

Pemilihan Bahan Sudu untuk Perancangan dan Pembuatan Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal

M. Yonggi Puriza¹, Melda Latief²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung¹,
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas²

INTISARI

Tenaga listrik merupakan kebutuhan vital pada kehidupan masyarakat. Dibalik pentingnya fungsi energi listrik bagi masyarakat tersebut, sangat disayangkan bahwa belum semua daerah di Indonesia yang tersaluri listrik. Mengatasi hal ini maka perlu dilirik usaha pembangkitan energi listrik alternatif yang ramah lingkungan, tersedia sepanjang hari dan mudah dalam pemasangannya. Pembangkit listrik energi angin mungkin menjadi solusi. Dengan kecepatan angin yang berkisar 5 m/s di Indonesia perlu di rancang sebuah turbin angin yang dapat berputar dan menghasilkan energi walau hanya berputar dengan kecepatan rendah. Turbin angin yang dipilih adalah turbin angin sumbu horizontal. Bahan yang direncanakan awalnya adalah kayu dengan asumsi kayu adalah bahan yang mudah didapatkan dan mudah dibentuk. Panjang sudu kayu ini sekitar 0.75 m, tetapi setelah selesai dibuat dan dirakit turbin tidak berputar walau kecepatan angin telah mencapai 4 m/s, hal ini tentu tidak sesuai dengan tujuan dari penelitian. Lalu dipilihlah arkrilik, yang mempunyai keunggulan yang ringan, tipis dan kekuatan yang cukup. Diharapkan dengan keunggulannya, turbin angin ini akan mampu bekerja dengan baik. ^[1]

Kata kunci: Energi terbarukan, Angin, Turbin Angin Sumbu Horizontal

I. PENDAHULUAN

Energi angin adalah energi yang relatif baik karena merupakan sumber energi bersih dan terbarukan. Sumber energi ini tidak begitu populer di Indonesia dan belum banyak diaplikasikan secara komersil.

Bentuk sudu turbin terbagi menjadi dua yaitu sumbu vertikal/VAWT (vertical axis wind turbine) dan sumbu horizontal/HAWT (horizontal axis wind turbine). Turbin angin sumbu horizontal adalah model turbin angin yang paling jamak digunakan. Bentuknya seperti baling – baling pesawat pada umumnya. Pengerjaan dan pengujian penelitian untuk penulisan artikel ilmiah ini dilakukan dari bulan Maret sampai bulan oktober tahun 2011.

Secara garis besar perumusan masalah yang diangkat pada malakah ini adalah perancangan dan pembuatan turbin angin horizontal sebagai pembangkit listrik alternatif serta dapat memanfaatkan energi angin yang berkecepatan relatif rendah.

Beberapa Tujuan Penelitian yang ingin dicapai adalah a.) Merancang dan membuat turbin angin tipe horizontal untuk angin berkecepatan rendah. b.) Mengetahui pengaruh kecepatan angin terhadap gerak putar sudu turbin angin. c.) Mengetahui

daya output yang dihasilkan turbin angin terhadap berbagai kecepatan angin.

Adapun batasan masalah dalam penulisan artikel ini adalah a.) Turbin angin yang dibuat adalah turbin angin sumbu horizontal. b.) Perancangan, pembuatan prototipe serta pengaplikasiannya dibatasi hanya sampai terbangkitkannya energi oleh turbin angin, tidak termasuk sistem pengotrolan, sistem penyimpanan dan sistem pengereman. c.) Generator yang digunakan adalah generator sinkron magnet permanen. d.) Pengujian dilakukan pada daerah tepi pantai di belakang Pangeran Beach Hotel, Padang, Sumatera Barat. ^[1]

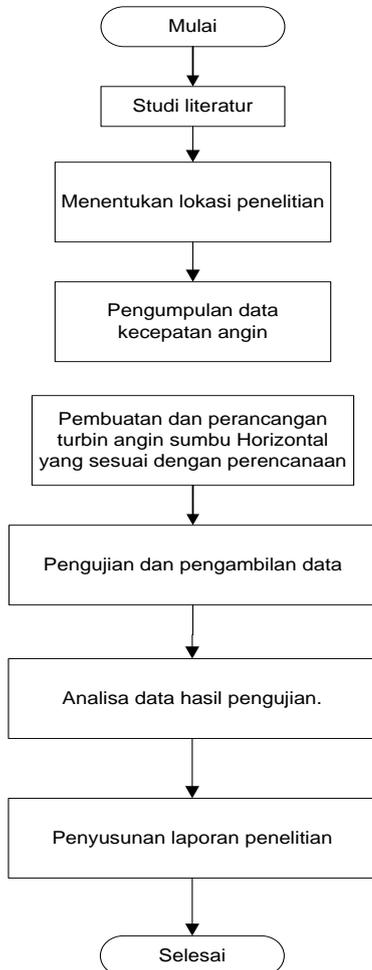
II. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Studi literatur, dengan mempelajari prinsip kerja dan karakteristik turbin angin sumbu horizontal termasuk komponen-komponen yang terdapat pada turbin angin serta karakteristik generator yang akan digunakan.
- b. Perencanaan, yaitu menentukan lokasi dan pengumpulan data angin
- c. Pembuatan dan perancangan turbin angin sumbu horizontal yang sesuai dengan perencanaan.

- d. Pengujian dan pengambilan data.
- e. Analisa data.
- f. Penyusunan laporan penelitian

Secara skema adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Skema Penelitian

III. Hasil Penelitian

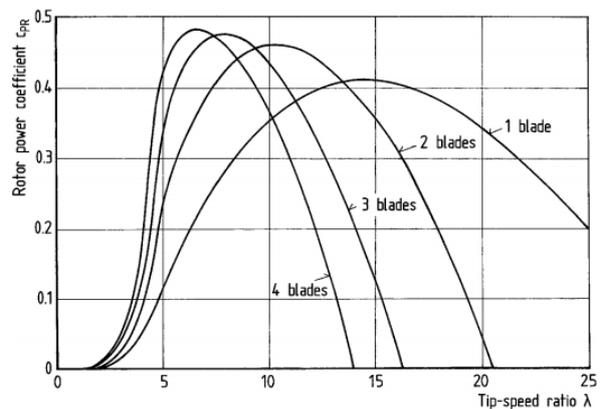
A. Penentuan Lokasi penelitian

Dengan pengukuran menggunakan anemometer diperoleh kecepatan angin yang terjadi berkisar antara 0.1 m/s – 2 m/s pada kondisi cuaca panas terik dengan daerah pengukuran berupa tanah luas tanpa hambatan angin seperti persawahan di Kelurahan Kalumbuk, Padang. Sementara pada kondisi berawan hingga menjelang hujan kecepatan angin meningkat hingga 6 m/s. Oleh karena itu, ditetapkan kecepatan angin nominal yang akan digunakan pada perancangan turbin adalah 5 m/s. Sementara untuk daerah pesisir pantai memiliki kecepatan angin yang berbeda

pada setiap daerahnya. Kecepatan angin pesisir pantai tertinggi diperoleh di sekitar Pangeran Beach Hotel, Padang. Pada daerah ini kecepatan angin diperkirakan berkisar antara 1.8 – 6 m/s.

B. Penentuan Tip Speed Ratio

Tip speed ratio adalah perbandingan kecepatan sisi terluar (ujung) rotor terhadap kecepatan angin. Nilai tip speed ratio berbeda – beda terhadap jumlah sudu dari turbin angin. Menurut Eric Hau dalam bukunya “Wind Turbine Fundamentals” turbin angin dengan jumlah sudu 3 buah memiliki nilai tip speed terbaik 7 yang grafiknya bisa dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Tip Speed Ratio dan Nilai Rotor Power Coefficient. [3]

C. Penentuan diameter sudu.

Sebagai acuan untuk menentukan panjang sudu / chord, lebar sudu dan hubungannya dengan diameter sudu penulis menggunakan persamaan:

$$C = \frac{6\pi R(R/r)}{9\lambda^2 B}$$

dengan :

- C = lebar sudu (chord) (m)
- R = jari-jari rotor (m)
- r = jarak dari pusat rotasi (m)
- λ = tip speed ratio
- B = jumlah sudu [2]

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Perbandingan Antara Jarak Pusat dari Rotasi (r) Terhadap Nilai Chord (C) Material Kayu

R (cm)	C (cm)
15	14.25
30	7.12
45	4.75
60	3.56
75	2.84

Dari tabel diatas maka didapat gambar awal rancangan sudu yang akan dibuat seperti gambar dibawah ini :



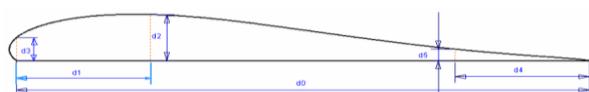
Gambar 3. Rancangan Sudu Tampak Atas

Penulis membagi jumlah chord menjadi 5 bagian dengan mempertimbangkan tingkat kesulitan pembuatannya nantinya. Jika jumlah chord dibagi lebih dari 5 bagian, maka nilai dari chord itu sendiri akan terlalu kecil dan akan menyulitkan pembuatannya karena kebanyakan alat yang digunakan untuk membuat sudu ini alat manual sehingga tingkat presisinya masih kurang.

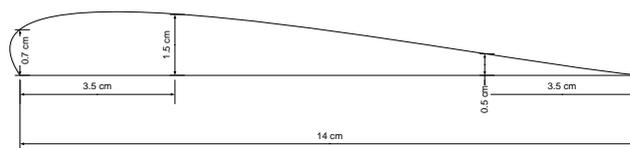
D. Bentuk dan Batasan Nilai Airfoil yang Akan Dibuat

Bentuk airfoil yang digunakan adalah model NACA 4415 dengan nilai batasannya yaitu :

- d_0 = lebar sudu chord (C)
- d_1 = lokasi titik puncak, diambil 25% dari lebar sudu awal
- d_2 = tinggi titik puncak, diambil 10% dari lebar sudu awal
- D_3 = tinggi arc leading edge, diambil 5% dari lebar sudu
- D_4 = lokasi mulai trailing edge, diambil 25 % dari lebar sudu akhir



Gambar 4 Profil Airfoil



Gambar 5. Ukuran Profil Airfoil yang Dibuat

E. Perkiraan Daya Output Turbin Material Kayu

Perhitungan daya output pada berbagai kecepatan angin berdasarkan dari persamaan 5 pada bab 2 yaitu sebuah tulisan dalam buletin 17 FAO international working yang berjudul "Windmills for water lifting and the generator of electricity on the farm" oleh E.W Golding, yaitu:

$$P = k.F.a.\eta.v^3$$

Dengan :

- P = daya Output (kW)
- k = kontanta ($1.37 \cdot 10^{-5}$)
- F = faktor (0,5926)
- a = Luas Penampang (m^2)
- η = efisiensi Generator (Diasumsikan sebesar 0.70)
- v = kecepatan angin (m/s) [3]

Tabel 2. Perkiraan Daya yang Dihasilkan Turbin Angin Material Kayu pada Berbagai Kecepatan Angin

Kecepatan Angin (m/s)	Daya yang dihasilkan (kW)
1	$1.006 \cdot 10^{-5}$
2	8.047×10^{-5}
3	2.716×10^{-4}
4	6.438×10^{-4}
5	1.257×10^{-3}
6	2.172×10^{-3}
7	3.450×10^{-3}
8	5.150×10^{-3}
9	7.333×10^{-3}
10	1.006×10^{-2}
11	1.338×10^{-2}
12	1.738×10^{-2}

F. Pembuatan Sudu Turbin Material Kayu.

Dalam pembuatan sudu, kayu yang dipilih adalah kayu ringan. Kayu selain mudah didapatkan, proses pengerjaannya pun tidaklah rumit. Berikut tahap – tahap pembuatan sudu kayu tersebut :

- Menyiapkan papan yang berbentuk balok dengan ukuran 75 x 15 x 2 cm
- Menandai dan menggambar pada papan letak setiap chord yang akan dibuat, termasuk bentuk airfoilnya.
- Memotong papan menurut bentuk yang telah ditandai dan digambar.
- Menghaluskan papan sehingga didapatkan bentuk yang baik
- Membuat lubang baut untuk memasang penghubung antara sudu dan poros
- Tahap finishing, yaitu pengecatan agar pori – pori kayu terlapsi bertujuan untuk memperpanjang umur sudu dan memperindah bentuk sudu.

Setelah selesai dan dirakit, maka akan didapatkan hasil seperti gambar dibawah ini (sebelum dipasang ke tiang) adalah :



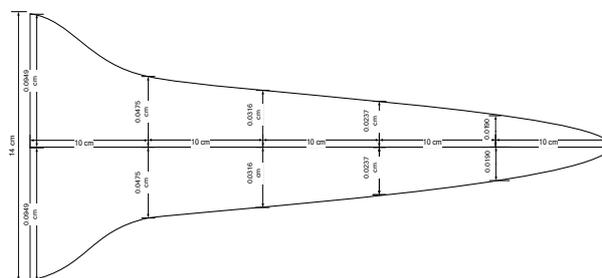
Gambar 6. Turbin Angin Material Kayu Setelah Selesai Dirancang, Dibuat dan Dirakit.

Namun setelah selesai didesain, dibuat dan dirakit turbin angin tidak dapat berputar walau kecepatan angin telah mencapai 4 m/s, hal ini dikarenakan sudu turbin angin yang terbuat dari kayu terlalu berat dan tebal untuk dapat berputar pada kecepatan rendah. hal ini tentu tidak sesuai dengan tujuan awal dari tugas akhir ini yaitu merancang dan membuat turbin angin tipe horizontal untuk angin berkecepatan rendah.

G. Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal Material Arkrilik.

Setelah melalui berbagai pertimbangan maka diputuskan memilih bahan baru dalam pembuatan sudu turbin angin. Bahan yang

dipilih adalah arkrilik yang memiliki kekuatan yang cukup tetapi tidak tebal dan berat seperti kayu sehingga tidak perlu mempertimbangkan bentuk dan batasan *airfoil*. Rumusan yang digunakan dalam mendesain sudu baru ini tetap sama dengan sudu yang sebelumnya tetapi yang diubah adalah panjang sudunya (semula 0.75 cm menjadi 0.5 cm) dan bentuk dari sudunya sendiri yang dibuat mirip dengan bawaan turbin angin AIR-X. Desain baru ini lebih lebar dua kali lipat sehingga diharapkan mampu mencapai efisiensi pengkonversian energi angin yang lebih baik. Berikut rancangannya :



Gambar 7. Rancangan Turbin Angin Material Arkrilik.

Dalam pembuatan sudu, arkrilik yang dipilih adalah arkrilik dengan ketebalan 0.5 mm, arkrilik dengan ketebalan ini memiliki kekuatan yang baik. Berikut tahap – tahap pembuatan sudu kayu tersebut :

- Menyiapkan arkrilik yang berbentuk papan dengan ukuran 60 x 25 x 0.05 cm
- Menandai dan menggambar pada arkrilik letak setiap chord yang akan dibuat.
- Memotong arkrilik menurut bentuk yang telah ditandai dan digambar.
- Menghaluskan arkrilik sehingga didapatkan bentuk yang baik
- Membuat lubang baut untuk memasang penghubung antara sudu dan poros
- Tahap finishing, yaitu pengecatan agar arkrilik terlapsi bertujuan untuk membuat permukaan arkrilik yang licin menjadi kasar.

Setelah selesai dan dirakit, maka akan didapatkan hasil seperti gambar dibawah ini (sebelum dipasang ke tiang) adalah :



Gambar 8. Turbin Angin Material Arkrilik Setelah Selesai Dirancang, Dibuat dan Dirakit

H. Pengukuran Daya Output Turbin Material Arkrilik

Perhitungan daya output turbin material arkrilik masih memakai rumus yang sama dengan perhitungan daya output material kayu, sehingga didapatkan hasilnya pada tabel berikut ini :

Tabel 3. Perkiraan Daya yang Dihasilkan Turbin Angin Arkrilik pada Berbagai Kecepatan Angin

Kecepatan Angin (m/s)	Daya yang dihasilkan (kW)
1	$4.489 \cdot 10^{-6}$
2	$3.591 \cdot 10^{-5}$
3	$1.212 \cdot 10^{-4}$
4	$2.872 \cdot 10^{-4}$
5	$5.611 \cdot 10^{-4}$
6	$9.696 \cdot 10^{-4}$
7	$1.539 \cdot 10^{-3}$
8	$2.298 \cdot 10^{-3}$
9	$3.272 \cdot 10^{-3}$
10	$4.489 \cdot 10^{-3}$
11	$5.974 \cdot 10^{-3}$
12	$7.756 \cdot 10^{-3}$

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu:

- Sudu turbin angin pertama dibuat dengan material kayu karena kayu mudah didapatkan, proses pengerjaannya pun tidaklah rumit . Tetapi setelah dibuat, ternyata turbin tidak berputar walaupun kecepatan angin telah mencapai 4 m/s dikarenakan sudu terlalu berat dan hal ini tentu tidak sesuai dengan tujuan penelitian.
- Sudu turbin angin kedua dibuat dengan material arkrilik yang memiliki kekuatan cukup tetapi tidak tebal dan berat seperti kayu. Turbin angin horizontal hasil rancangan mulai berputar pada kecepatan angin 2.6 m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- Puriza, M. Yonggi. (2012). *Perancangan dan Pembuatan Prototipe Turbin Angin Sumbu Horizontal*. Universitas Andalas. Padang. Sumatera Barat.
- Erich Hau, *Wind Turbines Fundamentals, Technologies, Application, Economics*, 2nd Edition, terjemahan Horst von Renouard, Springer, Germany, 2005
- http://elearning.gunadarma.ac.id/docmodul/dasar.../bab6_energi_angin.pdf. akses tgl 2 maret 2011
- Alamsyah, Heri. (2007). *Pemanfaatan Turbin Angin Dua Sudu Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. JTE UNS : Semarang.
- Lungan, Fransiscus. (2008). *Perancangan dan Pembuatan Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Berdiameter 3.5 Meter Dengan Modifikasi Pemotongan dan Pengaturan Sudut Pitch*. JTM. FTTM ITB : Bandung.