

Rancang Bangun Turbin Angin Skala Kecil Untuk Kawasan Kampus Univ. Teuku Umar

Maidi Saputra^{*1}, Riki Kurniawan² dan Al Munawir³

^{1,2,3}Universitas Teuku Umar, Alue Peunyareung, Meureubo, Aceh Barat, Aceh
e-mail: ^{*1}maidisaputra@utu.ac.id

Abstrak

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Pengembangan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) pada kawasan kampus Univ. Teuku Umar perlu diteliti, mengingat kapasitas dan potensi energi angin yang tersedia. Berdasarkan analisa diatas, maka perlu dilakukan penelitian tentang rancang bangun turbin angin skala kecil untuk kawasan kampus Univ. Teuku Umar. Penelitian ini dilaksanakan dan berlokasi di workshop Teknik Mesin Universitas Teuku Umar, Meulaboh. Desain pembangkit listrik tenaga angin tipe horizontal menggunakan software skethup pro 2016 dan AutoCAD. Beberapa data ditentukan sebagai dasar untuk merancang turbin angin sumbu horizontal di antaranya daya (P), tinggi hub, jumlah sudu, tip speed ratio (λ), koefisien daya (C_p), penampang Airfoil. Setiap jenis airfoil memiliki nilai drag, lift, dan sudut serang yang berbeda. Perakitan pembangkit listrik tipe horizontal ini dilakukan dengan tahapan yaitu: memasang semua komponen pada turbin angin seperti: kerangka, rumah turbin, generator, mekanisme yaw, dan hub.

Kata kunci: Energi, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), Airfoil, Universitas Teuku Umar

Abstract

Energy is one of the main needs in human life. Development of PLTB (Bayu Power Plant) in the campus area of Univ. Teuku Umar needs to be researched, given the capacity and potential of available wind energy. Based on the above analysis, it is necessary to conduct research on the design of small-scale wind turbines for the Univ campus area. Teuku Umar. This research was conducted and located in the Mechanical Engineering workshop of Teuku Umar University, Meulaboh. Horizontal type of wind power plant design using Skethup pro 2016 and AutoCAD software. Some data are determined as the basis for designing a horizontal axis wind turbine including power (P), hub height, number of blades, tip speed ratio (λ), power coefficient (C_p), airfoil cross section. Each type of airfoil has different values of drag, lift, and angle of attack. The horizontal type of power plant assembly is carried out in stages, namely: installing all components in the wind turbine such as: the framework, turbine housing, generator, yaw mechanism, and hub.

Keywords: Energy, Bayu Power Plant (PLTB), Airfoil, Teuku Umar University

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia. Karena keterbatasan bahan bakar fosil yang tersedia, maka perlu dikembangkan sumber-sumber energi baru dan terbarukan seperti biomassa, tenaga angin, mikrohidro, dan energi surya (Harm Hofman:1987). Kincir angin berdasarkan posisi sumbu putar terbagi ke dalam dua jenis, yaitu kincir angin sumbu horizontal (*Horizontal Axis Wind Turbine*) dan sumbu vertikal (*Vertical Axis wind Turbine*) (Al-Bahadly:2009).

Pengembangan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) pada kawasan kampus Univ. Teuku Umar perlu diteliti, mengingat kapasitas dan potensi energi angin yang tersedia. PLTB mempunyai keuntungan utama karena sifatnya terbarukan. Hal ini berarti eksploitasi sumber energi tidak akan membuat sumber daya angin berkurang seperti halnya penggunaan bahan bakar fosil.

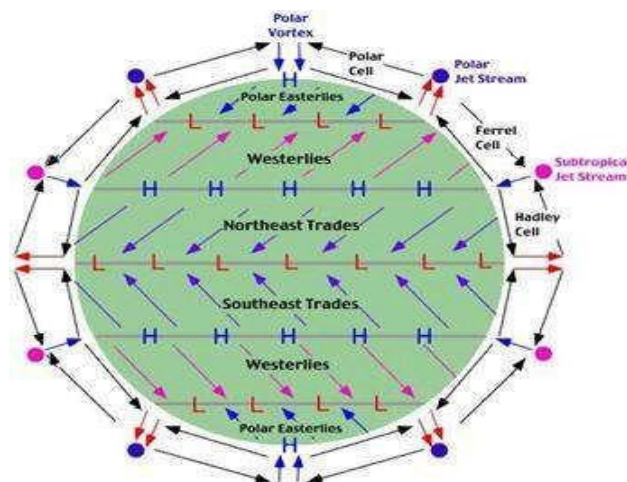
Berdasarkan analisa diatas, maka perlu dilakukan penelitian tentang rancang bangun turbin angin skala kecil untuk kawasan kampus Univ. Teuku Umar.

1.1 Angin

Angin adalah udara bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan karena adanya perbedaan tekanan udara (tekanan tinggi ke tekanan rendah) di sekitarnya. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah, diatas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dinamakan konveksi (Rakhmad Hidayatullah:2013).

1.2 Jenis - Jenis Angin

Angin timbul akibat sirkulasi di atmosfer yang dipengaruhi oleh aktivitas matahari dalam menyinari bumi. Dengan demikian, daerah khatulistiwa akan menerima energi radiasi matahari lebih banyak daripada di daerah kutub. Perbedaan berat jenis dan tekanan udara inilah yang akan menimbulkan pergerakan udara, sehingga pergerakan udara inilah yang didefinisikan sebagai angin (Rakhmad Hidayatullah:2013).



Gambar 1. Pola Sirkulasi Udara Akibat Rotasi Bumi

1.3 Energi Angin

Salah satu energi terbarukan yang berkembang pesat di dunia saat ini adalah energi angin. Energi angin dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan misalnya pemompaan air untuk irigasi, pembangkit listrik, pengering, pencacah hasil panen, dan lain sebagainya. Di daerah khatulistiwa, udaranya menjadi panas mengembang dan menjadi ringan, naik keatas dan bergerak ke daerah yang lebih dingin. Sebaliknya di daerah kutub yang dingin, udaranya menjadi dingin dan turun ke bawah. Dengan demikian terjadi suatu perputaran udara, berupa perpindahan udara dari kutub utara ke garis katulistiwa menyusuri permukaan bumi, dan sebaliknya suatu perpindahan udara dari garis katulistiwa kembali ke kutub utara, melalui

lapisan udara yang lebih tinggi.

Udara yang memiliki massa m dan kecepatan v akan menghasilkan energi kinetik sebesar :

$$E = \frac{1}{2} mv^2 \quad (1)$$

Volume udara per satuan waktu (debit) yang bergerak dengan kecepatan v dan melewati daerah seluas A adalah :

$$V = AV \quad (2)$$

Massa udara yang bergerak dalam satuan waktu dengan kerapatan ρ yaitu :

$$m = \rho V \quad (3)$$

Dari persamaan (2) dan (3) dapat disubstitusikan sehingga :

$$m = \rho AV \quad (4)$$

1.4 Daya Energi Angin

Daya angin merupakan energi yang bergerak per satuan waktu. Persamaan (5) dan (6) berikut dapat digunakan untuk menghitung daya yang dihasilkan oleh energi angin :

$$P_w = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (5)$$

Dengan :

- P_w = Daya energi angin (*Watt*)
- ρ = Kerapatan udara (Kg/m^3) ($\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$)
- A = Area penangkapan angin (m^2)
- v = Kecepatan angin (m/s)

Dimana untuk mendapatkan luas area penangkapan angin (A) sebagai berikut :

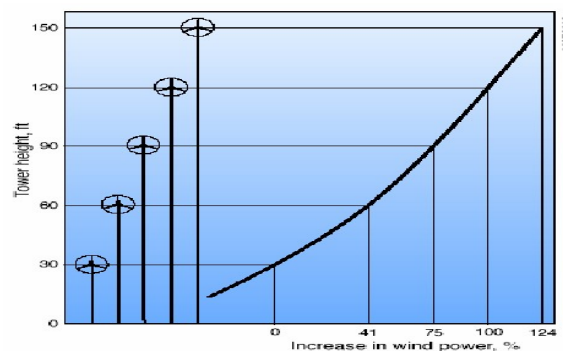
$$A = \frac{1}{2} \pi D^2 \quad (6)$$

Dengan :

- D = Diameter turbin angina

1.4 Kecepatan Angin

Untuk udara yang bergerak terlalu dekat dengan permukaan tanah, kecepatan angin yang diperoleh akan kecil sehingga daya yang dihasilkan sangat sedikit. Pada keadaan ideal, untuk memperoleh kecepatan angin di kisaran 5-7 m/s, umumnya diperlukan ketinggian 5-12 m.



Gambar 2. Hubungan Kecepatan Angin Terhadap Ketinggian Tertentu

Yang perlu diperhitungkan selanjutnya adalah pada kecepatan angin berapa turbin angin dapat menghasilkan daya optimal. Kecepatan angin juga dipengaruhi oleh kontur dari permukaan, didaerah perkotaan dengan banyak rumah, apartemen dan perkantoran bertingkat, kecepatan angin akan rendah. Sementara kecepatan angin pada daerah lapang lebih tinggi, kepadatan (*porositas*) dipermukaan bumi akan menyebabkan angin mudah bergerak.

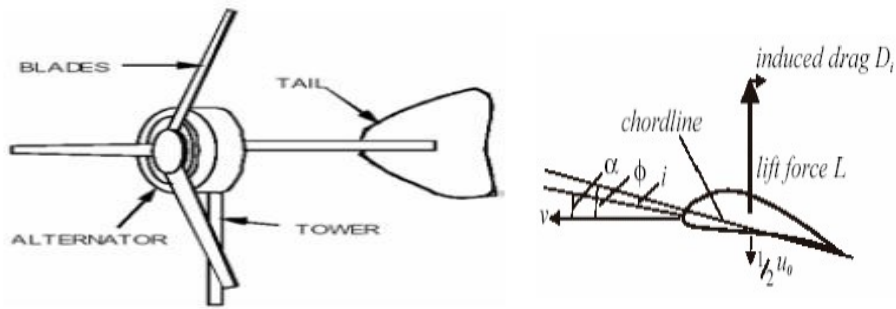
Tabel 1. Tingkatan kecepatan angin pada permukaan tanah

Tingkat kecepatan angin 10 meter di atas permukaan tanah		
Kelas	Kecepatan	Kondisi alam di darataan
1	0,00 – 0,2
2	0,3 – 1,5	Angin tenang, asap lurus keatas
3	1,6 – 3,3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3,4 – 5,4	Wajah terasa ada angin, daun bergoyang pelan, Petujuk arah angin bergerak
5	5,5 – 7,9	Debu jalan, kertas berterbangan, ranting bergoyang
6	8,0 – 10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8 – 13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air plumpung berombak kecil
8	13,9 – 17,1	Ujung pohon melengkung, hembusan angin resa di telinga
9	17,2 – 20,7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20,8 – 24,4	Dapat mematahkan ranting pohon
11	24,5 – 28,4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5 – 32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7 – 36,9	Tornado

1.5 Turbin Angin

Turbin angin merupakan alat yang digunakan pada sistem konversi energi angin dengan memanfaatkan energi angin untuk mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanik didalam bentuk putaran poros dan akhirnya menjadi energi listrik dari generator (Hansen:2008).

Turbin Angin Sumbu Horizontal merupakan turbin angin dengan posisi sumbu/poros horisontal (mendatar). Turbin angin jenis ini poros utamanya menyesuaikan arah angin. Agar rotor dapat berputar dengan baik, arah angin harus sejajar dengan poros turbin dan tegak lurus terhadap arah putaran rotor. TASH memiliki beberapa keunggulan diantaranya *cut-in* pada kecepatan angin rendah dan mudah berputar. Secara umum, tipe ini memiliki koefisien tenaga yang relatif tinggi (Mathew: 2006).

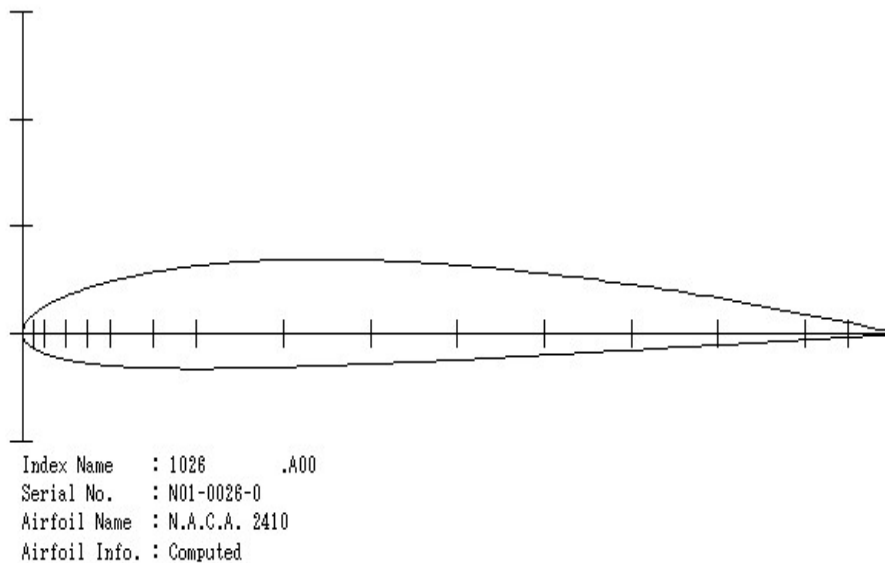


Gambar 3. Prinsip Dasar Kincir Angin

1.6 Pemilihan Jenis Airfoil Dan Perikasi Bilal Turbin Angin

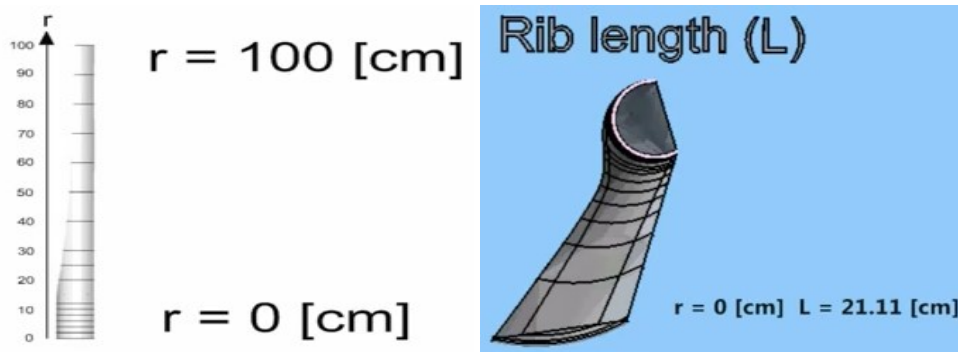
Turbin angin sederhana dengan skala kecil tidak terlalu memperhatikan jenis airfoil yang dipakai. Untuk turbin angin sumbu horizontal biasanya menggunakan bentuk foil yang sederhana mulai dari pelat datar atau airfoil tipis berstandar NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) seri 4 atau 5 digit (Piggot:2001).

Badan laboratorium nasional NREL (National Renewable Energy Laboratory) telah melakukan penelitian dan merilis beberapa airfoil yang cocok untuk diterapkan pada turbin angin sumbu horizontal dengan skala kecil hingga besar. Airfoil-airfoil tersebut diprediksi memiliki peningkatan energi sebesar 23% - 33% untuk regulated turbine, 8% - 20% untuk variable pitch turbine, dan 8% - 10% untuk variable RPM turbine (Buhl:2009).



Gambar 4. Bentuk rancangan airfoil NACA 2410

Penggunaan pipa PVC sebagai bahan dasar pembuatan sudu (balung-balung) turbin angin sangat mudah dilakukan dan sesuai dengan salah satu Standar Amerika tentang Sudu Turbin (NACA) yaitu NACA 2410. Dan dari segi bahan, pipa PVC merupakan jenis bahan plastik olahan yang sesuai dengan bahan dari polymer yang dikenal kuat sebagai bahan pembuat sudu turbin.



Gambar 5. Jari-jari sudu turbin dan Panjang sisi sudu turbin terhadap jari-jarinya

2. METODE PENELITIAN









2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dan berlokasi di workshop Teknik Mesin Universitas Teuku Umar, Meulaboh.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :









Tabel 2. Alat yang digunakan

No	Nama Alat	Gambar Alat	No	Nama Alat	Gambar Alat
1	Gerinda listrik		6	Las listrik	
2	Gunting plat		7	Mesin bubut	
3	Palu		8	Rol meter	
4	Tang		9	Mistar baja	

5	Obeng		10	Kunci baut	
---	-------	---	----	------------	---

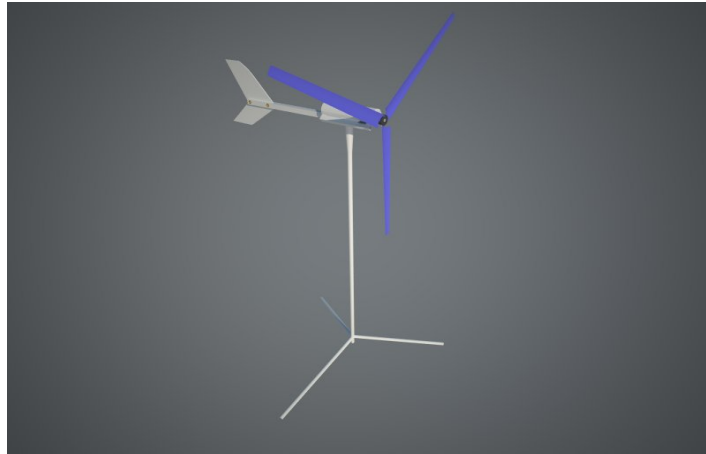
Bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Bahan yang digunakan

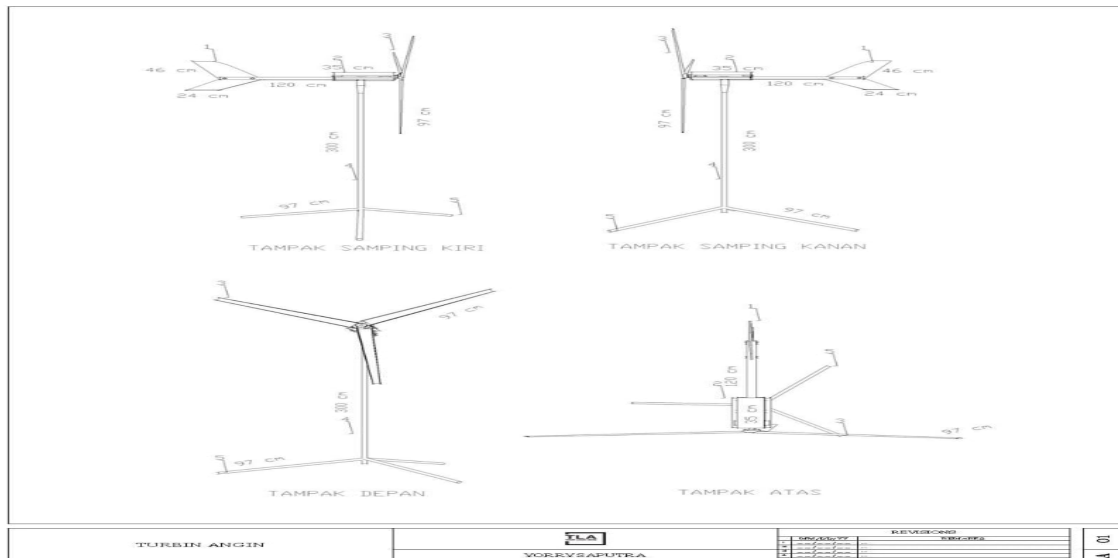
No	Nama Bahan	Gambar Bahan	No	Nama Bahan	Gambar Bahan
1	Pipa pvc		6	Pipa besi	
2	Plat aluminium		7	kabel	
3	Baut dan mur		8	Bearing	
4	Besi segi4		9	as	
5	Besi siku		10	Generator	

2.3 Desain alat Pembangkit Listrik Tenaga Angin Tipe *Horizontal*

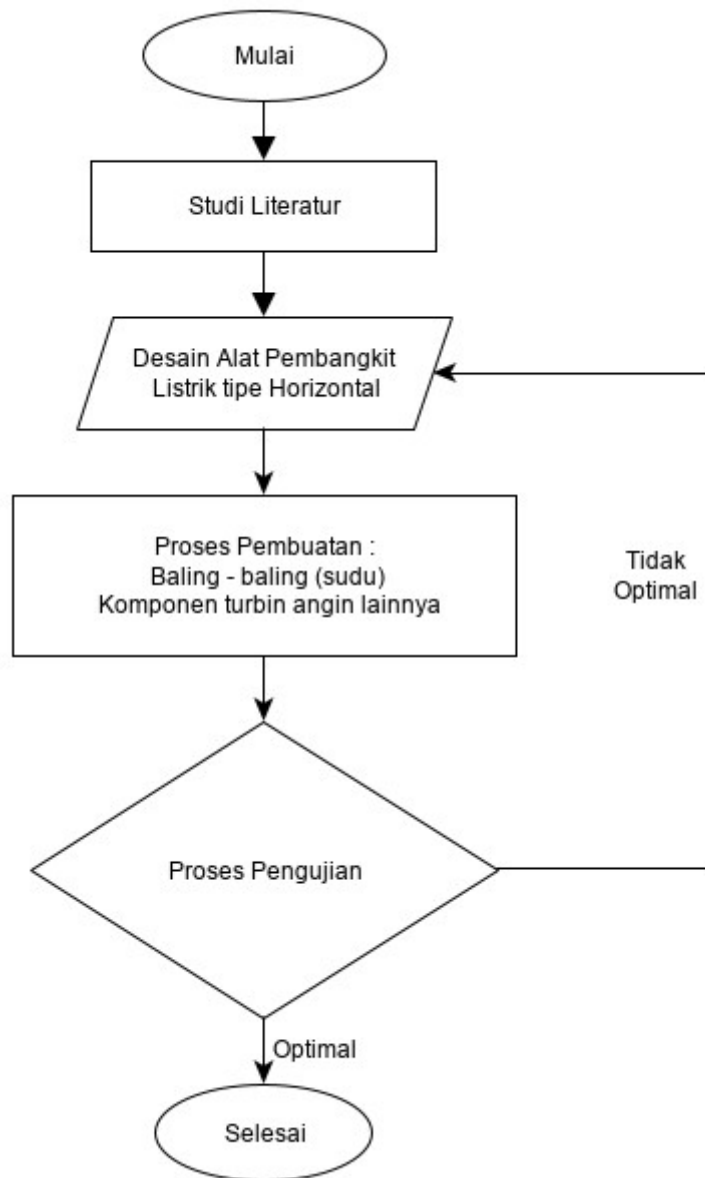
Desain pembangkit listrik tenaga angin tipe *horizontal* dapat dilihat pada gambar 6, yang didesain menggunakan *software skethup pro 2016* dan *AutoCAD* yaitu:



Gambar 6. Desain pembangkit listrik tenaga angin tipe horizontal menggunakan aplikasi *sketchup pro 2016*



Gambar 7. Desain pembangkit listrik tenaga angin tipe *horizontal* menggunakan aplikasi *AutoCAD*



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan Turbin Angin

Beberapa data ditentukan sebagai dasar untuk merancang turbin angin sumbu horizontal di antaranya daya (P), tinggi *hub*, jumlah sudu, *tip speed ratio* (λ), koefisien daya (C_p), penampang *Airfoil*.

Tabel 4. Panjang *chord* pada tiap segmen

Segmen	Posisi, r (m)	NRELS 8XX	Chord (m)
1	10	19	13,691
2	19,375	19	7,076
3	28,75	19	4,747
4	38,125	26	3,588
5	47,5	26	2,890
6	56,875	25	2,405
7	66,25	22	2,066
8	75,625	23	1,809
9	85	22	1,617

Setiap jenis *airfoil* memiliki nilai *drag*, *lift*, dan sudut serang yang berbeda. Untuk jenis NREL S818, S825, dan S822 nilai tersebut seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai CL/CD *Max* pada penampang airfoil

Airfoil	Cl/Cd Max	α	CL	CD
NREL S818	109,12	9	1,45	0,012
NREL S825	122,80	6,45	1,35	0,013
NREL S822	120,845	4,65	0,81	0,006

Berdasarkan nilai sudut serang (α) pada Tabel 5, maka didapat nilai sudut *pitch* (β) sebagai berikut :

Tabel 6. Sudut *pitch*

Segmen	Posisi, r (m)	α (deg)	β (deg)
1	10	9	23,20
2	19,375	9	9,00
3	28,74	9	3,35
4	37,125	6,25	3,13
5	47,5	6,25	1,30
6	56,875	6,25	0,07
7	66,25	4,75	0,68
8	75,625	4,75	0,01
9	85	4,75	-0,51

Tabel 7. *chord* dan sudut *pitch* setelah dilinierisasi

Segmen	Posisi, r (m)	C (m)	β (deg)
1	10	5,569	4,40
2	19,365	5,092	3,69
3	28,76	4,611	3,08
4	38,135	4,132	2,47
5	46,5	3,653	1,86
6	56,875	3,174	1,25
7	66,27	2,695	0,72
8	75,626	2,216	0,02
9	86	1,737	-0,70

3.2 Perancangan Turbin Angin

Perakitan pembangkit listrik tipe horizontal ini dilakukan dengan tahapan yaitu: memasang semua komponen pada turbin angin seperti: kerangka, rumah turbin, generator, mekanisme yaw, dan hub.



Gambar 9. Turbin Angin tipe Horizontal

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil antara lain:

1. Beberapa data ditentukan sebagai dasar untuk merancang turbin angin sumbu horizontal di antaranya daya (P), tinggi *hub*, jumlah sudu, *tip speed ratio* (λ), koefisien daya (C_p), penampang *Airfoil*.
 2. Perakitan pembangkit listrik tipe horizontal ini dilakukan dengan tahapan yaitu: memasang semua komponen pada turbin angin seperti: kerangka, rumah turbin, generator, mekanisme yaw, dan hub.
-

5. SARAN

Adapun saran dari penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan uji coba turbin angin untuk variasi kecepatan angin rendah, mengingat karakteristik angin di Indonesia yang cenderung rendah.
2. Sudu turbin harus dibuat sesuai dengan kondisi tangkapan angin yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

1. Rakhmad Hidayatullah (2013), Analisa Perubahan Sudut Kemiringan Sudu Terhadap Kecepatan Putar Turbin Angin.
 2. Astu Pudjanarsa (2006), Mesin Konversi Energi.
 3. Hansen, Martin O.L (2008), *Aerodynamics of Wind Turbines-2nd Edition*. London: Earthscan.
 4. Ragheb (2008), theory of wind machines.
 5. Mathew (2006), *Wind Energy: Fundamentals, Resources Analysis, and Economics*. Berlin: Springer.
 6. D.Philip (2004), Global Warning And Renewable Energy. UH: Warmick .
 7. Halliday David, Resnick Robert, Jearl Walker (2010), Fisika Dasar Edisi Ketujuh Jilid 1 hlm.273-274. Jakarta: Erlangga,
 8. Kwang-Wook Jung, Wind Energy Generation Experiments ,Korea: Man&Tel Co. 2011
 9. <http://whitehacker-software.blogspot.co.id//02/prinsip-plta-kincir-angin.htm>..2013
 10. <http://permaculturewest.org.au/ipc6//shannon/index.html>, (2010)
 11. <http://www.satuenergi.com/jenis-jenis-turbin-angin-serta.html>.2015
 12. https://id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin
 13. <http://lugiromadoni.blogspot.co.id/>
 14. <http://backupkuliah.blogspot.co.id/06/energi-angin.html>.2013
-