

Analisa Pengaruh Jumlah *Blade* Terhadap Putaran Turbin Pada Pemanfaatan Energi Angin di Pantai Ujung Batu Muaro Penjalinan

Asnal Effendi*, Mori Novriyanti, Arfita Yuana Dewi, Andi M. Nur Putra

Institut Teknologi Padang, Padang

E-mail: asnal.effendi@gmail.com

ABSTRACT

Wind turbines as processing facilities for wind energy into electrical energy can be one reason for the problem of the energy crisis. Wind turbines can be varied in the number of blades to be able to rotate, and the number of wind turbine blades will affect the turbine's rotational speed. The purpose of this study is to determine the effect of the number of blades on turbine rotation so that it can produce electrical power. The turbine's rotational speed depends on the speed of the wind blowing, the faster the wind blows, the faster the turbine will spin, as well too the power it will produce. From the results of testing the savonius type vertical axis wind turbine with 2 blades at 3.1 m/s wind speed rotating by producing wind energy as big 1.605 joule, when using 3 blades at wind speed 5.4 m/s produces wind energy 12.731 joule, and use 4 blades at wind speed 3.2 m/s to produce wind energy as big 3.532 joule.

Keywords: wind turbine, wind speed, number of blades

ABSTRAK

Turbin angin sebagai fasilitas pengolah energi angin menjadi energi listrik dapat menjadi salah satu alasan atas masalah krisis energi. Turbin angin dapat divariasikan jumlah *bladenya* untuk dapat berputar, dan jumlah *blade* turbin angin akan mempengaruhi kecepatan putar turbin. Kecepatan putar turbin tergantung pada kecepatan angin yang berhembus, semakin kencang hembusan angin maka akan semakin kencang putaran turbin, begitu juga dengan daya yang akan dihasilkannya. Dari hasil pengujian turbin angin sumbu vertikal tipe savonius dengan 2 *blade* pada kecepatan angin 3.1 m/s berputar dengan menghasilkan energi angin sebesar 1.605 *joule*, saat menggunakan 3 *blade* pada kecepatan angin 5.4 m/s menghasilkan energi angin 12.731 *joule*, dan menggunakan 4 *blade* pada kecepatan angin 3.2 m/s menghasilkan energi angin sebesar 3.532 *joule*.

Kata kunci: turbin angin, kecepatan angin, jumlah *blade*

1. LATAR BELAKANG

Energi angin muncul sebagai sumber energi alternatif sekaligus sumber energi terbarukan [1]. Indonesia sebagai Negara kepulauan memiliki wilayah pesisir yang potensial untuk pengembangan listrik tenaga angin (PLTB). Karena sifatnya yang terbarukan (*renewable*) sudah jelas akan memberikan keuntungan karena angin tidak akan habis digunakan tidak seperti pada penggunaan bahan bakar fosil. Tenaga angin juga merupakan sumber energi yang ramah lingkungan, dimana penggunaannya tidak mengakibatkan emisi gas buang atau polusi yang berarti ke lingkungan [2].

Pantai ujung batu muaro penjalinan memiliki potensi energi angin yang cukup kencang, dimana angin berhembus paling rendah dengan kecepatan 1 m/s terjadi di pagi hari, dan kecepatan angin pada siang hari sampai pada 5.4 m/s. Akan tetapi, energi angin tersebut belum dimanfaatkan sebagai bahan

bakar pembangkit listrik. Sampai saat ini sumatera barat masih menggunakan bahan bakar dari energi fosil. Pemakaian energi fosil di sumatera barat sebagai bahan bakar pada pembangkit listrik terdapat pada PLTU Teluk Sirih, PLTU Ombilin, PLTG dan PLTD Pauh Limo, sementara energi angin masih terabaikan.

Energi angin yang terdapat di pantai ujung batu muaro penjalinan dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik. Melalui pemanfaatan energi angin tersebut pemakaian bahan bakar fosil (batu bara, gas dan minyak bumi) yang selama ini berlebihan dapat dikurangi dan dapat menghemat biaya mengingat begitu mahalnya harga bahan bakar tersebut.

Pada dasarnya energi yang dihasilkan angin belum dapat langsung dipergunakan, oleh karena itu diperlukan mesin yang dapat mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik sehingga dapat

diteruskan menjadi energi listrik. Alat ini dinamakan dengan turbin angin atau sering disebut juga dengan kincir angin [3]. Turbin angin dapat dibedakan berdasarkan arah sumbu rotasi rotor yaitu turbin angin sumbu vertikal (TASV), turbin angin sumbu horizontal (TASH) [4 – 7].

Namun, agar dapat dihasilkan energi yang maksimal, maka energi angin yang ditangkap harus dapat dikonversikan secara maksimal untuk menghasilkan energi listrik [5, 7]. Salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi energi yang dibangkitkan adalah jumlah bilah anging. Oleh sebab itu dalam paper ini akan diulas bagaimana pengaruh jumlah *blade* terhadap putaran turbin, berapa kecepatan angin yang bisa dimanfaatkan untuk dapat memutar turbin, dan bagaimana proses pemanfaatan energi angin menjadi energi listrik.

2. TURBIN ANGIN

Turbin angin merupakan alat konversi energi angin menjadi energi mekanik. Energi angina (P_{wind}) ini sendiri merupakan hasil dari setengah kali massa jenis udara (ρ) dengan luas penampang cakupan dari turbin angin (A) dan pangkat tiga dari kecepatan anginnya (V^3). Jadi, sedikit saja selisih kecepatan anginnya, maka perbedaan energi yang dihasilkannya dapat berkali lipat besarnya, misalkan apabila jari-jari turbin yang digunakan sebesar 1m dan densitas udaranya 1.225 maka pada kecepatan angin 3m/s energinya 52 W dan pada kecepatan angin 6m/s energinya jauh lebih besar yaitu 415 W. Inilah yang dinamakan Energi Angin (P_{wind}) [3].

Setiap sistem pasti memiliki suatu tingkat efisiensi kerja karena hampir tidak ada sistem yang mampu bekerja sempurna, seperti halnya turbin angin ini. Oleh karena itu, untuk mendapatkan Energi Mekanik dari hasil turbin ini maka perlu diperhitungkan juga nilai efisiensi turbin (C_p). Nilai efisiensi ini sudah ditentukan dari awal mula sistem (turbin angin) ini didesain. Energi mekanik dari turbin ini berupa kecepatan putaran bilah turbin (ω) dan torsi, T , (besar gaya yang diberikan pada suatu panjang lengan beban/*blade*) [3].

Energi angin di formulasikan dengan:

$$P_{wind} = \frac{1}{2} (\rho V^3_{wind} A) \quad (1)$$

$$P_{mechanical} = P_{wind} \cdot C_p \quad (2)$$

Untuk luas sapuan area dihitung dengan:

$$A = P1.L.B \quad (3)$$

Energi mekanik dirumuskan sebagai berikut

$$Wm = \omega.T \quad (4)$$

$$\omega = n \frac{2\pi}{60} rad/s \quad (5)$$

$$= \frac{n\pi}{30} rad/s \quad (6)$$

$$T = F.R \quad (7)$$

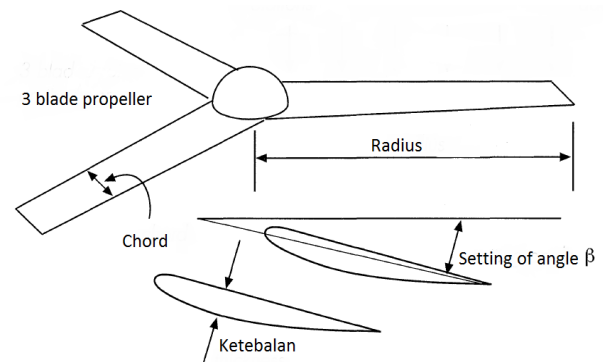
$$F = m.g \quad (8)$$

$$C_t = \frac{C_p}{x} \quad (9)$$

$$C_p = \frac{Wm}{P_{wind}} \quad (10)$$

3. DESAIN BLADE

Blade merupakan bagian penting dalam suatu sistem turbin angin sebagai komponen yang berinteraksi langsung dengan angin. Secara umum terdiri dari 2 tipe yaitu *horizontal axis wind turbine* (HAWT) dan *vertical axis wind turbine* (VAWT). Kedua tipe ini dapat disesuaikan dengan orang yang ingin mengimplementasikannya dan kemampuan dalam mewujudkan. Untuk tipe vertikal pembuatannya jauh lebih sulit dibandingkan horizontal dan tergantung pada keterampilan pembuatnya [3].



Gambar 1 Bagian-bagian pada *Blade* [3]

Blade terdiri dari beberapa bagian, seperti berikut:

a) Radius (jari-jari *blade*)

Menghitung jari-jari parsial bilah [15]:

$$r = 0.25 \left[\left(\frac{R-0.25}{n} \right) (elemen) \right] \quad (11)$$

b) *Chord* (lebar *blade*)

$$Cr = \frac{16\pi.R.\left(\frac{R}{r}\right)}{9x^2.\beta.Cl} \quad (12)$$

Rumus 11 dan 12 digunakan apabila menggunakan software *solidworks* untuk melakukan perancangan *blade*, rumus tersebut digunakan dalam pembuatan jumlah elemen di *excel*.

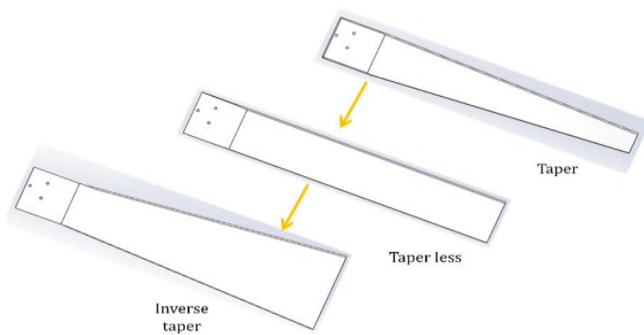
c) *Leading edge*

d) *Trailing edge*

- e) *Chord line* (garis yang menghubungkan *leading* dan *trailing edge*)
- f) *Setting of angle (pitch)*, sudut antara *chord line* dan bidang rotasi dari rotor
- g) *Angle of attack* (sudut antara *chord line* dengan arah gerak udara relatif)

Berdasarkan desainnya *blade* mempunyai 3 jenis bentuk, yaitu [3]:

- a) *Taper* (mengecil ke ujungnya)
- b) *Taperless* (pangkal dan ujungnya memiliki lebar yang sama)
- c) *Inverse-taper* (membesar ke ujungnya)



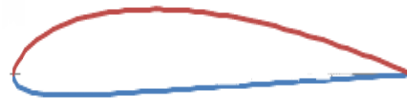
Gambar 2 Jenis-Jenis *Blade* [3]

Ketiga *blade* ini memiliki kapasitasnya masing-masing, seperti *blade taper* cocok untuk angin berkecepatan tinggi, sementara *inverse-taper* cocok untuk kecepatan angin rendah (putaran rendah, torsi tinggi) dan *blade taper-less* di antara keduanya. Setelah mengetahui jenis-jenis *blade* dapat dilakukan perancangan sesuai dengan bentuk yang kita inginkan. Dalam merancang suatu *blade* ada beberapa aspek yang perlu dipahami, yaitu [3]:

- a) Mekanika Fluida
- b) Aerodinamika
- c) Material

Dengan memahami mekanika fluida dan aerodinamika maka terdapat beberapa parameter dalam merancang suatu *blade*, seperti [3]:

- a) *Tip Speed Ratio (TSR)*, seberapa kali lebih cepat antara kecepatan angin dan putaran pada ujung *blade*. Semakin besar nilai *TSR* maka semakin cepat juga putaran ujung *blade*.
- b) *Airfoil*, bentuk desain ujung *blade* berdasarkan gaya angkat dan dorong (*lift and drag forces*) *blade* terhadap aliran udara yang melewatinya. Saat ini ada beraneka ragam desain *airfoil* dan pada TSD-500 digunakan model *Clark Y* untuk *airfoil*-nya [3].



Gambar 3 *Airfoil* Bentuk Desain Ujung *Blade* [3]

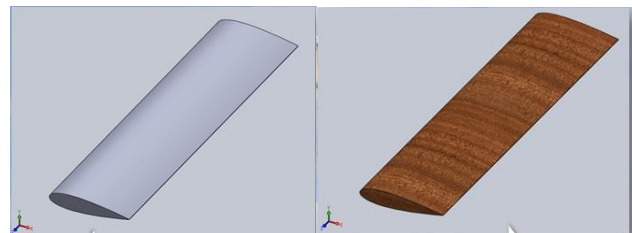
- c) *Twist*, sudut puntir (β) pada *blade* antara *chord line* dengan bidang rotasi rotor

$$\beta = \phi - \alpha \quad (2.14)$$
- d) *Angle of attack* (α), sudut antara gerak aliran udara dengan *chord line*. Rasio α yang paling baik dan umumnya digunakan adalah 4°
- e) *Power Coefficient (Cp)*, Kemampuan *blade* untuk menyerap energi angin yang diterimanya. Dari semua energi angin yang diterima, hanya sekitar 50% yang dapat diekstrak (Teorema Betz)
- f) Panjang *blade*, untuk menentukan seberapa banyak energi angin yang dapat diperoleh berdasarkan luas area sapuan *blade*.

Untuk mendapatkan bentuk wujud nyata yang lebih bagus, hal pertama kali yang dilakukan adalah pemilihan jenis *airfoil* dan membandingkannya dengan menggunakan software *QBlade*. Dari hasil perbandingan tersebut salah jenis *airfoil* akan ada hasil yang lebih bagus, baik itu *cp* atau *cl /cd*. Jenis *airfoil* yang telah dipilih akan dilanjutkan ke software *solidworks*, dimana *software* ini berfungsi sebagai perancangan *blade* dan gambar kerja geometri *blade* 2D.

Ada beberapa bahan yang dapat digunakan untuk pembuatan *blade*, seperti [3]:

- a) *Fibber*
- b) Logam (besi, aluminium, dll)
- c) Kayu
- d) *Styrofoam*, dll.

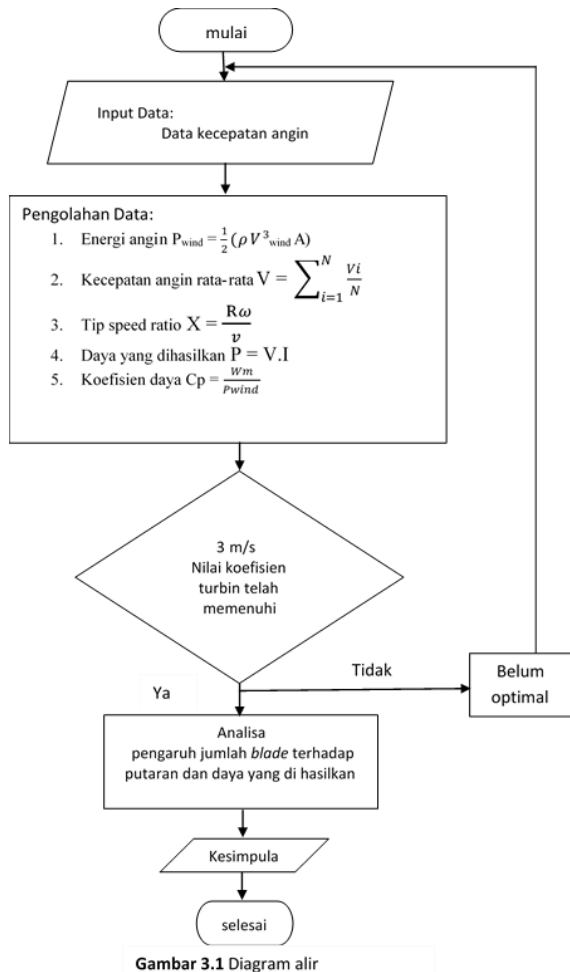


Gambar 4 Bentuk rancangan bilah VAWT

Pemilihan material harus seimbang dan tepat guna berdasarkan kualitas, harga, dan penyampaian kepada pengguna (QCD). Turbin angin TSD menggunakan bahan kayu pinus yang ringan, kuat, murah, dan bahannya yang mudah

ditemui di Indonesia. Bahan baik yaitu dengan styrofoam ringan, mudah dibentuk, murah, dan tidak berbahaya.

Blade juga harus di uji dari segi ketahanan terhadap lingkungan, baik itu terhadap badai ataupun pada kecepatan angin tertentu. Kemungkinan yang harus diperhatikan seperti patah *blade*, cacat akibat bertabrakan dengan butiran pasir, debu, ataupun material lainnya karena kecepatan tinggi dan juga dapat mempengaruhi berat *blade* bila ada retakan (kemungkinan air/fluida lainnya menyerap), serta kemungkinan *blade* dapat melengkung, dan hal lainnya yang harus diperhatikan adalah dari segi keamanan baik dalam proses pemasangan ataupun setelah dipasang.



Gambar 3.1 Diagram alir

Gambar 5 Flowchart proses penentuan jumlah blade

4. HASIL PENELITIAN

Untuk melengkapi data yang dibutuhkan dalam melakukan analisa dan perhitungan pada penelitian ini maka dibutuhkan data yang sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun data tersebut diambil sesuai

dengan aplikasi penelitian yaitu data kecepatan angin dari BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) Stasiun Meteorologi Maritim Teluk Bayur.

Dengan menggunakan data-data yang didapat dari tempat aplikasi kajian, baik data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) maupun data dari lapangan, maka dapat dilakukan perhitungan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menghitung energi angin dengan menggunakan persamaan (2.1)
- Menghitung kecepatan angin rata-rata dengan menggunakan persamaan (2.10)
- Menghitung *tip speed ratio* dengan menggunakan persamaan (2.9)
- Menghitung daya yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan (2.14)
- Menghitung koefisien daya dengan menggunakan persamaan (2.8)

Dari hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1 Data yang diperoleh dari turbin angin dengan 2 blade

Jumlah Blade	Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Arus (mA)	Tegangan (V)
2-Blade	1.5	-	-	-
	1.9	-	-	-
	3.1	203.2	35.26	0.202

Tabel 2 Data yang diperoleh dari turbin angin dengan 3 blade

Jumlah Blade	Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Arus (mA)	Tegangan (V)
3-Blade	5.4	1320	31.43	0.641
	2.8	266.3	23.14	0.383
	4.1	632.1	30.25	0.554

Tabel 3 Data yang diperoleh dari turbin angin dengan 4 blade

Jumlah Blade	Kecepatan Angin (m/s)	RPM	Arus (mA)	Tegangan (V)
4-Blade	3.2	992.8	19.60	0.443
	3.1	852.8	13.10	0.385
	2.8	573.1	12.17	0.325

Hasil perhitungan data disaat blade berjumlah 2,3,4

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa pemakaian jumlah *blade* sebanyak 3 lebih optimal dibanding dengan 2 dan 4 *blade*. Hasil yang diperoleh lebih

efisien seperti pada daya (W) yaitu 0.02012 W, 0.00884 W, 0.01673 W.

Tabel 4 data hasil perhitungan disaat *blade* berjumlah 2, 3 dan 4

Jumlah <i>Blade</i>	Energi angin (Joule)	Kec. Angin rata-rata (m/s)	<i>Tip speed ratio</i>	Daya (W)	Koefisien daya
2 <i>Blade</i>	1.605	1.033	2.194	0.00713	1.603
3 <i>Blade</i>	12.731	1.8	4.221	0.02012	1.313
	1.774		0.851	0.00884	1.9
	5.572		2.02	0.01673	1.449
4 <i>Blade</i>	3.532	1.066	5.361	0.00848	3.559
	3.211		4.605	0.00504	3.363
	2.366		3.094	0.00395	3.067

5. KESIMPULAN

Pada saat menggunakan 2 *blade* pada kecepatan angin 3.1 m/s dengan putaran turbin 203.2 RPM menghasilkan daya sebesar 0.00713 W. Kemudian saat menggunakan 3 *blade* pada kecepatan angin 2.8 m/s dengan putaran turbin sebesar 266.3 RPM menghasilkan daya 0.00884 W, dan saat menggunakan 4 *blade* dengan kecepatan angin 3.1 m/s dengan putaran turbin 852.8 RPM menghasilkan daya sebesar 0.00504 W. Dapat dilihat bahwa jumlah *blade* mempengaruhi putaran suatu turbin dan daya yang akan dihasilkannya walaupun kecepatan angin yang mengalir ke turbin sama besar. Hal ini terkait dengan massa *blade* yang mempengaruhi TSR. Kecepatan angin di pantai ujung batu muaro penjalinan, padang yang dapat memutar turbin paling rendah adalah pada kecepatan 2.8 m/s dengan putaran turbin 573.1 RPM (4 *blade*), dan 2.8 m/s dengan putaran turbin 266.3 RPM (3 *blade*). Kecepatan angin paling besar yaitu 5.4 m/s dengan putaran turbin sebesar 1320 RPM (3 *blade*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adriani. "Perancangan Pembangkit Listrik Kincir Angin Menggunakan Generator Dinamo Drillini Terhadap Empat Sumbu Horizontal". Jurnal instek, P-ISSN: 2541-1179, E-ISSN: 2581-1711, volume 3 No.1, April 2018.
- [2] Rachman Akbar. "Analisis dan Pemetaan Potensi Energi Angin di Indonesia". Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Juli 2012.
- [3] Lentera Angin Nusantara. "[Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin dan Standard Operational Procedure](#)". Ciheras, PT. Lentera Bumi Nusantara, 2014.
- [4] Budiastra, IA., IN, dkk. "Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Nusa Penida Dan Dampaknya Terhadap Lingkungan". Jurnal Bumi Lestari, Volume 9 No. 2, Agustus 2009.
- [5] Ginting D. "Sistem Energi Angin Skala Kecil Untuk Pedesaan". Jurnal Ilmiah Teknologi Energi, Vol.1, No.5, Agustus 2007.
- [6] Bagaskara S, dkk. "Analisa Pemanfaatan Turbin Angin Sebagai Penghasil Energi Listrik Alternatif Di Pulau Panggang Kepulauan Seribu". Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2008.
- [7] Napitupulu H F, Mauritz F. "Uji Eksperimental Dan Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Dan Jumlah Sudu Terhadap Daya Dan Putaran Turbin Angin Vertikal Axis Savonius Dengan Menggunakan Sudu Pengarah". Jurnal Dinamis ISSN 0216-7492, Volume II, No.12, Januari 2013.
- [8] Piggot Hugh. "Windpower Workshop". [Peninsula, British Wind Energy Association](#), 2000.
- [9] Meteorologi ITB. "Kuliah Energi Angin dan Matahari". 2011.
- [10] Lampiran Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017
- [11] Prof. A Kadir. "Energi". Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta 1987.
- [12] Misbahudin, dkk. "Analisa Pengaruh Perbedaan Variasi Jumlah Sudu Untuk Optimalisasi Daya Listrik Pada Turbin Angin Savonius Bertingkat". Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, 2017.
- [13] Roynarin Wirachai. "Optimisation Of Vertical Axis Wind Turbines". A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, Northumbria University, Maret 2004.
- [14] Novriyanti Mori. "Dokumentasi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu PT. Lentera Bumi Nusantara". Ciheras, Tasikmalaya, Agustus 2018.
- [15] Zahra.N.Inayah. "Dasar-Dasar Perancangan Bilah". Lentera Bumi Nusantara, 2016.
- [16] Tim Bilah Ciheras University. "Tutorial Perancangan Dan Pengujian Kekuatan Rangka Menggunakan Solidworks". Lentera Bumi Nusantara, 2017.
- [17] Robiansyah M.R. "Controller TSD-500". 2017.