



Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal 3 Sudu Dengan Daya Output 1 KW

Taufan Arif Adlie¹, Teuku Azuar Rizal², Arjuanda³

1,2,3) Jurusan Teknik Mesin, Universitas Samudra, Meurandeh - Langsa 24416, Aceh

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 November 2015
Direvisi dari 20 November 2015
Diterima 30 November 2015

Kata Kunci:

Turbin Angin,
Kota Langsa,
Blade,
Daya,
Kecepatan angin

ABSTRAK

Kebutuhan akan energi untuk memenuhi perkembangan jaman mengakibatkan bahan bakar dari fosil meningkat, oleh karena itu dibutuhkan energi alternatif lain untuk mengatasi semakin berkurangnya bahan bakar fosil. Salah satu bentuk energi yang ada di alam adalah angin. Oleh karena itu turbin angin mulai dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik energi alternatif. Tujuan perancangan ini adalah mendesain sebuah turbin angin sumbu horizontal 3 sudu dan generator magnet permanen kecepatan rendah sehingga dapat menghasilkan 1 KW yang akan digunakan di wilayah pesisir Kota Langsa. Metode perancangan adalah mendesain Turbin angin tipe horizontal yang digunakan memiliki 3 blade dari bahan fiberglass dengan diameter 4 m, generator magnet permanen dengan putaran maksimum 1000 Rpm. Hasil perancangan turbin angin menunjukkan bahwa data teoritis pada kecepatan angin tertinggi yaitu 7,5 m/s dapat menghasilkan daya keluaran maksimum dari generator tersebut sebesar 1087 watt, sedangkan di wilayah ini kecepatan angin rata-rata 4,5 m/s sehingga menghasilkan daya 652 watt. Pada kondisi tersebut menunjukkan bahwa kecepatan angin dan diameter blade sangat mempengaruhi daya keluaran dari hasil perancangan.

© 2015 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. PENDAHULUAN

Sumber energi yang paling dominan untuk negara-negara yang paling maju yaitu batu bara, minyak dan gas alam. Konsumsi tinggi untuk bahan bakar ini adalah sebagian besar disebabkan oleh pengembangan teknologi yang menggunakan bentuk-bentuk energi, sebuah tren yang terus terjadi sejak revolusi industri. Energi nuklir, alternatif yang relatif modern, juga merupakan sumber utama bagi beberapa negara (Schlager dan Weisblatt, 2006).

Perkembangan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah. Salah satu penyebabnya adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah, yaitu berkisar antara 3 m/s hingga 5 m/s. Disamping itu khususnya di daerah Kota Langsa-Aceh, potensi angin di daerah ini tersedia hampir sepanjang tahun, sehingga memungkinkan untuk dikembangkannya teknologi Turbin angin.

Kebutuhan untuk merancang turbin angin berasal dari dua isu global; isu pertama adalah perubahan iklim, dan meningkatnya urgensi untuk praktek energi berkelanjutan untuk dikembangkan dan diimplementasikan. Isu kedua adalah pasokan bahan bakar

fosil terbatas, dan kebutuhan untuk mengganti sumber energi yang ada dengan bentuk terbarukan (Simon, JS.2008).

Turbin angin merupakan salah satu alat yang digunakan dalam pemanfaatan energi, khususnya pemanfaatan energy angin yang sering digunakan sebagai salah satu pembangkit tenaga listrik, karena pemanfaatan energy angin adalah salah satu sumber daya alam yang tidak akan habis, kecuali jika bumi telah hancur. Berdasarkan alasan tersebut bermaksud untuk mendesain Turbin Angin Sumbu Horizontal dengan 3 sudu. Dari desain yang sudah ada terutama pada bagian-bagian di bawah, untuk judul tugas akhir ini adalah "Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal 3 Sudu Dengan Daya Output 1 kW".

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Energi Angin

Angin adalah salah satu bentuk energi terbarukan yang memiliki potensi untuk menambah nasional pasokan energi. Angin global disebabkan oleh perbedaan tekanan di bumi permukaan

* Penulis Utama. Tel.: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000.

Alamat e-mail: taufanarif@unsam.ac.id

akibat pemanasan tidak merata bumi dengan radiasi matahari dan pengaruh rotasi bumi (Manwell, et all,2002).

Angin merupakan udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ketekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Apabila dipanaskan, udara memuai udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi, udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Di atas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi (fauzi, 2012).

2.2. Turbin Angin

Teknologi ini menyebar melalui Eropa, dan pada pertengahan abad ke-19 ada diperkirakan 200.000 kincir angin di seluruh Eropa. Meskipun cukup banyak kemajuan yang dilakukan melalui metode empiris, penelitian ilmiah dan pengembangan juga memfasilitasi banyak perbaikan dalam desain turbin angin (Hau,E. 2006).

2.2.1. Jenis turbin angin

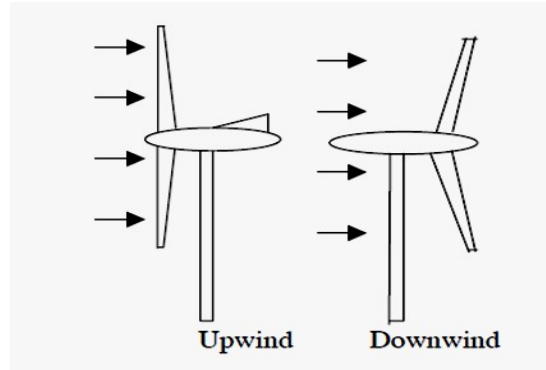
Turbin angin (wind turbines) di klasifikasikan menjadi dua jenis umum yaitusumbu horizontal dan sumbu vertikal. Secara umum pada mesin sumbu horizontal sudunya berotasi pada sumbu yang paralel ke tanah. Sedangkan sumbu vertikal memiliki sudu yang berotasi sejajar ke tanah.



Gambar 1. Jenis Turbin Angin (sumber : Hau,E.2006)

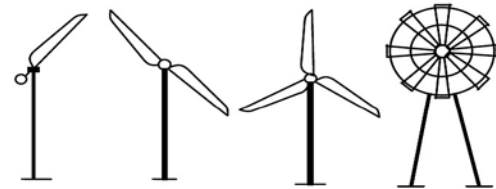
2.2.2. Turbin angin sumbu horizontal

Turbin angin sumbu horizontal mempunyai sumbu putar yang terletak sejajar dengan permukaan tanah dan sumbu putar rotor yang searah dengan arah angin. Komponen utama turbin angin sumbu horizontal terdiri dari, Sudu (blade),ekor (tail), tiang penyangga (tower), dan alternator. Berdasarkan letak rotor terhadap arah angin, turbin angin sumbu horizontal dibedakan menjadi dua macam yaitu : 1.Upwind 2.Downwind



Gambar 2. Jenis turbin angin sumbu horizontal (Sumber: Sathyajith, Mathew. 2005)

Turbin angin jenis upwind memiliki rotor yang menghadap arah datangnya angin sedangkan turbin angin jenis downwind memiliki rotor yang membelakangi arah datang angin.



Single bladed, two bladed, three bladed and multi bladed turbines

Gambar 3. Jenis Turbin Angin berdasarkan jumlah sudu (Sumber: Sathyajith, Mathew. 2005)

2.2.3. Turbin angin sumbu vertikal

Turbin angin sumbu vertikal adalah jenis turbin angin yang pertama dibuat manusia. Pada awalnya, putaran rotornya hanya memanfaatkan efek magnus yaitu karena adanya selisih gaya drag pada kedua sisi rotor atau sudu sehingga menghasilkan momen gaya terhadap sumbu putar rotor. Turbin angin poros vertical atau yang lebih dikenal memiliki cirri utama yaitu keberadaan poros tegak lurus terhadap arah aliran angin atau tegak lurus terhadap permukaan tanah.



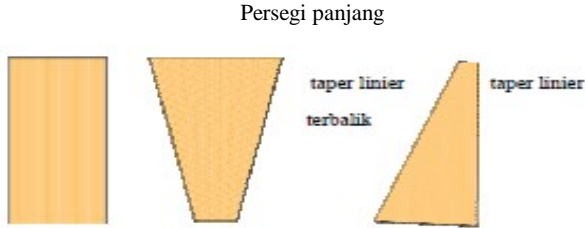
Gambar 4. Jenis-Jenis Turbin Angin Sumbu Vertikal (sumber : Hau,E. 2006)

2.3. Elemen Turbin Angin

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, selanjutnya putaran kincirdigunakan untuk memutar generator, yang akhirnya

akan menghasilkan listrik. Elemen-elemen turbin angin sumbu horizontal secara umum terdiri dari sudu-sudu (*blade*), hub, generator, ekor, mekanisme yaw, menara (*tower*).

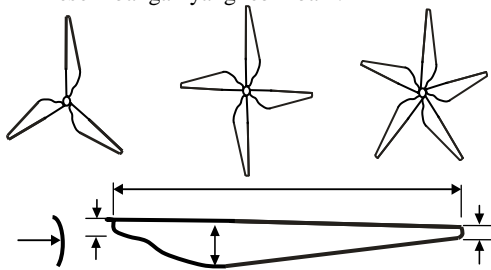
2.3.1. Sudu (*Blade*)



Gambar 5. Jenis-jenis model sudu

Sudu-sudu (*blade*) merupakan bagian dari sebuah kincir angin berupa pelat yang rata. Model sudu yang paling baik adalah yang mendekati bentuk streamline, dalam pengujian digunakan bentuk taper linear terbalik sebagai bentuk yang mendekati kondisi streamline. Untuk mendapatkan hasil yang optimal maksimal dari sebuah kincir angin maka perlu diperhatikan sebagai berikut :

1. Bentuk sudu-sudu seperti sekrup atau memuntir, sehingga aerodinamisnya semakin baik.
2. Untuk mendapatkan energi yang lebih baik, sayap sayap dipasang langsung pada rotor.
3. Untuk sudu yang ideal berjumlah tiga buah sudu-sudu karena menghasilkan pembagian gaya dan keseimbangan yang lebih baik.



Gambar 6. Penampang profil sudu (sumber : Sayoga, dkk. 2014)

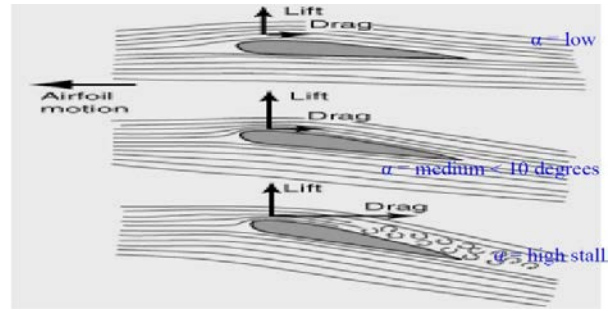
2.3.1.1. Sifat-sifat sudu

Sifat-sifat sudu mempengaruhi kecepatan putar sudu :

- Gaya angkat tegak lurus dengan arah gerakan. Kita berharap dapat membuat gaya angkat yang besar.
- Gaya tarik sejajar dengan arah gerakan. Kita menginginkan gaya ini kecil.

Energi kinetik yang terkandung dalam angin inilah yang ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor. Dengan menganggap suatu penampang melintang A, dimana udara dengan kecepatan v mengalami pemindahan volume untuk setiap satuan waktu yang disebut dengan aliran volume V sebagai persamaan :

$$V = v \cdot A \dots \dots \dots (1)$$



Gambar 7. Pergerakan sudu akibat hembusan angin (Sumber : Suseno,2010)

Dimana :

- V : Laju volume (m³/s)
- v : Kecepatan angin (m/s)
- A : Luas penampang (m²)

Pada angin berbanding lurus dengan massa jenis udara (ρ) dan berbanding lurus dengan kuadrat dari kecepatannya dengan persamaan :

$$M = \rho V = \rho v A \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- M : Massa udara (kg)
- ρ : Kerapatan udara (kg/m³)
- A : Luas penampang kincir (m²)
- v : Kecepatan angin (m/s)

2.3.1.2. Daya angin

Dengan demikian maka energi yang dapat dihasilkan per satuan waktu adalah:

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

Dimana :

- P_w : Daya angin yang bergerak dengan satuan (watt).

2.3.1.3. Daya rotor

Daya turbin angin adalah daya yang dibangkitkan oleh rotor turbin angin akibat mendapatkan daya dari hembusan angin. Daya turbin angin tidak sama dengan daya angin dikarenakan daya turbin angin terpengaruh oleh koefisien daya. Koefisien daya adalah prosentase daya yang terdapat pada angin yang dirubah ke dalam bentuk energi mekanik

Secara teori, kemungkinan koefisien daya rotor maksimum diberikan oleh Batas Betz, CP = 16/27 = 0,593 (Manwell, et all. 2002). Jadi hasil dari kekuatan turbin angin dapat disimpulkan sebagai :

$$P_r = C_p \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

- Pr : Daya rotor (watt)
- C_p : Daya koefisien pisau

Dengan ρ adalah massa jenis udara yaitu 1,225 kg/m³. Ungkapan ini memberikan daya yang tersedia dalam aliran bergerak dari udara, tetapi kekuatan yang dapat diekstraksi dari aliran bergerak ini adalah apa yang dibutuhkan. Dengan demikian kita dapat mempertimbangkan rasio, yang dikenal sebagai koefisien daya, antara kekuatan angin, dan kekuatan rotor :

$$C_p = \frac{\text{daya rotor}}{\text{daya angin}} \dots\dots\dots(5)$$

Konstituen dari persamaan daya yang terkait dengan baling-baling adalah area menyapu, atau diameter rotor. Dengan demikian panjang setiap blade individu merupakan faktor desain kritis. Gaya yang diberikan angin terhadap sebuah penampang dengan luas A dan jari-jari (R), dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_{\text{angin}} = \frac{1}{2} \rho v^2 A \dots\dots\dots(6)$$

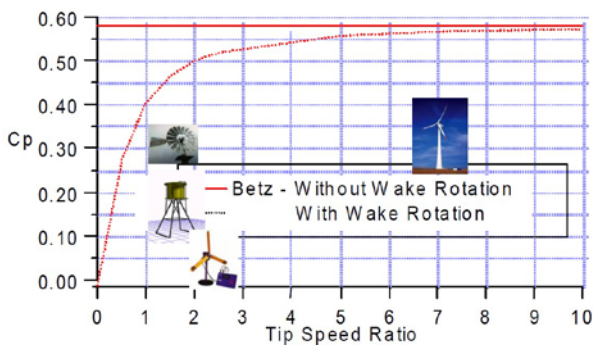
Sehingga bisa dihitung torsi rotor (T_{rotor}) yaitu :

$$T_{\text{rotor}} = CT \frac{1}{2} \rho v^2 A . R \dots\dots\dots(7)$$

Dimana CT adalah koefisien torsi yang besarnya ditentukan dari hubungan antara torsi dan daya sehingga diperoleh :

$$C_T = \frac{C_p}{\lambda} \dots\dots\dots(8)$$

Grafik berikut menunjukkan variasi nilai *tip speed ratio* dan koefisien daya untuk berbagai macam turbin angin



Gambar 8. Nilai koefisien daya dan *tip speed ratio* untuk berbagai turbin (Sumber: Hau,E. 2006)

2.3.1.4. Luas area paparan angin (*swept area*)

Luas area paparan angin merupakan dimana area pergerakan turbin angin yang disebabkan oleh kecepatan udara yang menghasilkan putaran pada rotor.

$$A_s = \frac{1}{4} \pi D^2 \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :

- A_s : Luas area paparan angin
- D : Luas bidang turbin

Rotor solidity merupakan perbandingan jumlah jarak antara blade dengan keliling rotor, ditentukan dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{N A_B}{A_s} \dots\dots\dots(10)$$

- Dimana : N : Jumlah sudu
- A_s : Luas area paparan angin
- A_B : Luas area untuk satu sudu

Kebanyakan dari turbin angin sumbu horizontal dengan tingkan *solidity* yang tinggi atau area paparan angin dengan *blade* yang banyak, akan terjadi lebih lambat dan memberi torsi yang lebih besar. Jika *solidity* rendah maka nilai Cp akan naik dan untuk putaran awal soliditas tinggi hingga sampai 20 kali lebih berat dari turbin dengan 3 sudu.

2.3.1.5. Gaya Trush

Untuk menentukan gaya yang terjadi pada *trush* dapat ditentukan dengan persamaan :

$$F_T = \frac{1}{2} C_T . \rho . V^2 . A \dots\dots\dots(11)$$

2.3.2. Hub

Rotor hub merupakan bagian dari rotor yang berfungsi menghubungkan sudusudu dengan shaft (poros) utama.

2.3.3. Generator

Untuk menghasilkan energy listrik dari putaran turbin,p erangkat turbin angin harus menggunakan generator. Generator adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan energy listrik. Prinsip kerja generator adalah menjadikan medan magnet yang ada disekitar konduktor mengalami fluktuasi atau perubahan, sehingga timbul tegangan listrik. Magnet yang berputar disebut rotor dan konduktor yang diam disebut stator.

2.3.4. Ekor

Ekor adalah salah satu komponen turbin angin sumbu horizontal. Ekor selalu bergerak menjauhi arah datangnya angin, dengan demikian pemasangan ekor dibagian belakang turbin angin mengakibatkan bagian rotor yang berada dimuka turbin angin akan selalu mendekati arah datangnya angin.

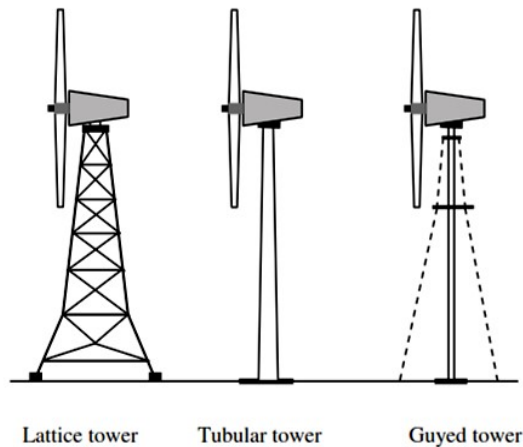
2.3.5. Mekanisme yaw

Mekanisme *yaw* pada trubin angin ini adalah tempat menempelnya generator dan ekor dengan kedudukan seperti engsel untuk mengarahkan turbin angin frontal terhadap arah datangnya angin. Turbin angin harus memiliki kebebasan bergerak menggeleng (*yawing*) untuk memastikan arah rotor selalu

menghadap arah datangnya angin, sehingga perlu mekanisme yang mendukung kebebasan bergerak turbin angin.

2.3.6. Menara (Tower)

Menara merupakan tiang penyangga yang fungsi utamanya adalah untuk menopang rotor, nasel dan semua komponen turbin angin yang berada di atasnya. Menara dapat berupa tipe *lattice* atau pipa (*tubular*), baik yang dibantu dengan penopang tali pancang maupun yang *self supporting*.



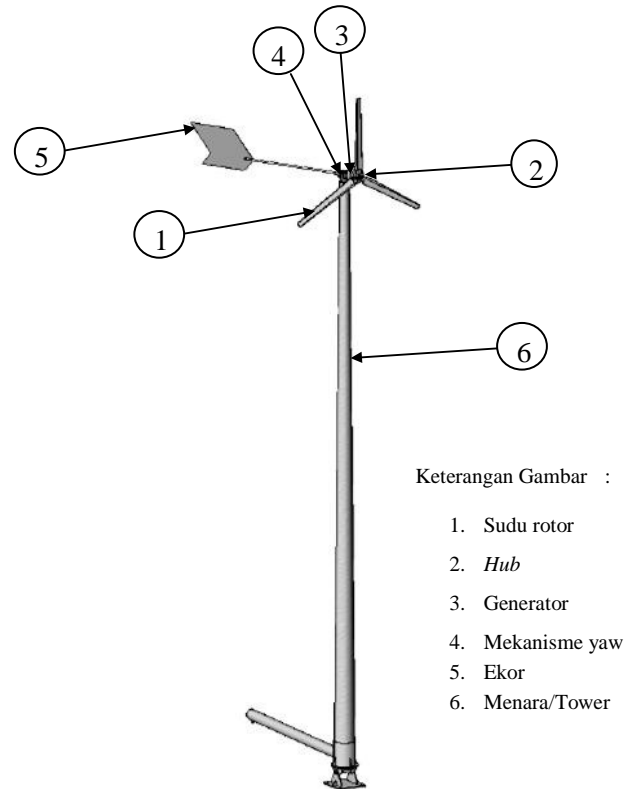
Gambar 9. Jenis-jenis tower (sumber : Sathyajith, Mathew. 2005)

2.3.7. Penyimpanan energi atau Baterai

Dalam banyak aplikasi baterai yang digunakan untuk menyimpan listrik yang dihasilkan, sementara sering inverter digunakan untuk mengkonversi listrik yang dihasilkan. Karena angin tidak selalu tersedia maka energy disimpan kedalam baterai.

3. Metodologi Penelitian

Dalam membuat desain turbin angin, diperlukan pemikiran yang cukup telah diberikan kepada kesederhanaan yang dibutuhkan dalam lokasi daerah yang diusulkan. Ketika mempertimbangkan biaya tinggi yang terkait dengan penggunaan turbin angin tersebut. Masing-masing komponen utama dalam sistem konversi energi angin akan dirancang atau ditentukan sesuai dengan metode rekayasa normal. Gambar turbin yang akan dirancang dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 10. Skema perancangan turbin angin

Langkah berikut, Perancangan ini melakukan pengambilan data angin untuk mengetahui berapa kecepatan angin yang diperoleh. Dalam pengambilan data angin sebelumnya memasang tiang dengan ketinggian 10 meter di wilayah pesisir kota langsa, tepatnya ditempat pelelangan ikan (TPI) kuala langsa dan memasang alat ukur anemometer.

Dari perolehan data angin di wilayah ini potensi kecepatan angin rata-rata 4,5 m/s dan puncak angin mencapai 7,5 m/s. biasanya turbin angin bekerja maksimum 8 jam dalam perharinya. kecepatan angin tersebut mempengaruhi daya *output* dari turbin yang akan dirancang. Berikut ini tabel data kecepatan angin di wilayah kota langsa :

Tabel 1. Data Arah Dan Kecepatan Angin Kota Langsa

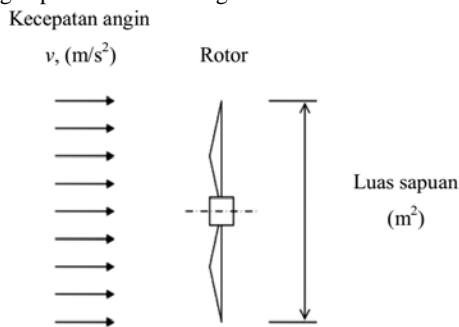
Waktu	Kecepatan Angin		Arah Angin	
	min	max	min	max
Januari	0	3.8	E	W
Februari	0	5.4	E	W
Maret	0	4.8	SE	NW
April	0	4.5	E	W
Mei	0	4.1	E	W
Juni	0	4.9	SE	NW
Juli	0	3.8	SE	NW

Waktu	Kecepatan Angin		Arah Angin	
	min	max	min	max
Agustus	0	3.4	E	W
September	0	3.3	E	W
Oktober	0	2.2	SE	NW
November	0	5.9	SE	W
Desember	0	7.5	SE	NW
Rata-Rata Tahunan	0	4,5		

Sumber : Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG)
Balai Besar Wilayah-I Banda Aceh

4. Hasil Dan Pembahasan

Dari hasil pengukuran kecepatan angin diwilayah pelabuhan kuala langsa didapat kecepatan angin rata-rata sebesar 4.5 m/s dan puncak angin 7,5 m/s. Kecepatan rata-rata angin tersebut menjadi acuan untuk merancang sebuah turbin angin sumbu horizontal 3 sudu yang dapat di analisa sebagai berikut :



4.1. Menghitung Daya output

4.1.1. Daya rotor

Daya rotor ditentukan dengan persamaan 4 maka didapatlah Pr = 260,9 watt

Jika turbin angin bekerja selama 8 jam dalam sehari dengan kecepatan angin maksimum 7,5 m/s maka daya rotor dapat menghasilkan daya: Pr = 1207,9 watt

4.1.2. Daya ouput Turbin Angin

Daya output yang dihasilkan dari daya rotor dapat dihitung dengan persamaan 5 dikalikan η efisiensi turbin sebagai berikut :

Dimana :

CP = koefisien daya blade = 0,4 η = efisiensi turbin, mengingat semua kerugian mekanik dan listrik 90% = 0,9

$$1087,12 \text{ watt} = 1,08 \text{ kW}$$

P =

Dari pernyataan diatas dapat dihitung daya teoritis keluaran Turbin Angin dengan variasi jari-jari sudu dan variasi kecepatan angin. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut jika menggunakan jari-jari (r) 2 meter :

Tabel 2. Daya output terhadap variasi kecepatan angin

No.	V (m/s)	Daya (Watt)
1.	1	2,57
2.	2	20,61
3.	3	69,57
4.	4	164,92
5.	5	322,11
6.	6	556,60
7.	7	883,86
8.	7,5	1087,12

4.1.3. Tip speed ratio

Tip speed ratio ditentukan dalam perancangan sudu dengan nilai 8 maka putaran yang dihasilkan :

$$\omega = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{v\lambda}{r}$$

ω = Kecepatan sudut blade (Rps)

$$\omega = \frac{60}{2 \times 3,14} \times \frac{4,5 \times 8}{2}$$

$$= 17,197 \text{ Rps}$$

- Gaya yang diberikan angin terhadap sebuah penampang dengan luas A dan jari-jari (R), dihitung dengan persamaan 6. Didapatlah F_{angin} = 144,9 N/s
- Untuk torsi rotor (T_{rotor}) dengan persamaan 7 yaitu :

$$T_{rotor} = CT \frac{1}{2} \rho v^2 A \cdot R$$

Dimana CT adalah koefisien torsi yang besarnya ditentukan dari hubungan antara torsi dan daya diperoleh dari persamaan 8 didapatlah CT = 0,05 Rpm

Jadi torsi rotor dapat dihitung T_{rotor} = 14,49 Nm

- Luas area paparan angin
Luas area paparan angin dapat ditentukan menggunakan persamaan 9 didapat As = 12,56 m²

4.1.4. Rotor Solidity

Rotor solidity ditentukan dengan persamaan 10 dimana c = 0,948

- Gaya Trush
Gaya Trush ditentukan dengan persamaan 11 didapat FT = 150,98 N

4.2. Menghitung beban pada hub

Untuk menemukan gaya inersia maksimum setiap *blade* kecepatan rotor dapat dihitung dengan persamaan ini :

$$Finertia = rG\omega^2 msudu$$

Dimana :

Rg : Jarak dari sumbu ke pusat gravitasi 0,62 m

ω : Kecepatan sudut rotor 17,197 (rad/s)

msudu : Massa sudu rotor 5 kg

$$Finertia = 916,78 N$$

4.3. Menghitung gaya masing-masing pada rotor dan ekor

Keseimbangan gaya pada mekanisme *yaw* menyebabkan turbin untuk memutar sehingga sumbu rotor tidak lagi sejajar dengan arah angin. Sistem ini digunakan untuk pengaman turbin jika kecepatan angin ekstrim. Gaya tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sum M_0 = F_{rotor} \times l_{rotor} - F_{ekor} \times l_{ekor}$$

Dimana:

Frotor : gaya dorong rotor (N)

lrotor : jarak dari sumbu yaw ke rotor 0,22 m

Fekor : gaya angin normal ke ekor (N)

lekor : Jarak dari sumbu yaw ke pusat ekor 1,7 m

Sehingga untuk rotor :

$$F_{rotor} = \rho A_{rotor} v^2$$

$$F_{rotor} = 1,2 \times 11,93 \times 7,5^2$$

$$F_{rotor} = 805,275 N$$

Dan untuk ekor :

$$F_{ekor} = \rho A_{ekor} v^2 \sin 45^0$$

$$F_{ekor} = 1,2 \times 0,86 \times 7,5^2 \times \sin 45^0$$

$$F_{ekor} = 49,4 N$$

$$\sum M_0 = F_{ekor} \times l_{rotor} - F_{rotor} \times l_{ekor}$$

$$\sum M_0 = 805,275 N \times 0,22 m - 49,4 N \times 1,7 m$$

$$= 93,18 N$$

5. Kesimpulan

Turbin angin yang dirancang adalah turbin angin sumbu horizontal 3 sudu dengan daya output maksimum 1 kW. Berdasarkan hasil perancangan turbin angin dengan komponen sudu berbahan fiberglass (GFRP) bahan plastik yang diperkuat oleh serat-serat halus yang terbuat dari kaca, jenis generator yang dipakai generator permanen magnet, mekanisme yaw terbuat dari baja aluminium, ekor terbuat dari baja standar dan tiang menara dipilih besi pipa galvanis diperkuat serat glass polimer. Turbin hasil perancangan akan menghasilkan daya output maksimum 1 kW dengan kecepatan angin sebesar 7,5 m/s dengan diameter sudu 4 meter. dari pengambilan data angin yang dilakukan kecepatan angin rata-rata hanya 4,5 m/s dan daya keluaran sebesar 260,9 watt. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar kecepatan angin, serta densitas udara semakin besar pula nilai daya angin yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzi, 2012, Pengukuran Performasi Turbin Angin Hummer 10 KW Pada Pembangkit Listrik Hibrid Bayu-Diesel di Pidie Jaya, Jurnal Online TekniK Elektro.
- Ginlong , 2006, Ningbo Ginlong Technologies Co. Ltd., accessed on 3 September 2008, < magnetgenerator-alternator.htm >
- Hau, E., 2006, Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics, 2nd Ed., Springer, Germany.
- Lungan, Franciscus. 2008, Perancangan dan Pembuatan Turbin Angin Sumbu Horizontal Tiga Sudu Berdiameter 3.5 Meter dengan Modifikasi Pemotong dan Pengaturan sudut Pitch. skripsi Jurusan Teknik Mesin, ITB.
- Manwell, J., et al. 2002, Wind Energy Explained: Theory Design and Application, John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Satyajith, Mathew, 2005, Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics, Springer: Berlin, Germany
- Sayoga , dkk, 2014, Pengaruh variasi jumlah blade terhadap performa aerodinamik pada rancangan kincir angin 300 watt, Universitas Mataram
- Schlager, N., Weisblatt, J. 2006, Alternative Energy, vol. 3, Thomson Gale, Detroit
- Simon, JS. 2008, Design Of a Small Wind Turbine. Faculty of engineering and surveying. University of Southern Queensland
- Sularso, Kiyokatsu Suga, 1987. Dasar-Dasar Perencanaan Dan Pemeliharaan Elemen Mesin. Jakarta PT. Pradnya Mita
- Syahputra, 2015, Rancang Bangun Kincir Angin Multiblade Sebagai Penggerak Pompa air. Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin, Universitas Samudra.