

# KARAKTERISTIK WEIBULL PLTB MIANGAS

Ir. A.F. Nelwan, MT

*Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi*

*Manado-Indonesia*

afnelwan@unsrat.ac.id

**Abstrak** — Pulau Miangas merupakan salah satu lokasi potensial PLTB. Kapasitas PLTB bergantung kecepatan angin pangkat tiga sehingga permasalahan besar kecepatan angin menjadi penting untuk diteliti. Idealnya data kecepatan angin diperoleh melalui pengukuran jangka panjang namun mahal. Untuk memperpendek waktu pengukuran dan biaya maka ditempuh metode UKP; yaitu ukur-korelasi dan prediksi. Dimana data primer kecepatan angin di Pulau Miangas dikorelasikan dengan data sekunder dari stasiun Meteorologi Bandara Sam Ratulangi Manado, yang mempunyai catatan data 1973 – 2010. Koefisien korelasi dihitung dengan membandingkan data empirik dan hasilnya adalah 2,27. Angka itu dijadikan dasar melakukan prediksi kecepatan angin di Pulau Miangas. Besaran kecepatan angin prediktif tersebut kemudian dinyatakan dalam suatu grafik karakteristik fungsi probabilitas Weibull. Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimanakah karakteristik Weibull dari kecepatan angin di Pulau Miangas. Permasalahan utama tersebut diuraikan menjadi 2 pertanyaan yaitu: seperti apakah kurva karakteristik probabilitas kecepatan angin Pulau Miangas, serta berapakah faktor bentuk ( $k$ ) dan faktor skala ( $c$ ) yang dihitung dengan menggunakan metode simpangan terkecil. Hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk menentukan besaran-besaran dasar perancangan PLTB Miangas.

**Frasa Kunci**— PLTB, Kecepatan Angin, Distribusi Weibull

## I. PENDAHULUAN

Secara umum potensi energi bayu di Indonesia adalah 9.290 [MWe], yang setara dengan sekitar 45 kali kapasitas terpasang sistem tenaga listrik Sulawesi Utara. Namun, potensi tersebut dimanfaatkan di seluruh Indonesia belum mencapai 0,1 %. Salah satu kendala pemanfaatan yang minim tersebut adalah faktor posisi geografis daerah-daerah berpotensi berada jauh dari beban/konsumen/pemukiman. Namun lain halnya dengan Pulau Miangas, Kecamatan Nanusa, Kabupaten Talaud, Propinsi Sulawesi Utara; karena daerah itu berpotensi energi bayu dan dekat dengan beban/konsumen sekitar. Selain itu biaya produksi PLTB dapat bersaing dengan PLTD mengingat kelangkaan bahan bakar minyak akibat faktor jarak dan cuaca.

Permasalahan dalam penelitian ini adalah mengenai prediksi kecepatan angin untuk pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) Miangas bila dinyatakan dalam kurva distribusi probabilitas Weibull. Serta berapakah faktor bentuk ( $k$ ) dan faktor skala ( $c$ ) dari kurva probabilitas Weibull. Dengan batasan-batasan adalah: karakteristik arah datang angin tidak dibahas

mengingat variabel tersebut menjadi kurang signifikan bila digunakan VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*) yang dapat menyerap energi bayu dari segala arah, serta data sekunder kecepatan angin digunakan data tahun 1980 – 2010.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui: karakteristik kecepatan bayu spesifik di Pulau Miangas, serta menyatakan dalam kurva distribusi Weibull dan model matematik. Pencapaian 2 tujuan tersebut akan menjadi awal dari serangkaian penelitian lanjutan yang diharapkan berakhir pada pembuatan prototipe PLTB di Pulau Miangas; yang diharapkan merupakan kreasi otentik Civitas Academica Fatek Unsrat.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Energi yang terkandung dalam tiupan bayu merupakan energi kinetik. Energi kinetik ( $E_b$ ) yang dimiliki massa bayu ( $m$ ) dengan kecepatan  $V$  adalah [4]:

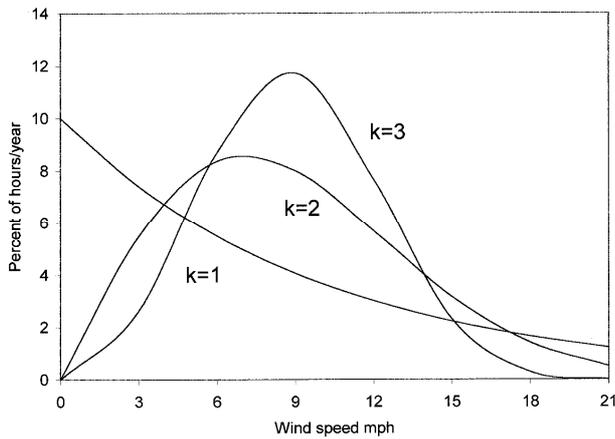
$$E_b = \frac{1}{2} m V^2 \quad [J] \quad (1)$$

Daya mekanik yang dapat diperoleh dari energi bayu:

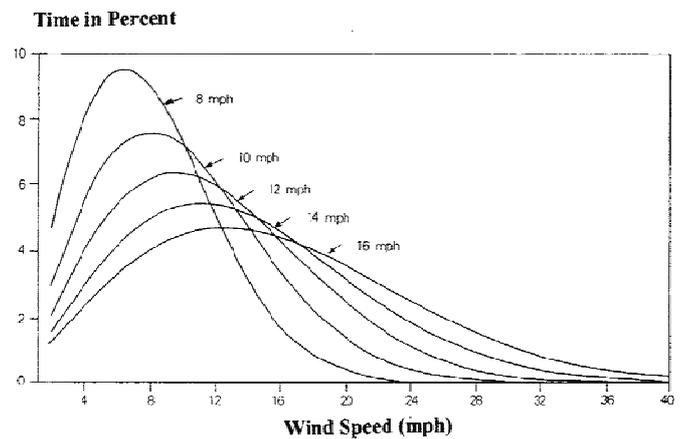
$$P_a = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p \quad [W] \quad (2)$$

$C_p$  Lazim disebut sebagai koefisien daya rotor atau efisiensi rotor nilai  $C_p$  maksimum adalah: 0,59. Daya aktual maksimum berbanding lurus dengan  $V^3$ , sehingga data tentang kecepatan bayu, sangatlah penting.

Bayu tidak pernah konstan di setiap tempat dan di setiap saat, sangat dipengaruhi oleh: iklim, kontur muka bumi, ketinggian lokasi. Oleh karena itu kecepatan rata-rata bayu harus diambil dalam rentang waktu yang lama, idealnya selama 10 tahun bahkan lebih. Namun, hal ini membutuhkan biaya yang sangat besar, sehingga umumnya diambil data yang lebih singkat. Data lokasi tersebut kemudian dibandingkan dengan data pengukuran di lokasi terdekat yang memiliki data jangka panjang; hasil perbandingan tersebut dapat digunakan untuk melakukan prediksi jangka panjang kecepatan bayu tahunan di lokasi yang sedang diteliti **Nama metode ini adalah metode ukur, korelasi dan prediksi disingkat sebagai UKP (*measure, correlate, and predict / mcp*) [4].**



Gambar 1. Karakteristik Weibull,  $k=1,2,3$  [4]



Gambar 2. Karakteristik Weibull;  $k=2, c=8...16$  (mph)[4]

Bayu tergantung pada matahari dan musim, sehingga memiliki pola yang berulang selama setahun. Acapkali sifat angin dinyatakan dengan merata-ratakan data bulanan sepanjang tahun untuk mendapatkan gambaran kekuatan angin pada suatu lokasi. Variasi kecepatan angin selama suatu periode dapat dijelaskan dengan teori fungsi distribusi probabilitas Weibull [4]. Fungsi probabilitas ( $h$ ) dengan 2 parameter, yaitu: parameter bentuk ( $k$ ) dan parameter skala ( $c$ ). Fungsi  $h$  tersebut dirumuskan sebagai berikut [4]:

$$h(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{(k-1)} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}; 0 < v < \infty \quad (3)$$

Rumus ini menyatakan probabilitas terjadinya keadaan angin dengan kecepatan sebesar  $v$  (dalam m/s), dimana:

$$h = \frac{\text{Jumlah waktu kecepatan angin diantara } v \text{ dan } v+\Delta v}{\Delta v} \quad (4)$$

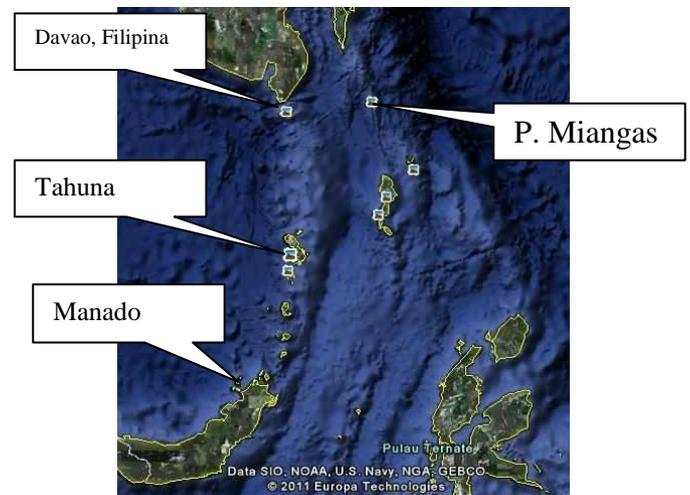
Jumlah waktu tersebut sering dinyatakan dalam persen maupun dalam jam/hari/bulan berlangsung; bilamana dipilih dinyatakan dalam persen, berlaku (5); sedangkan jika dipilih periode waktu setahun, maka fungsi probabilitas, berlaku (6).

$$\int_0^{\infty} h \, dv = 1 \quad (5)$$

$$\int_0^{\infty} h \, dv = 8760 \quad (6)$$

Satuan  $h$  pada (2.6) adalah jam/tahun per meter/detik

Parameter bentuk ( $k$ ) tipikal kebanyakan tempat adalah 1,5 – 2. Semakin besar nilai  $c$ , semakin banyak jumlah hari yang memiliki tiupan angin kencang. Dikarenakan sifat peningkatan besaran (skala) kecepatan, maka  $c$  disebut sebagai parameter skala. Gambar 1 dan 2; memberikan ilustrasi distribusi probabilitas Weibull untuk berbagai  $k$  (parameter bentuk) dan  $c$  (parameter skala).



Gambar 3. Letak Pulau Miangas

### III. METODE PENELITIAN

Kecepatan Angin di Pulau Miangas dijadikan obyek penelitian berdasarkan pertimbangan: relatif jauh dari Khatulistiwa sehingga memiliki potensi angin yang relatif besar, data hasil pengukuran singkat menunjukkan pulau Miangas memiliki potensi cadangan energi bayu yang layak[2,4], dan juga karena terisolir (*off-grid*) Pulau Miangas cocok untuk dibangun PLTB.

Data primer diperoleh dari pengukuran langsung oleh peneliti dengan cara melakukan survei angin langsung di pulau Miangas, yaitu: pengukuran Agustus 2006 & 2011. Data primer, 2011, diperoleh dengan mengukur kecepatan angin menggunakan Anemometer Digital : *Vane Probe*, Range 0,40 – 45,0 [m/s], Resolusi : 0,1 [m/s], Akurasi :  $\pm (2\% +0.1)$  [m/s], Merk & Tipe: Dekko AM4836.

Data primer hasil **ukur dikorelasikan** secara proporsional linier dengan data sekunder untuk mendapatkan koefisien korelasi dan akhirnya diperoleh sekumpulan data/angka kecepatan prediktip angin di Pulau Miangas. Sehingga, keluaran/hasil olah data yaitu suatu **prediksi** kecepatan angin tahunan di Pulau Miangas, yaitu menyangkut: besaran/magnitudo kecepatan angin. Setelah diperoleh sekumpulan data prediktip, dilakukan pengolahan untuk mendapatkan kurva karakteristik distribusi probabilita Weibull. Yang kemudian dicari model matematis atas karakteristik distribusi tersebut.

#### IV. HASIL & PEMBAHASAN

Menggunakan koefisien korelasi linier (k) sebesar 2,27 [1], diperoleh data prediksi kecepatan angin 1980-2010 di Pulau Miangas sesuai tabel 1. Tampak bahwa kecepatan bervariasi dari 2,3 – 22,0 [m/s], namun untuk tahun 1997-1999 tidak ada data (NA).

Data tersebut kemudian diolah dan ditabulasikan kedalam tabel frekuensi menjadi tabel 2. Berdasarkan tabel tersebut tampak bahwa kecepatan angin diantara 2 sampai 4 [m/s] berlangsung selama 13,5%. Frekuensi terbesar terjadi pada kelas kecepatan 4 – 6 [m/s], yaitu: 35,9 % .

Fungsi probabilita kecepatan angin relatip,  $h(v)$  bila dinyatakan dalam sumbu y dan kecepatan angin dinyatakan dalam sumbu x, maka didapat gambar 5.



Gambar 4. Proses Pengukuran Angin di Pulau Miangas[1]

TABEL 1 PREDIKSI KECEPATAN ANGIN 1980-2010

Bulan	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86
Jan.	4,8	6,4	4,3	5,2	3,4	7,5	4,5
Feb.	5,7	5,7	4,5	7,9	3,9	5,2	5,0
Mar.	6,1	5,2	4,8	7,9	4,5	6,1	4,8
April	5,2	3,6	5,0	7,0	3,2	5,2	5,0

Mei	6,6	3,9	5,9	3,6	3,2	4,8	4,8
Juni	8,2	3,9	8,4	3,4	5,2	5,9	4,3
Juli	8,2	5,0	12,7	6,4	6,8	5,2	5,2
Ag	9,5	12,3	14,5	9,3	8,2	6,8	12,7
Sept	9,5	4,3	10,0	5,9	3,9	6,1	6,6
Okto.	6,1	5,0	6,4	4,5	5,7	4,3	4,1
Nov.	4,8	4,3	4,8	3,9	4,5	4,1	3,4
Des.	5,7	5,2	4,3	3,4	5,7	4,1	3,9

Bulan	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93
Jan.	5,4	5,2	13,6	10,4	12,0	10,7	10,4
Feb.	5,7	5,4	7,9	12,9	12,5	12,9	10,4
Mar.	6,6	4,8	11,6	11,6	12,5	13,6	11,1
April	4,3	4,5	12,0	10,4	10,9	11,6	11,1
Mei	3,4	3,2	10,9	10,2	14,5	9,1	10,0
Juni	9,8	6,4	9,1	13,6	13,4	12,0	11,4
Juli	14,3	5,7	3,0	11,6	14,5	17,5	14,5
Ag	<b>22,0</b>	5,9	7,3	15,0	14,5	12,7	15,2
Sept	12,3	4,5	6,1	14,1	13,6	12,7	12,9
Okto.	6,1	5,2	3,2	10,0	11,1	9,5	13,2
Nov.	4,8	3,9	5,0	11,1	10,2	9,5	10,2
Des.	5,2	13,2	4,5	11,8	11,1	10,0	11,1

Bulan	'94	'95	'96	'00	'01	'02	'03
Jan.	10,4	11,4	3,2	2,7	2,7	7,0	6,4
Feb.	11,8	4,5	3,2	2,7	3,4	6,4	6,6
Mar.	11,6	4,1	4,5	3,4	3,2	6,1	5,7
April	10,9	4,3	3,0	<b>2,3</b>	3,2	5,2	5,0
Mei	12,0	3,9	3,0	2,7	3,6	6,1	7,0
Juni	11,1	3,9	2,7	2,7	3,6	8,4	8,6
Juli	17,9	4,8	NA	7,3	6,1	14,8	8,9
Ag	18,8	8,2	NA	5,4	13,6	16,1	10,0
Sept	12,9	4,5	NA	4,1	4,1	9,5	8,2
Okto.	12,3	13,6	NA	3,2	4,5	6,1	5,2
Nov.	11,1	2,5	NA	3,0	5,2	4,5	5,0
Des.	10,0	4,3	NA	4,8	6,6	6,1	5,9

Bulan	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10
Jan.	5,4	7,5	3,9	5,9	6,6	5,7	6,1
Feb.	5,4	8,6	5,4	5,9	5,9	5,9	8,2
Mar.	6,6	5,9	5,7	7,0	5,7	5,9	7,5
April	5,4	5,4	4,3	6,1	5,0	5,4	5,9
Mei	4,5	7,0	3,9	5,7	7,5	5,7	4,5
Juni	12,5	7,3	5,0	5,0	8,9	8,2	5,4
Juli	9,8	8,2	11,6	11,6	7,5	11,1	5,9
Ag	16,6	13,4	19,1	11,6	9,5	12,5	6,4
Sept	9,8	8,6	8,2	10,2	6,8	9,5	5,9
Okto.	6,1	5,4	7,7	6,1	5,4	6,4	NA
Nov.	5,0	5,4	5,2	5,7	4,8	6,4	NA
Des.	5,2	3,6	4,3	5,7	5,7	5,9	NA

TABEL 2 DISTRIBUSI FREKUENSI KECEPATAN ANGIN

Klas V [m/s]	Median Klas	Frekuensi		h(v) [%/m/s]
		Abs.	Rel. [%]	
0-2	1	0	0,0	0,0
2-4	3	44	13,5	6,7
4-6	5	117	35,9	17,9
6-8	7	51	15,6	7,8
8-10	9	35	10,7	5,4
10-12	11	34	10,4	5,2
12-14	13	29	8,9	4,4
14-16	15	10	3,1	1,5
16-18	17	4	1,2	0,6
18-20	19	2	0,6	0,3
20-22	21	1	0,3	0,0
	Total	326	100,0	

Mengamati gambar 5, kemudian melakukan analisa simpangan baku, dapat dinyatakan bahwa fungsi probabilita Weibull dari kecepatan angin di pulau Miangas; memiliki faktor bentuk (k) sekitar 2 dan faktor skala (c) sekitar 7. Sehingga fungsi probabilita Weibull kecepatan angin di pulau Miangas adalah sebagai berikut:

$$h(v) = \left(\frac{k}{c}\right) \left(\frac{v}{c}\right)^{(k-1)} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad (7)$$

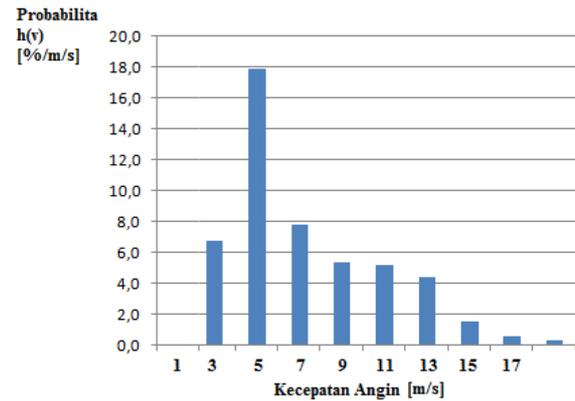
$$= \left(\frac{2}{7}\right) \left(\frac{v}{7}\right) e^{-\left(\frac{v}{7}\right)^2}$$

$$h(v) = \frac{2}{49} v e^{-\frac{v^2}{49}} \quad (8)$$

## V. KESIMPULAN & SARAN

Sesuai dengan permasalahan yang telah dikemukakan, perolehan data serta pengolahan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Data yang digunakan dalam penelitian kecepatan angin di PLTB Miangas, didasari oleh metode UKP, yaitu: ukur – korelasi dan prediksi
2. Karakteristik kecepatan angin untuk PLTB Miangas bervariasi dari 2,3 – 22,0 [ m/s]
3. Peluang/probabilita terjadinya kecepatan angin 4-6 [m/s] adalah 35,9 %, merupakan probabilita terbesar.



Gambar 5. Probabilita Weibull Kec. Angin P. Miangas

4. Karakteristik distribusi probabilita kecepatan angin untuk PLTB Miangas, membentuk kurva karakteristik Weibull dengan parameter bentuk (k) adalah 2, dan parameter skala (c) adalah 7.
5. Akurasi hasil penelitian diakui perlu ditingkatkan, sehingga disarankan perbaikan melalui penelitian lebih lanjut di kemudian hari.

## REFERENSI

- [1] A.F. Nelwan, *Kapasitas Optimum Pembangkit Listrik Tenaga Bayu di Pulau Miangas Sulut*, Laporan Akhir Penelitian, Lembaga Penelitian Unsrat, 2011
- [2] A.F. Nelwan, *Ekspedisi Pulau Terluar Indonesia*, Laporan Tugas, 2006
- [3] IR. *Wind Power*, IR Wind Power Co. Ltd., 2008
- [4] R.M. Patel, *Wind and Solar Power System*, CRC Press, New York, 1999
- [5] J.Y. Park, et al., *A Novel Vertical-Axis Wind Turbine for Distributed & Utility Deployment*. Tersedia pada : <http://www.documbase.com>. 2012