

# Analisa Kecepatan Angin Menggunakan Distribusi Weibull di Kawasan Blang Bintang Aceh Besar

## *Wind Speed Analysis using Weibull Distribution in the Region Blang Bintang Aceh Besar*

Khairiaton, Elin Yusibani\* dan Gunawati  
Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Unsyiah

*Received September, 2016, Accepted November, 2016*

Telah dilakukan penelitian terhadap kecepatan angin di kawasan Blang Bintang kabupaten Aceh Besar untuk melihat bagaimana potensi pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di daerah tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisa kecepatan angin berdasarkan data dari pengukuran anemometer menggunakan distribusi Weibull untuk tahun 2012 sampai 2015. Berdasarkan distribusi Weibull didapatkan bahwa parameter bentuk ( $k$ ) yang diperoleh di kawasan Blang Bintang bernilai kecil yang bernilai sekitar 1.4 dan parameter skala ( $c$ ) yang cenderung stabil bernilai sekitar 4. Dari nilai  $k$  dan  $c$  diperoleh bahwa kecepatan angin pada tahun 2012 yaitu sebesar 1 m/s dengan probabilitas 15%, tahun 2013 dan 2014 bernilai sebesar 0.5 m/s dengan probabilitas sebanyak 21% dan 19%, sedangkan untuk tahun 2015 sebesar 1 m/s sebanyak 17%.

*Study of the wind speeds in the region Blang Bintang, Aceh Besar district has been done to assess the potential of wind power installation. The wind speed data was obtained from anemometer which has been installed in that area. The data was analyzed by the Weibull distribution within the range for the years of 2012 to 2015. The results show that the shape parameter ( $k$ ) is small, the value is around 1.4 and the scale parameter ( $c$ ) tends to be stable, within the value of 4. Based on the value of  $k$  and  $c$  give that the wind speed in 2012 is equal to  $1 \text{ ms}^{-1}$  with a probability of 15%, in 2013 and 2014 give the same value at  $0.5 \text{ ms}^{-1}$  with a probability of 21% and 19%, respectively while for 2015 is  $1 \text{ ms}^{-1}$  as much as 17%.*

**Keywords:** angin, kecepatan, distribusi Weibull, parameter bentuk, parameter skala

### Pendahuluan

Indonesia, sebagai Negara berkembang yang sedang mengalami pertumbuhan ekonomi, kebutuhan terhadap konsumsi energi listrik menjadi semakin meningkat. Namun hal ini tidak sesuai dengan ketersediaannya sumber listrik sehingga negara kepulauan ini mengalami krisis listrik. Menurut kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), saat ini pemerintah Indonesia baru mampu menyediakan 75% kebutuhan listrik masyarakatnya. Penduduk yang belum bisa menikmati listrik sebagian tersebar di daerah-daerah terpencil, selain itu ada juga beberapa kota/kabupaten yang belum mendapatkan pasokan listrik selama 24 jam.

Saat ini Indonesia masih tergantung pada sumber energi fosil dan batu bara, di mana sumber energi fosil dan batu bara diperkirakan akan habis karena

tidak dapat diperbaharui. Oleh sebab itu untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, maka diperlukan sebuah alternatif sumber energi baru. Ketersediaan angin yang tidak ada habisnya di alam dapat dimanfaatkan sebagai dasar pembangunan pembangkit listrik tenaga angin. Namun, tidak semua daerah memiliki angin yang cukup potensial. Dalam pemanfaatan energi angin diperlukan data atau informasi mengenai potensi energi angin aktual yang tersedia di lokasi pemasangan dan pemanfaatan sesuai kebutuhan di lokasi tersebut.

Untuk mendapatkan distribusi angin perlu dilakukan analisa kecepatan angin dalam jangka waktu minimal satu tahun. Data kecepatan angin dapat diambil dari pengukuran yang telah dilakukan oleh stasiun BMKG. Di daerah Aceh Besar terdapat dua stasiun BMKG yaitu terletak di Indrapuri dan Blang Bintang. Observasi yang akan dilakukan pada

penelitian ini akan berdasarkan data kecepatan angin dari stasiun BMKG Blang Bintang. Pemilihan lokasi ini dilakukan karena pemukiman sekitaran Blang Bintang didukung oleh letak geografis yang memiliki lapangan yang luas dan membutuhkan energi listrik lebih besar untuk keperluan operasional bandara Internasional Sultan Iskandar Muda. Beberapa studi telah dilakukan pada penggunaan fungsi kerapatan probabilitas untuk permodelan kecepatan angin di banyak negara. Diantara fungsi kerapatan tersebut adalah Weibull, Reyleigh, Gamma, Lognormal, Exponensial dan Gaussian. Fungsi Weibull banyak digunakan secara luas dalam studi energi angin karena pendekatannya dianggap akurat dan kemanfaatannya yang fleksibel untuk menggambarkan variasi kecepatan angin (Johnson, 2006).

Dalam penelitian ini penulis ingin menganalisa distribusi kecepatan angin di wilayah Blang Bintang kabupaten Aceh Besar menggunakan distribusi Weibull. Dengan harapan mendapatkan informasi tentang studi kelayakan potensi PLTB di daerah tersebut. Selama ini kebutuhan energi listrik di pemukiman Blang Bintang dan bandara Sultan Iskandar Muda sepenuhnya masih tergantung pada energi fosil dan batubara yang disalurkan melewati gardu PLN Lambaro. Melihat kurangnya pemanfaatan tenaga angin pada daerah tersebut maka dilakukan penelitian awal untuk mengetahui potensi pembangunan PLTB di kawasan Blang Bintang kabupaten Aceh Besar.

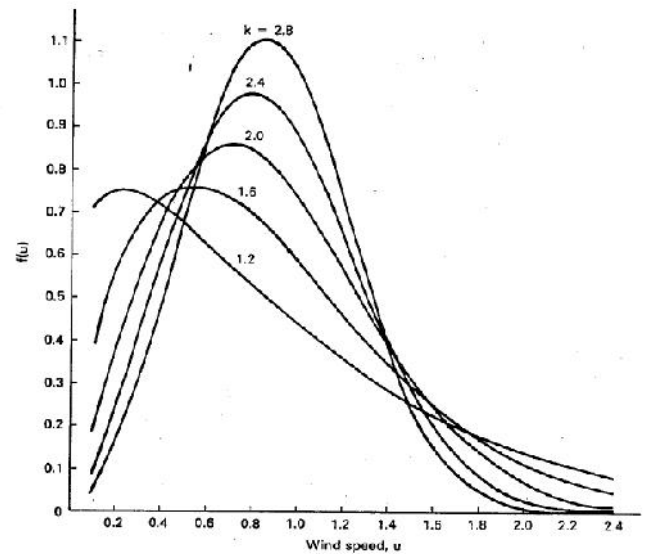
**Metodologi**

Ada beberapa fungsi kerapatan yang dapat digunakan untuk menggambarkan frekuensi kecepatan angin. Dua yang paling umum digunakan yaitu fungsi Weibull dan Reyleigh. Namun diantara keduanya, Weibull lebih sering digunakan, distribusi Weibull disebut juga sebagai distribusi Gamma. Distribusi Weibull memiliki dua parameter sementara Reyleigh hanya memiliki satu parameter. Sehingga distribusi Weibull akan lebih akurat dari pada distribusi Reyleigh. Kecepatan angin  $x$  didistribusikan sebagai distribusi Weibull jika fungsi probabilitas densitasnya adalah :

$$f(x) = \frac{k}{c} \left(\frac{x}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{c}\right)^k\right] \quad (k>0, x>0, c>1) \tag{1}$$

Ini adalah distribusi dua parameter yaitu parameter skala  $c$  dan parameter bentuk  $k$ . Kurva  $f(x)$  untuk

faktor skala  $c=1$  dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar tersebut menunjukkan fungsi kepadatan Weibull lebih sempit dan lebih memuncak dengan pencapaian nilai  $k$  yang lebih besar.



Gambar 1 Fungsi kerapatan Weibull  $f(x)$  untuk faktor skala  $c=1$  (Johnson, 2006).

apabila

$$u = c \int_0^{\infty} x^{\frac{1}{k}} e^{-x} dx \tag{2}$$

persamaan di atas adalah sebuah fungsi gamma untuk

$$y = 1 + \frac{1}{k} \tag{3}$$

$$\Gamma(u) = \int_0^{\infty} e^{-x} x^{u-1} du \tag{4}$$

maka

$$u = c\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \tag{5}$$

sehingga didapat  $c = 1.12 u$  untuk  $1.5 \leq k \leq 3.0$ . Fungsi distribusi weibull yang memenuhi persamaan

$$f(u) = \frac{df(u)}{du} \tag{6}$$

adalah

$$F(u) = 1 - \exp\left(-\frac{u}{c}\right)^k \tag{7}$$

Ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan faktor  $k$  dan  $c$  diantaranya metode *Least square method* (Metode kuadrat terkecil). Metode ini sering diaplikasikan pada permasalahan

teknik dan matematika, dimana sebuah hubungan linear antara dua variabel dapat diasumsikan setelah melakukan beberapa perhitungan exclusive untuk meminimalkan kesalahan. Bentuk persamaannya dapat dilihat seperti dibawah ini

$$k = \frac{n \sum_{i=1}^n \ln v \times \ln[-\ln\{1-F(v)\}] - \sum_{i=1}^n \ln[-\ln\{1-F(v)\}]}{n \sum_{i=1}^n \ln v^2 - \{\sum_{i=1}^n \ln v\}^2} \quad (8)$$

$$c = \exp \left[ \frac{k \sum_{i=1}^n \ln v - \sum_{i=1}^n \ln[-\ln\{1-F(v)\}]}{nk} \right] \quad (9)$$

Cara lain untuk mencari parameter  $k$  dan  $c$  adalah melakukan *last square analisis* terhadap data probabilitas  $p(ui)$  sehingga kita dapatkan fungsi  $f(u)$  garis linear dimana

$$y = ax + b \quad (10)$$

jika kita lakukan fungsi logaritma pada persamaan (7) kita dapatkan

$$\begin{aligned} y &= \ln(-\ln(1-F(u))) \\ a &= k \\ x &= \ln u \\ b &= -k \ln c \end{aligned} \quad (11)$$

untuk mendapatkan grafik yang bukan linear, kita dapat memasukkan data kecepatan yang sebenarnya, sehingga

$$u = ui, f(u) = f(ui) \quad (12)$$

maka

$$x = x(i), y = y(i) \quad (13)$$

sehingga kita dapatkan

$$a = \frac{\sum_{i=1}^w (x_i - x)(y_i - y)}{\sum_{i=1}^w (x_i - x)^2} \quad (14)$$

$$b = \frac{1}{w} \sum_{i=1}^w y_i - \frac{a}{w} \sum_{i=1}^w x_i \quad (15)$$

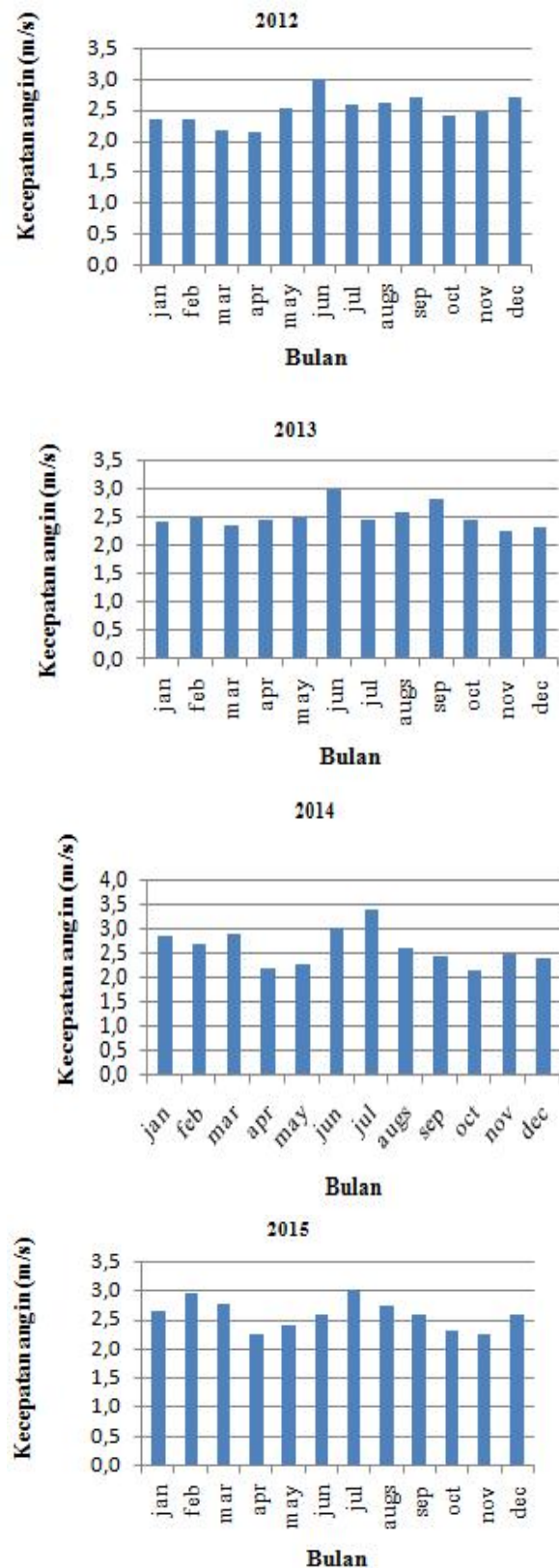
maka

$$\begin{aligned} k &= a \\ c &= \exp\left(-\frac{b}{k}\right) \end{aligned} \quad (16)$$

### Hasil Penelitian

Data kondisi fisik Blang Bintang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika

(BMKG) stasiun Blang Bintang Aceh Besar, pemilihan lokasi diambil dengan pertimbangan ketersediaan anemometer sebagai alat ukur kecepatan angin.



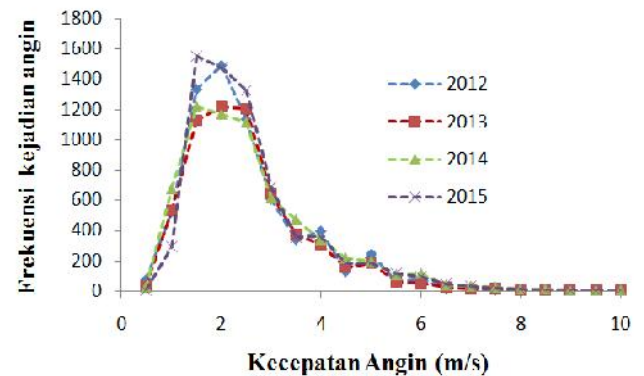
Gambar 2 Kecepatan angin rata-rata dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2015 di kawasan Blang Bintang.

Data yang diperoleh berupa kecepatan dan arah angin, temperatur, tekanan, kelembaban udara, titik embun, dan jarak pandang selama empat tahun, yaitu dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2015. Dalam penelitian ini parameter yang cukup penting yang dianalisa adalah data temperatur, tekanan dan kecepatan angin. Temperatur dan tekanan merupakan variabel random yang akan dicari hubungannya dengan distribusi Weibull dari kecepatan angin.

Data kecepatan angin setiap jam dihitung frekuensi kejadiannya yang kemudian dirataratakan dalam setiap bulan untuk dinalisa lebih lanjut menggunakan distribusi Weibull. Rata-rata kecepatan angin perbulan juga dapat dipergunakan untuk mengetahui bulan yang mengalami kecepatan angin minimum dan maksimum dalam setiap tahun sebagai data untuk mengetahui musim hujan dan musim kemarau. Gambar 2. menunjukkan hasil pengolahan data kecepatan angin rata-rata bulanan selama empat tahun yaitu dari tahun 2012 sampai tahun 2015. Berdasarkan Gambar 2. kita tidak melihat perbedaan kecepatan angin yang signifikan, namun secara berurut kecepatan maksimum untuk tahun 2012 dan tahun 2013 terjadi pada bulan juni, tahun 2014 dan tahun 2015 terjadi pada bulan juli. Menurut data BMKG Blang Bintang kabupaten Aceh Besar bahwa kecepatan angin minimum dari tahun 2012 sampai dengan tahun 2015 sebesar 3,2 knots atau 1.6 m/s.

Angin tergantung pada matahari dan musim. Sering sifat angin dinyatakan dengan merata-ratakan data bulanan sepanjang tahun untuk mendapatkan gambaran kekuatan angin pada suatu lokasi. Kecepatan angin rerata bulanan menunjukkan kecenderungan kecepatan angin sepanjang tahun, namun berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa waktu kejadian angin maksimumnya tidaklah sama pada setiap bulannya. Frekuensi kecepatan angin merupakan hal yang penting mengingat kecepatan angin yang terjadi bervariasi dari waktu ke waktu. Gambar 3 menunjukkan frekuensi angin yang paling sering terjadi di Blang Bintang adalah sebesar 2 m/s sebanyak 1489 untuk tahun 2012 dan 1213 pada tahun 2013 dengan kecepatan yang sama, 1.5 m/s sebanyak 1215 pada tahun 2014 dan 1551 pada tahun 2015, hal ini mungkin saja berbeda nilainya dengan rata-rata kecepatan angin dikarenakan untuk menghitung rerata kecepatan angin yang bernilai 0-0.5 m/s dianggap *Calm*. Sehingga dalam

perhitungan frekuensi data yang terukur nilai nol diabaikan.

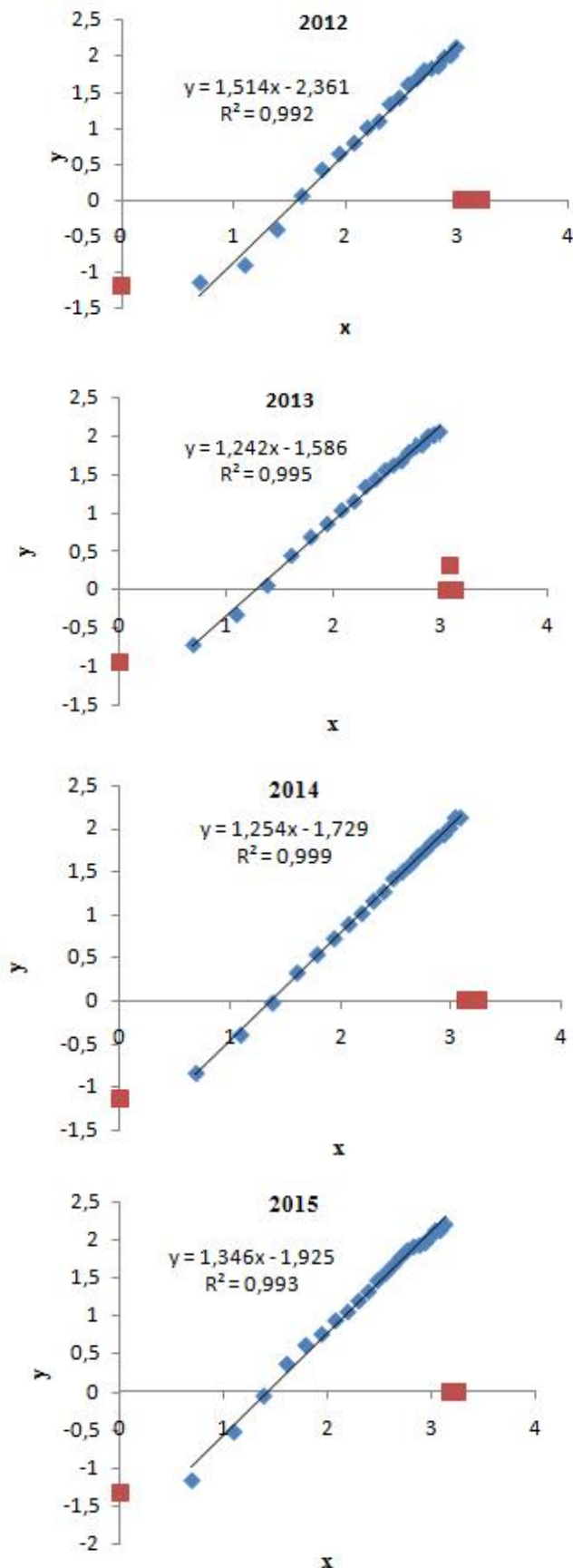


Gambar 3 Frekuensi kejadian angin di Blang Bintang selama satu tahun untuk periode tahun 2012 sampai tahun 2015 .

Setelah melakukan perhitungan frekuensi kejadian kecepatan angin dari data yang terukur maka untuk menganalisa lebih lanjut hal yang perlu diperhitungkan adalah probabilitas dari kecepatan angin. Dengan menghitung distribusi kumulatif  $F(u_i)$  dari kecepatan angin ( $u_i$ ) menggunakan persamaan (17).

$$F(u_i) = \sum_{j=1}^i p(u_j) \quad (17)$$

kecepatan angin 0-1 knots dianggap 1 knots agar dapat dilakukan perhitungan terhadap nilai  $x_i$  dengan metode *least-square* menggunakan dimana  $|x_i| = \ln u_i$  jika nol digunakan maka akan menghasilkan nilai negative. Berdasarkan nilai  $x_i$  dan  $y_i$  yang sudah dihitung kita dapat menentukan nilai parameter bentuk  $k$  dan nilai parameter skala  $c$  dengan cara memplot grafik kedua titik tersebut. Berdasarkan Persamaan dapat diketahui nilai  $a=k$  dan nilai  $b$  yang kemudian dapat diaplikasikan untuk mencari nilai  $c$ . Nilai  $k$  dan  $c$  menunjukkan keadaan kecepatan angin disuatu daerah. Semakin tinggi nilai  $k$  maka probabilitas kecepatan angin tinggi semakin besar dan nilai  $c$  menggambarkan keadaan sebaran kecepatan angin. Namun, berdasarkan referensi nilai  $k = 1.2$  adalah batas minimum kecepatan angin yang bisa diaplikasikan untuk kajian dasar pembangunan pembangkit listrik tenaga bayu. Untuk mendapatkan nilai  $k$  dan  $c$  didaerah Blang Bintang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hubungan y terhadap x kecepatan angin Blang Bintang tahun 2012 sampai tahun 2015

Berdasarkan Gambar 4 titik yang berwarna biru merupakan titik yang digunakan dan titik yang berwarna merah diabaikan didalam perhitungan metode *least-square*. Berdasarkan referensi data tersebut diabaikan karena bernilai nol pada sumbu x atau bernilai nol pada sumbu y, sehingga didapatkan nilai k dan nilai c untuk daerah Blang Bintang. Nilai k dan c dapat dilihat pada Tabel 1 yang didapatkan pada Gambar 4.

Tabel 1. Nilai k dan c daerah Blang Bintang tahun 2012 sampai dengan tahun 2015.

Tahun	K	C
2012	1.514	4.756
2013	1.242	3.586
2014	1.255	3.969
2015	1.346	4.180

Nilai k dan nilai c untuk daerah Blang Bintang dari tahun 2012 sampai tahun 2015 mengalami perbedaan. Hal ini terjadi karena frekuensi kecepatan angin yang berbeda. Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa frekuensi kejadian angin dengan kecepatan tertinggi terjadi pada tahun 2013 dan 2014 tidak sebanyak frekuensi kejadian yang terjadi pada tahun 2012 dan 2015. Sehingga didapatkan nilai k dan c di tahun 2012 dan 2015 lebih tinggi.

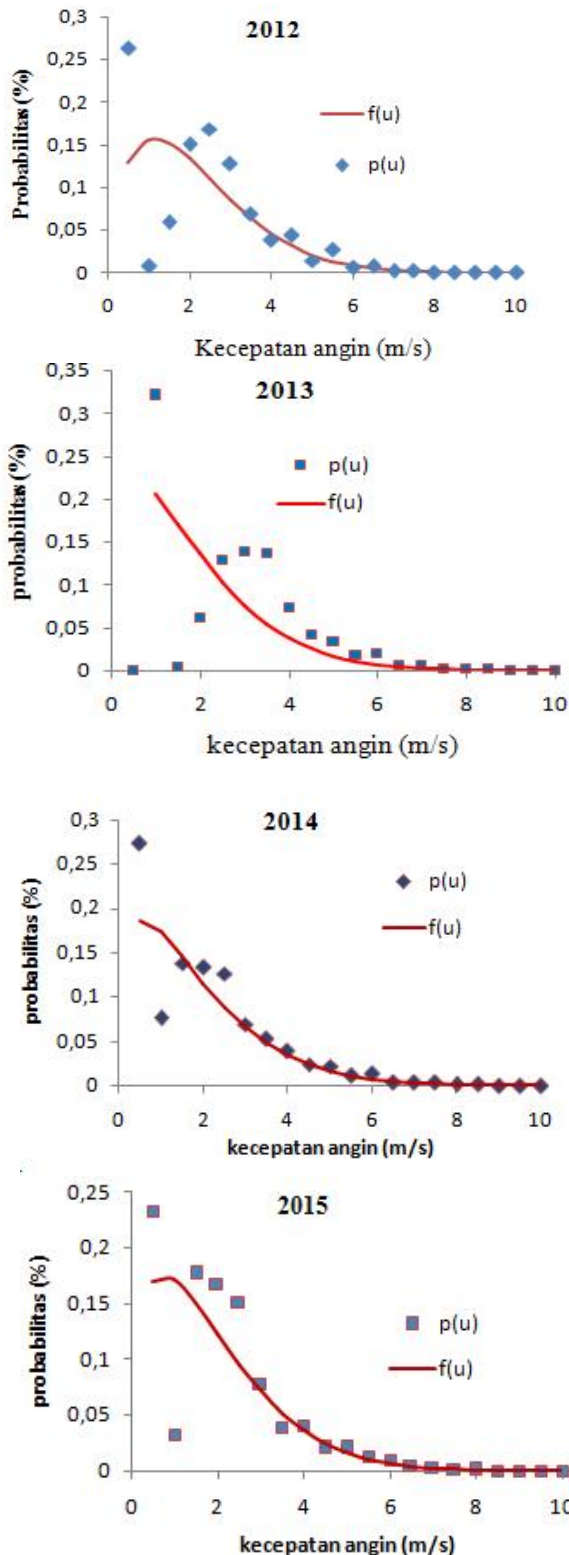
### Probabilitas Kecepatan Angin Berdasarkan Distribusi Weibull

Nilai kecepatan angin selalu berubah setiap waktu. Pengamatan data kecepatan angin dalam suatu periode waktu tertentu dapat dianalisis dengan mendapatkan persentase kejadiannya pada interval tertentu. Dalam distribusi Weibull kecepatan angin ditandai dengan dua fungsi yaitu fungsi distribusi dan fungsi distribusi kumulatif.

fungsi distribusi ( $f(u)$ ) digunakan untuk mengetahui berapa persen kecepatan angin dengan nilai tertentu terjadi. Fungsi distribusi kumulatif ( $F(u)$ ) merupakan fungsi distribusi yang sederhana yang menggambarkan persentase kecepatan angin dari waktu ke waktu sama atau lebih rendah dari kecepatan angin sebelumnya. Hal ini merupakan integral atau penjumlahan berurut dari fungsi probabilitas.

Gambar 5. menunjukkan data kecepatan angin yang diukur,  $p(u)$  (data sebenarnya) dan data

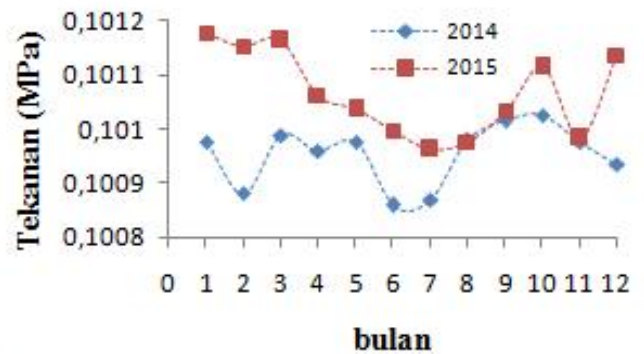
kecepatan angin yang sudah dianalisa menggunakan fungsi distribusi Weibull,  $f(u)$ .



Gambar 5 Data yang di ukur dan fungsi distribusi weibull kecepatan angin tahun 2012- 2015 di kawasan Blang Bintang

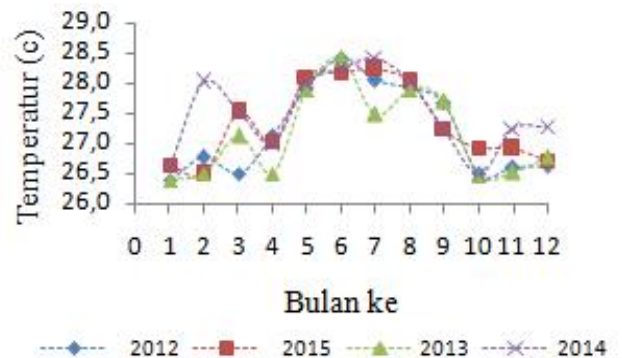
Grafik tersebut menunjukkan bahwa data yang dianalisis dengan menggunakan distribusi

weibull terlihat lebih teratur dari pada data yang diukur langsung. Berdasarkan distribusi Weibull kecepatan angin untuk tahun 2012 yaitu sebesar 1 m/s dengan probabilitas 15%, 2013 hampir sama dengan 2014 dimana probabilitas kecepatan angin yang paling besar adalah 0.5 m/s sebanyak 21% dan 19%, Sedangkan untuk tahun 2015 adalah 1 m/s sebanyak 17%. Meningkatnya kecepatan angin yang terjadi di setiap tahun di sebabkan oleh perbedaan tekanan udara. Adapun data tekanan udara bulanan tahun 2012 dan 2015 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Tekanan udara tahun 2012 dan tahun 2015 di kawasan Blang Bintang

Pada dasarnya perbedaan tekanan disuatu tempat dipengaruhi oleh temperatur di lokasi tersebut. Temperatur tahun 2012 dan tahun 2015 tidak berbeda jauh sehingga  $k$  pada tahun 2012 akan memiliki nilai yang sama dengan tahun 2015 dan untuk tahun 2013 dengan tahun 2014. Temperatur dan kecepatan angin berbanding lurus dimana kecepatan angin besar terjadi pada saat nilai temperaturnya besar juga. Adapun data temperatur di Blang Bintang dapat dilihat pada Gambar 7 (Khairiaton, 2016):



Gambar 7 Temperatur udara tahun 2012 sampai tahun 2015 di kawasan Blang Bintang.

## Kesimpulan

Berdasarkan analisa kecepatan angin daerah Blang Bintang, Aceh Besar sebagai kajian potensi pembangunan pembangkit listrik tenaga bayu dapat disimpulkan bahwa pada tahun 2012 dan 2013 diperoleh kecepatan angin 2 m/s dengan frekuensi sebanyak 1.489 jam dan 1.213 jam, sedangkan pada tahun 2014 dan 2015 kecepatan angin sebesar 1.5 m/s dengan frekuensi sebanyak 1.215 jam dan 1.511 jam. Berdasarkan distribusi Weibull kecepatan angin untuk tahun 2012 yaitu sebesar 1 m/s dengan probabilitas 15%, 2013 hampir sama dengan 2014 dimana probabilitas kecepatan angin yang paling besar adalah 0.5 m/s sebanyak 21% dan 19%, sedangkan untuk tahun 2015 adalah 1 m/s sebanyak 17%. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya

adalah sebaiknya melakukan analisa dengan mengambil titik lokasi yang berbeda dan menganalisa kembali menggunakan distribusi Weibull sebagai penilaian dasar untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).

## Referensi

Johnson, Gary. 2016. *Wind Energy Sistem: electronic edition*

Khairiaton, 2016, "Analisa Kecepatan Angin Menggunakan Distribusi Weibull di Daerah Blang Binntang Aceh Besar untuk Melihat Potensi Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu", Skripsi Tugas Akhir Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Syiah Kuala