awal dengan Panjang keseluruhan yaitu 80 cm, lebar 10 cm dan tebal atau tinggi 2,3 cm. Waktu efektif yang dibutuhkan dalam pembuatan satu bilah yaitu 3 jam 45 menit untuk pembuatan airfoil dan finishing, dengan catatan kayu sudah dikeringkan kurang lebih 9-14 hari dan diketam sesuai dimensi chord.



Gambar 6 Bilah airfoil clark Z

4.2 Pengecekan Dimensi Bilah

Bilah yang sudah melalui proses pembentukan baik pangkal maupun ujung akan dibandingkan bentuknya dengan mal airfoil agar dimensi bilah tetap sesuai dengan airfoil Clark Z.



Gambar 7 Gambar Mal Airfoil



Gambar 8 Gambar Proses Pengecekan Dimensi

Pada proses pengecekan dimensi ini apabila bilah terlalu tebal dilakukan penghamplasan ulang, dan apabila bilah terlalu tipis atau terdapat lekukan dilakukan pendempulan sampai bilah sesuai dengan mal airfoil. Dari hasil pengecekan ini tidak dilakukan pengamplasan maupun pendempulan, dengan menggunakan garis bantu pada saat proses produksi menghasilkan bilah yang sesuai dengan mal.

4.3 Pengujian Kesetimbangan

Bilah yang telah selesai diukur maka akan dilanjutkan ke tahapan pengujian kesetimbangan. Metoda penyeimbangan yang dilakukan merupakan metode penyeimbangan statis yaitu dengan meletakkan titik gravitasi tepat di titik rotasi rotor, yaitu di sumbu rotor turbin angin.



Gambar 9 Gambar Proses Pengujian Kesetimbangan

Penyeimbangan statis dilakukan pada rotor dengan dudukan atau penempatan bilah yang tidak terdapat gesekan atau frictionless dimana bilah yang beratnya berlebih dari yang lain akan selalu berputar kebawah. Pada bilah yang tidak setimbang ditanamkan timah pada bagian pangkal bilah sesuai dengan berat yang diperlukan. Hasil proses pengujian kesetimbangan ini didapatkan bahwa bilah 1 dilakukan pemberatan sebesar 0,5 gram, dan bilah 3 dilakukan pemberatan sebesar 1 gram. Sedangkan untuk bilah 2 tidak dilakukan pemberatan. Dengan dilakukan pemberatan ini maka didapatkan tiga bilah yang seimbang.

5. KESIMPULAN

Metode yang digunakan dalam proses manufaktur bilah ini yaitu menggunakan metode manual mesin. Adapun tahapan dari proses manufaktur bilah yaitu proses persiapan bahan, pembuatan mal dan garis bantu, proses pembuatan bilah, dan proses finishing. Hasil dari pembuatan tersebut di cek menggunakan metode go not go, dan juga dilakukan proses pengujian kesetimbangan. Dari hasil pengecekan dimensi diketahui bahwa dengan menggunakan mal dan garis bantu dapat mempermudah dalam proses pembuatan dan hasil yang sesuai diharapkan. Dari pengujian kesetimbangan diperoleh bahwa bilah 1 dan 3 diperlukan penambahan berat sebesar 0,5 gram dan 1 gram, sedangkan bilah 2 tidak diperlukan pemberatan. Dengan penambahan berat pada bilah tersebut maka diperoleh ketiga bilah yang seimbang.

6. SARAN

Pada saat proses pengeringan kayu hindari menjemur kayu di tempat yang terkena matahari langsung, karena dapat mengakibatkan keretakan ataupun bengkok pada kayu. Lalu Pada saat melakukan manufaktur tetap perhatikan keselamatan dan kesehatan kerja, yaitu dengan menggunakan masker dan kaca mata. Lebih teliti pada saat melakukan pemakanan kayu, baik

menggunakan mesin ketam maupun mesin gerinda. Kemudian lakukan pengecekan menggunakan mal negatif secara berkala agar tidak terjadinya pemakanan yang berlebih.

DAFTAR PUSTAKA

- Hau, E. (2013). *Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Munich: Springer.
- Inayah, Z. (2016). *Dasar-Dasar Pembuatan Bilah*. Ciharas: *Lentera Bumi Nusantara*.
- Piggott, H. (1997). *Centre of Alternative Energy. Windpower Workshop*.
- Pintoko, A. (2019). *Rancang Bangun Bilah Inverse Taper Dengan Airfoil S1210 Pada Turbin Angin Sumbu Horizontal Skala Kecil*. *Universitas Gadjah Mada*.
- Sarwanto, Budiarto, & Zakki. (2016). *Analisa Efektifitas Wind Turbine Sumbu Horizontal dengan Variasi Jumlah dan Jenis Airfoil Sebagai Sumber Energi Listrik Tambahan Pada Fisheries Inspection*. *Universitas Diponegoro*.
- Vananda., & Iskandar, R. (2014). *Pengujian Karakteristik Turbin Angin Propeler Tiga Sudu Sebagai Energi Alternatid Di Kecamatan Linggo Sari Baganti Kab. Pesisir Selatan*. *Universitas Andalas*.