

# Analisis Probabilitas Kecepatan Angin untuk Pesisir Cilacap dengan Menerapkan Distribusi Weibull dan Rayleigh

## Probability Analysis of Wind Speed for Cilacap Coast by Applying Weibull and Rayleigh Distribution

Wahyu Widiyanto

wahyu.widiyanto.ts@gmail.com

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman

**Abstrak**—Sifat-sifat angin terutama probabilitas kejadiannya telah banyak dibahas dalam hubungan dengan ketersediaan energi angin di suatu tempat. Namun demikian, dalam kaitan dengan bangunan pantai masih jarang diangkat dalam tulisan khususnya di Indonesia. Oleh karena itu dalam makalah ini dipelajari penyebaran probabilitas yang biasa dipakai dalam analisis energi angin yaitu distribusi Weibull dan Rayleigh. Jenis distribusi ini diterapkan untuk menganalisis data angin di Pesisir Cilacap. Data angin yang diolah adalah data dari BMKG Cilacap selama dua tahun (2009 s.d. 2011). Mean, varians dan deviasi standar dicari untuk menghitung faktor bentuk ( $k$ ) dan faktor skala ( $c$ ) yang harus disediakan untuk membentuk fungsi distribusi Weibull dan Rayleigh. Pada wilayah tersebut diperoleh hasil bahwa probabilitas kecepatan angin mengikuti fungsi Weibull dan Rayleigh dengan relatif cukup baik. Nilai parameter bentuk diperoleh  $k = 3,26$ , sedangkan parameter skala berturut-turut untuk Weibull adalah  $c = 3,64$  dan Rayleigh  $Cr = 2,44$ . Dengan nilai  $k \geq 3$  mengindikasikan bahwa pada daerah tersebut memiliki sifat angin yang teratur dan tidak mengalami banyak variasi kecepatan terhadap waktu. Selain itu diperoleh kecepatan angin rerata di Pesisir Cilacap adalah 3,3 m/d.

**Kata kunci**— probabilitas, distribusi, angin, Weibull, Rayleigh, pesisir

**Abstract**— Wind characteristics especially the event probability have been more studied in the relation to wind energy availability in an area. Nevertheless, in the relation to coastal structure, it is still rare to be unveiled in a paper particularly in Indonesia. In this article, therefore, it is studied probability distribution commonly used to wind energy analysis i.e. Weibull and Rayleigh distribution. The distribution is applied to analyze wind data in Cilacap Coast. Wind data analyzed is from Board of Meteorology, Climatology and Geophysics, Cilacap branch, along two years (2009 – 2011). Mean, varians and standard deviation are founded to calculate shape factor ( $k$ ) and scale factor ( $c$ ) which must be available to arrange distribution function of Weibull and Rayleigh. In the region, it gains a result that wind speed probabilities follow Weibull and Rayleigh function fairly. Shape parameter value has been gotten  $k = 3,26$ , while scale parameter has been gotten respectively  $c = 3,64$  for Weibull and  $Cr = 2,44$  for Rayleigh. Value of  $k \geq 3$  indicates the region has regular and steady wind. Besides, mean speed of wind is 3,3 m/s.

**Keyword**— Probability, distribution, wind, Weibull, Rayleigh, coast

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Cilacap merupakan salah satu kabupaten di Jawa Tengah dengan pesisir relatif panjang yang berkembang menjadi kawasan pertumbuhan. Saat ini telah ada bangunan-bangunan penting di sepanjang pesisir Cilacap di antaranya kilang minyak, pelabuhan Tanjung Intan, Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap, benteng Pendem, dan dua buah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU Karangandri dan Buton). Oleh karena itu, studi mengenai pesisir di wilayah tersebut menjadi relevan. Hal yang setiap hari dapat ditemui di pantai Cilacap adalah angin dan gelombang. Makalah ini membahas tentang angin di pesisir dengan

penekanan pada kemungkinan (probabilitas) kejadiannya.

Salah satu faktor meteorologis yang penting dalam perencanaan dan perancangan bangunan pantai adalah angin. Gaya tekanan angin merupakan salah satu beban hidup yang bekerja terhadap suatu bangunan. Besar kecilnya beban angin dipengaruhi kecepatan angin yang terjadi. Selain itu angin juga mempengaruhi cara operasi pelabuhan. Bagaimana arah kapal memasuki alur dan kolam labuh harus memperhitungkan arah dan kecepatan angin. Saat bertambat di dermaga, kapal menderita beban angin yang dapat mengarah dari haluan, buritan maupun tegak lurus lambung kapal. Ini akan menyebabkan gaya tarikan kapal pada penambat di dermaga yang harus

diperhitungkan sebagai beban terhadap struktur dermaga. Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambatkan akan menyebabkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Apabila arah angin menuju dermaga, maka gaya tersebut berupa gaya benturan ke dermaga, sedang jika arahnya meninggalkan dermaga akan menyebabkan gaya tarikan kapal pada alat penambat.

Selain menjadi beban angin terhadap suatu struktur, angin juga berperan mengemudikan arus pantai, mempengaruhi formasi gumuk pantai, sirkulasi polutan dan garam. Namun yang dianggap paling penting adalah peran angin dalam pembangkitan gelombang. Gelombang laut dapat dibangkitkan oleh beberapa hal yaitu angin, pasang surut, gempa, letusan gunung berapi, tanah longsor dan kapal yang bergerak. Di antara pembangkit gelombang tersebut, angin merupakan pembangkit dominan yang sepanjang waktu dapat menimbulkan gelombang. Peramalan tinggi gelombang dapat dilakukan dengan mengolah data angin. Ketersediaan data gelombang di Indonesia relatif sedikit. Penentuan gelombang rencana biasanya dilakukan dengan pembangkitan data gelombang dari data angin khususnya kecepatan dan arah angin. Oleh karena itu pada bagian selanjutnya dari tulisan ini akan dibahas sifat angin terutama kecepatannya.

Penggunaan fungsi kerapatan probabilitas untuk pemodelan kecepatan angin telah banyak dilakukan melalui beberapa studi di banyak negara. Di antara fungsi kerapatan tersebut adalah Weibull, Rayleigh, Gamma, Lognormal, Eksponensial, dan Gaussian. Fungsi Weibull digunakan secara luas dalam studi energi angin karena pendekatannya dianggap cocok untuk memodelkan kecepatan angin. Selain itu juga karena cakupannya yang luas dalam keserbagunaan, fleksibilitas dan kemanfaatannya untuk menggambarkan variasi kecepatan angin (Olaofe, 2012). Selain Fungsi Weibull, fungsi Rayleigh juga sering diaplikasikan dalam studi tentang kejadian angin. Jika di suatu wilayah kurang cocok memakai distribusi Weibull maka distribusi Rayleigh menjadi pilihan berikutnya. Studi probabilitas kecepatan angin kebanyakan ditujukan untuk analisis energi angin (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) tetapi dalam makalah ini analisis lebih bertujuan kepada mencari karakteristik angin di Wilayah Pesisir Cilacap. Karakteristik tersebut terutama meliputi distribusi kejadiannya yang selanjutnya dapat dipakai untuk meramalkan gelombang, menghitung gaya-gaya yang terjadi pada struktur bangunan pantai dan memberi informasi untuk kepentingan navigasi.

**B. Distribusi Weibull untuk Kecepatan Angin**

Model probabilitas suatu variabel random X adalah bentuk distribusi probabilitas tertentu yang dianggap mencerminkan tingkah laku X. Harga-harga probabilitas

dinyatakan dalam bentuk parameter yang tidak diketahui, yang berkaitan dengan karakteristik populasi dan cara pengambilan sampelnya.

Salah satu dari banyak jenis distribusi probabilitas adalah Distribusi Weibull. Distribusi ini diperkenalkan oleh seorang fisikawan Swedia bernama Walodi Weibull pada tahun 1939. Pada suatu keadaan seringkali diperlukan untuk menghitung probabilitas bahwa nilai dari suatu peubah acak (variabel random) X yang diamati akan kurang dari atau sama dengan beberapa bilangan riil x. Peluang sebuah individu X kurang dari atau sama dengan x dinyatakan:

$$P(X \leq x) = F(x) \dots\dots\dots (1)$$

Selanjutnya Weibull (1951) menyatakan jika x adalah variabel random maka sembarang fungsi distribusi dapat ditulis dalam bentuk:

$$F(x) = 1 - e^{-\varphi(x)} \dots\dots\dots (2)$$

Selanjutnya persamaan (2) dijabarkan lebih lanjut menjadi persamaan yang relatif sederhana dibandingkan dengan persamaan distribusi probabilitas jenis lain sebagai berikut:

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{(x-x_0)^m}{x}} \dots\dots\dots (3)$$

Fungsi distribusi statistika pada persamaan (3) tersebut oleh Weibull (1951) telah digunakan untuk 7 contoh aplikasi yang luas. Ketujuh contoh aplikasi tersebut meliputi: kuat leleh baja Bofors, distribusi ukuran abu terbang (*fly ash*), kekuatan serat katun, panjang *Cyrtioideae*, umur lelah (*fatigue*) baja tipe St-37, tinggi badan pria dewasa dan ukuran kacang buncis. Kendati disribusi Weibull dipandang oleh beberapa kalangan lemah dari sisi teori namun memiliki kesesuaian yang memuaskan dari sisi empiris. Distribusi ini dipandang cocok untuk diterapkan pada kasus-kasus analisis peluang umur kegagalan dari sesuatu. Belakangan distribusi ini banyak dipakai dalam distribusi probabilitas kecepatan angin seperti dilakukan oleh Olaofe dan Folly (2012), Yilmaz dan Çelik (2008), Ghobadi dkk (2011) dan Youm dkk (2005).

Olaofe et.al. (2012) menyatakan bahwa fungsi Weibull merupakan fungsi yang paling banyak digunakan untuk pemodelan kecepatan angin pada suatu tempat tertentu. Dalam fungsi Weibull, variasi kecepatan angin digambarkan dengan menggunakan parameter bentuk dan parameter skala. Fungsi distribusi kumulatif Weibull didefinisikan sebagai:

$$F_w = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{v}{c} \right)^k \right] \dots\dots\dots (4)$$

Dengan  $F_w$  adalah fungsi distribusi kumulatif Weibull,  $v$  sebagai kecepatan angin,  $k$  adalah parameter bentuk Weibull dan  $c$  adalah parameter skala Weibull (m/d). Fungsi densitas probabilitas Weibull untuk distribusi kontinu 2 parameter dapat diturunkan dari persamaan (6) sehingga berbentuk:

$$f_w = \frac{k}{c} \left( \frac{v}{c} \right)^{k-1} \exp \left[ - \left( \frac{v}{c} \right)^k \right] \dots\dots\dots (5)$$

Dengan  $f_w$  adalah fungsi densitas probabilitas Weibull (pdf). Parameter bentuk yang dilambangkan

dengan  $k$  menggambarkan keadaan angin (variabilitas dan stabilitas angin). Untuk sebagian besar tempat berangin cukup, harga  $k$  berkisar antara 1,51 s.d. 1,99. Harga  $k$  yang lebih kecil lagi ( $k \leq 1,5$ ) berhubungan dengan variabilitas angin yang tinggi atau angin dengan hembusan kuat sedangkan  $k = 2$  berkaitan dengan angin moderat dan  $k \geq 3$  angin reguler dan mantap.

Terdapat beberapa metode untuk memperkirakan nilai  $k$ . Dalam studi ini nilai  $k$  diperoleh dari metode kemungkinan maksimum (*Maximum Likelihood*) (Seguro dan Lambert (2000) dalam Ghobadi et.al (2011) dengan persamaan sebagai berikut:

$$k = \left(\frac{\bar{v}}{\sigma}\right)^{-1,086} \quad (1 \leq k \leq 10) \dots\dots\dots (6)$$

dengan  $\bar{v}$  adalah kecepatan angin rata-rata yang dinyatakan:

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \dots\dots\dots (7)$$

dan  $\sigma$  adalah deviasi standar yang merupakan akar dari varians.

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - \bar{v})^2 \dots\dots\dots (8)$$

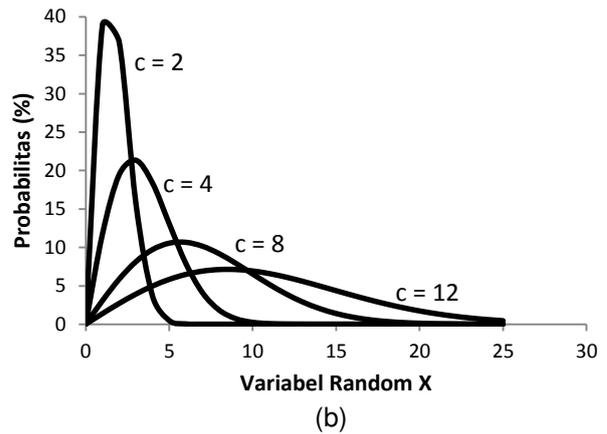
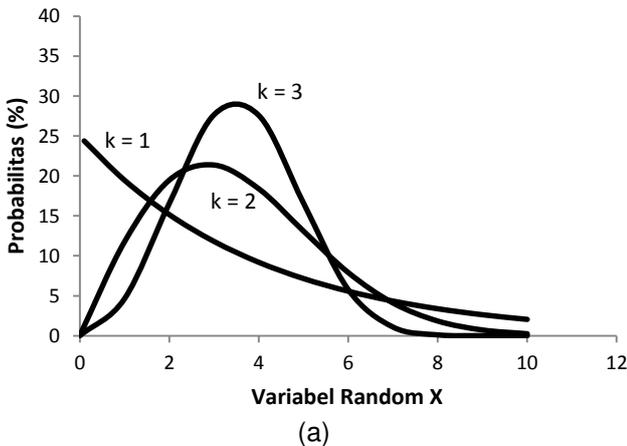
Ketika nilai parameter bentuk telah diperoleh maka dapat dihitung nilai parameter skala dengan persamaan:

$$c = \left(\frac{\sum_{i=1}^n v_i^k}{n}\right)^{\frac{1}{k}} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan  $c$  adalah parameter skala dari distribusi Weibull.

Gambaran tentang pengaruh nilai  $k$  dan  $c$  terhadap karakteristik distribusi Weibull dapat dilihat pada Gambar 1. Pada Gambar 1(a) terdapat 3 kurva dengan nilai  $c$  yang sama namun nilai  $k$  berbeda. Nilai  $k = 1$  menampilkan kurva yang asimtotis dengan sumbu horisontal dan vertikal karena berupa persamaan eksponensial. Pada kondisi ini distribusi menjadi bentuk distribusi Eksponensial. Sedangkan untuk nilai  $k = 2$  menyebabkan distribusi menjadi jenis distribusi Rayleigh.

Pada Gambar 1 (b) terdapat 4 kurva yang dibuat dari nilai  $k$  yang sama tetapi dengan nilai  $c$  yang berbeda. Nilai  $c$  semakin kecil maka kurva semakin runcing. Bentuk dasar dari kurva relatif sama namun ukuran (skala) dari kurva berbeda.



Gambar 1. Pengaruh nilai  $k$  dan  $c$  terhadap bentuk dan skala distribusi probabilitas Weibull

C. *Distribusi Rayleigh untuk Kecepatan Angin*

Distribusi Rayleigh sering digunakan dalam bidang fisika yang berhubungan dengan pemodelan proses seperti radiasi suara dan cahaya, tinggi gelombang, dan kecepatan angin. Selain Distribusi Weibull, Distribusi Rayleigh juga merupakan distribusi yang dianggap sesuai untuk menggambarkan distribusi kecepatan angin. Distribusi ini dipakai jika pada suatu wilayah distribusi Weibull dinilai kurang akurat diterapkan. Dengan memberi nilai  $k = 2$  pada Persamaan 5 maka fungsi kerapatan probabilitas akan menjadi berbentuk:

$$f_r = \frac{2v}{c^2} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right] \dots\dots\dots (10)$$

Dengan  $c$  parameter skala pada  $k = 2$  pada fungsi kerapatan probabilitas. Dan fungsi distribusi kumulatif ditunjukkan oleh persamaan 11:

$$F_r = 1 - \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^2\right] \dots\dots\dots (11)$$

Dengan  $F_r$  adalah fungsi distribusi kumulatif dari Distribusi Rayleigh. Parameter skala distribusi Rayleigh  $C_r$  diperoleh menggunakan estimator kemungkinan maksimum seperti diekspresikan oleh persamaan 12 sebagai berikut:

$$C_r = \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N v_i^2} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana  $C_r$  adalah parameter skala Rayleigh dan  $v_i$  adalah kecepatan angin pada saat ke- $i$ . Rata-rata dari fungsi distribusi Rayleigh ditentukan dengan persamaan (13).

$$\bar{v}_r = c_r \sqrt{\frac{\pi}{2}} \dots\dots\dots (14)$$

Dengan  $\bar{v}_r$  adalah rata-rata dari fungsi distribusi Rayleigh.

METODE PENELITIAN

A. *Lokasi*

Pesisir Cilacap dipilih menjadi wilayah kajian mengingat di daerah ini terdapat banyak bangunan vital

baik di darat maupun di pantai. Adapun letak dari lokasi tersebut ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi pengambilan data (sumber peta: www.geocities.ws)

### B. Pengumpulan Data

Data angin yang diolah dalam studi ini diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) stasiun Cilacap. Dalam hal ini dipakai data selama dua tahun yaitu mulai Juni 2009 s.d. Mei 2010 ditambah dengan data dari bulan Januari hingga Desember 2011. Dari stasiun tersebut diperoleh data berupa kecepatan, lama hembus dan arah angin. Meskipun lama hembus dan arah angin merupakan data yang penting dalam pembangkitan data gelombang dari data angin, dalam tulisan ini yang diolah hanya data kecepatan karena data itu merupakan variabel random yang akan dicari peluang terjadinya melalui distribusi Weibull dan Rayleigh.

Contoh rekaman data kecepatan angin dari Stasiun BMKG dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel tersebut satuan kecepatan adalah knot.

TABEL 1. REKAMAN KECEPATAN ANGIN PESISIR CILACAP BULAN SEPTEMBER 2011 (SATUAN: KNOT)

Tgl.	Kec.	Tgl.	Kec.	Tgl.	Kec.
1	7	11	10	21	9
2	10	12	10	22	8
3	10	13	7	23	9
4	12	14	10	24	8
5	8	15	6	25	8
6	8	16	9	26	10
7	8	17	12	27	7
8	10	18	7	28	7
9	9	19	12	29	8
10	10	20	10	30	8

Selanjutnya satuan knot (mil/jam) diubah ke satuan meter/detik. Karena anemometer berada di darat maka untuk konversi mil ke meter dipakai mil darat (1 mil = 1.609 m) bukan mil laut (1 mil = 1.852 m).

### C. Metode Analisis

Untuk membuat distribusi Weibull dari data yang diperoleh dimulai dengan mencari nilai rata-rata kecepatan ( $\bar{v}$ ) dan deviasi standarnya ( $\sigma$ ). Dari parameter ini dapat dihitung parameter bentuk ( $k$ ) dengan menggunakan Persamaan 6. Jika nilai  $k$  telah diperoleh maka selanjutnya nilai  $c$  dapat dihitung dengan memakai Persamaan 9. Dengan diketahuinya kedua parameter tersebut maka dapat digambarkan kurva distribusi probabilitas Weibull dengan bantuan Persamaan 5.

Dengan cara yang sama, untuk distribusi Rayleigh membutuhkan parameter skala  $c$ . Untuk membedakan dengan  $c$  pada Distribusi Weibull maka pada Rayleigh ditulis  $C_r$ . Nilai  $C_r$  dihitung dengan persamaan 12.

## HASIL PENELITIAN

### A. Kecepatan Angin

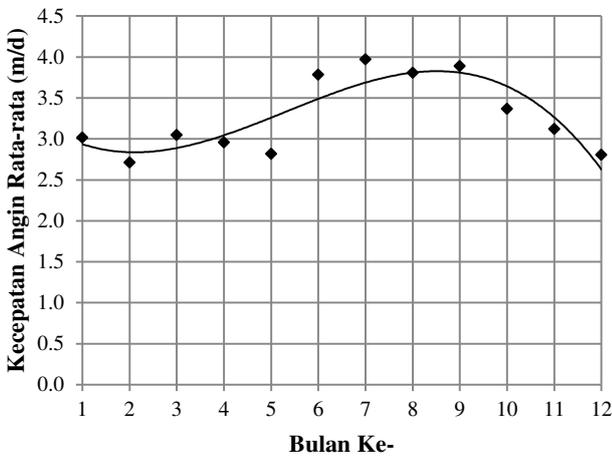
Angin tergantung pada matahari dan musim. Makin tinggi perbedaan tekanan udara antara dua tempat makin kencang angin bertiup. Sedangkan tekanan dipengaruhi oleh suhu udara dimana suhu udara tinggi memiliki tekanan udara yang rendah. Salah satu yang mempengaruhi suhu adalah panas matahari. Acapkali sifat angin dinyatakan dengan merata-ratakan data bulanan sepanjang tahun untuk mendapatkan gambaran kekuatan angin pada suatu lokasi. Dari data yang diperoleh dapat ditentukan kecepatan angin minimum, maksimum dan rata-rata setiap bulannya (Tabel 2).

Tabel 2. Kecepatan angin rata-rata di Stasiun BMKG Cilacap

Bulan	$V_{min}$ (m/d)	$V_{max}$ (m/d)	Rata-rata (m/d)
Jan	1,788	4,916	3,016
Feb	0,894	5,363	2,711
Mar	1,564	4,916	3,049
Apr	1,341	6,257	2,957
Mei	1,341	4,916	2,819
Jun	2,011	6,257	3,784
Jul	2,235	5,810	3,972
Agu	2,235	6,257	3,806
Sep	2,235	5,363	3,888
Okt	1,341	5,140	3,367
Nov	1,564	4,469	3,121
Des	1,341	5,587	2,804

Kecepatan angin merupakan faktor yang harus diperhitungkan karena berpengaruh terhadap gaya dan energi angin. Berdasarkan data tahun 2009 – 2011, kisaran kecepatan angin harian di Pantai Cilacap berkisar 1,3 s.d. 8,0 m/d dengan rata-rata 3,3 m/d. Rerata kecepatan angin dari bulan ke bulan di Pesisir Cilacap dapat dilihat pada Gambar 3. Dari gambar tersebut terlihat juga waktu kejadian angin-angin maksimum di wilayah yang ditinjau.

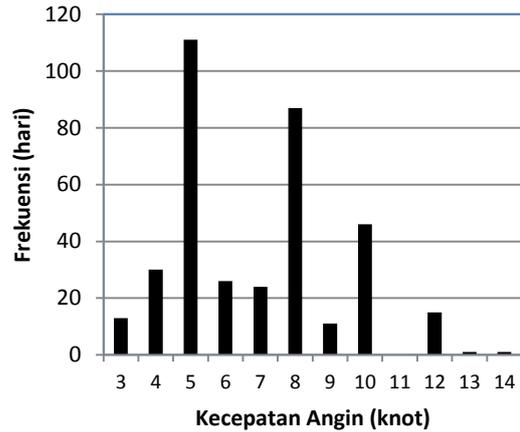
Pesisir Cilacap mengalami angin-angin maksimum pada bulan Juni s.d. September. Untuk kecepatan angin minimum terjadi pada bulan Januari s.d Mei untuk Pesisir Cilacap. Dengan kata lain kecepatan angin tinggi terjadi pada musim kemarau dan angin berkecepatan rendah terjadi pada musim penghujan. Kecepatan angin rerata bulanan menunjukkan kecenderungan kecepatan angin sepanjang tahun.



Gambar 3. Kecepatan angin bulanan

Frekuensi kejadian angin merupakan hal yang penting mengingat kecepatan angin yang terjadi bervariasi dari waktu ke waktu. Gambar 4 memperlihatkan hal ini, dimana frekuensi angin yang paling sering terjadi adalah 5 knot untuk Pesisir Cilacap (sekitar 110 hari). Kecepatan angin tersebut terjadi kira-kira 1/3 dari hari-hari dalam setahun. Kecepatan masih dinyatakan dalam knot sesuai satuan yang dipakai dalam pengukuran oleh BMKG.

Distribusi kecepatan angin pada Gambar 4 dapat menunjukkan jumlah hari pada kecepatan angin yang diberikan. Frekuensi yang lebih tinggi menunjukkan kecepatan angin yang paling sering terjadi. Hal ini mungkin saja berbeda nilainya dengan rata-rata kecepatan angin.



Gambar 4. Frekuensi kejadian angin

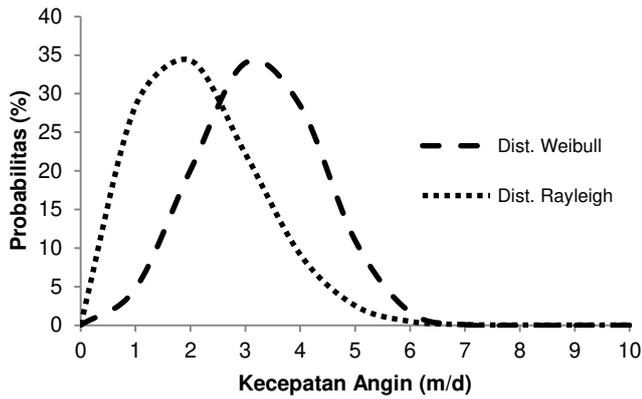
**B. Probabilitas berdasar Distribusi Weibull dan Rayleigh**

Variasi kecepatan angin selama suatu periode dapat dijelaskan dengan teori fungsi distribusi probabilitas Weibull dan Rayleigh. Proses untuk mendapatkan kedua kurva distribusi probabilitas tersebut telah diuraikan pada metode analisis data.

Untuk probabilitas berdasar Distribusi Weibull, hasil analisis data menunjukkan bahwa untuk Pesisir Cilacap didapatkan nilai  $k = 3,26$  dan  $c = 3,64$  m/d. Dalam hal ini yang bertindak sebagai variabel random kontinu adalah kecepatan angin. Oleh karena itu kecepatan angin diplot dalam sumbu horisontal dan probabilitas kejadiannya diplot dalam sumbu vertikal sehingga tersaji Gambar 5.

Sedangkan untuk probabilitas berdasar Distribusi Rayleigh, dalam analisis ini diperoleh  $C_r = 2,44$ . Nilai  $k$  diambil sama dengan 2 karena distribusi Rayleigh dapat dikatakan adalah distribusi Weibull dengan nilai  $k=2$ .

Gambar 5 memperlihatkan kedua jenis distribusi yang parameter-parameternya diperoleh dari hasil olahan data angin Pesisir Cilacap. Distribusi Weibull terlihat lebih simetris karena memiliki nilai  $k$  sekitar 3. Sedangkan distribusi Rayleigh sedikit menceng ke kiri. Probabilitas maksimum kedua distribusi tersebut sama yaitu pada kisaran 35% namun pada posisi kecepatan angin (sumbu horisontal) yang berbeda. Atau dapat pula dikatakan di sini bahwa kecepatan angin yang kemungkinannya paling sering terjadi adalah 3,2 m/d berdasar distribusi Weibull dan 2,0 m/d berdasar distribusi Rayleigh. Perbedaan ini relatif signifikan, oleh karenanya perlu dilakukan verifikasi dengan data yang diperoleh.

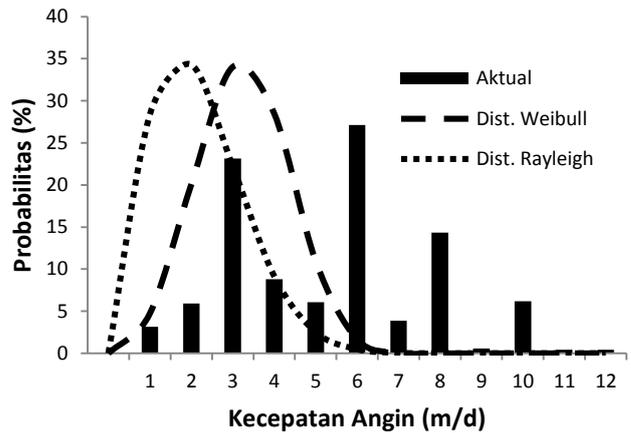


Gambar 5. Distribusi Weibull dan Rayleigh untuk Peisir Cilacap

Histogram peluang kejadian angin sesungguhnya dilukiskan oleh Gambar 6. Probabilitas kecepatan angin yang terjadi lumayan fluktuatif. Kecepatan angin 6 m/d, 8 m/d dan 10 m/d tampak memiliki probabilitas yang lebih tinggi daripada kecepatan di samping kiri dan kanannya. Fluktuasi ini cukup menjadikan kedua distribusi yang diaplikasikan nampak kurang pas menggambarkan probabilitas kejadian angin di Pesisir Cilacap. Walaupun demikian distribusi Weibull terlihat lebih baik daripada distribusi Rayleigh karena melingkupi lebih banyak histogram di bawahnya. Selain itu bahwa dengan distribusi Weibull kecepatan angin dengan probabilitas tertinggi bernilai 3,2 m/d yang relatif dekat dengan rata-rata kecepatan angin yang tercatat di BMKG Cilacap yaitu 3,3 m/d. Padahal distribusi Rayleigh menunjukkan nilai 2 m/d sebagai kecepatan angin dengan probabilitas terbesar yang nilai tersebut elatif jauh dari rata-rata kecepatan angin 3,3 m/d.

Pada sisi lain, perlu diulas mengenai parameter bentuk  $k$  dimana parameter ini sangat memberi sifat distribusi angin. Harga  $k < 2$  mengindikasikan deviasi yang lebih besar dari rata-rata kecepatan angin sementara harga  $k > 2$  mengindikasikan variasi yang kecil dari kecepatan angin rata-rata. Ketika nilai  $k$  meningkat, kurva probabilitas menyempit menunjukkan adanya variasi yang kecil dari kecepatan angin. Oleh karena pada studi ini diperoleh nilai  $k = 3,26$  maka dapat diperoleh petunjuk bahwa variasi kecepatan angin terhadap rata-ratanya adalah kecil.

Pengeplotan secara bersama antara kurva distribusi Weibull, distribusi Rayleigh dan histogram peluang kecepatan angin seperti Gambar 6 dapat memberi gambaran karakteristik angin di Pesisir Cilacap. Kurang idealnya model distribusi dibandingkan dengan aktual dapat disebabkan distribusi yang dipilih memang tidak sesuai atau data angin dari BMKG mengandung kesalahan baik kesalahan bawaan maupun kesalahan sistematis.



Gambar 6. Posisi distribusi Weibull dan Rayleigh terhadap probabilitas aktual

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Analisis untuk menggambarkan distribusi probabilitas Weibull menghasilkan nilai parameter bentuk ( $k$ ) dan parameter skala ( $c$ ) berturut-turut adalah  $k = 3,26$  dan  $c = 3,64$ . Nilai  $k \geq 3$  yang diperoleh mengindikasikan bahwa pada daerah tersebut memiliki sifat angin yang teratur/reguler dan mantap. Nilai parameter skala untuk Pesisir Cilacap adalah 3,64. Selain itu juga kecepatan angin rata-rata di Pesisir Cilacap adalah 3,3 m/d. Kurva distribusi probabilitas Weibull memperlihatkan bahwa kecepatan angin 3,2 m/d mempunyai peluang tertinggi terjadi di Pesisir Cilacap.

Nilai parameter skala Rayleigh diperoleh  $C_r = 2,44$ . Distribusi Rayleigh lebih menceng ke kiri dibandingkan distribusi Weibull. Kurang idealnya perbandingan kedua distribusi terhadap aktual memberi pesan bahwa penerapan kedua distribusi mesti digunakan secara hati-hati untuk keperluan pemakaian faktor angin dalam perencanaan bangunan pantai dan pesisir.

#### B. Saran

Uji kesesuaian perlu dilakukan terhadap kedua jenis distribusi yang telah dibahas. Perlu pula dikaji penerapan jenis distribusi lain seperti Gamma, Lognormal, Eksponensial, dan Gaussian. Selain itu, data angin dengan durasi lebih panjang perlu dikumpulkan untuk membuat pemodelan distribusi menjadi lebih meyakinkan. Perbandingan dengan daerah lain baik di pesisir selatan maupun utara Pulau Jawa akan menjadi hal yang menarik karena dapat mendiskripsikan karakter angin di kedua pesisir yang sampai saat ini belum terdokumentasikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, K., Khan, S.A., Ali, A., Khan, D.M., and Khalil, U. 2012. Statistical Analysis of Wind Speed Data in Pakistan, *World Applied Sciences Journal* 18 (11): 1533-1539.
- Buhairi, M.H. (2006). A Statistical Analysis of Wind Speed Data and Assesment of Wind Energy Potential in Taiz-Yemen, *Ass. Univ. Bull. Environ. Res.* Vol 9 No. 2 hal 21-33.
- Dey, S., and Dey, T., (2011). Rayleigh Distribution Revisited via Extension of Jeffreys prior Information and a New Loss Function, *REVSTAT Statistical Journal*, Vol. 9, No. 3, 213-226
- Ghobadi, G.J., Gholizadeh, B., Soltani, B., (2011). "Statistical evaluation of wind speed and energy potential for the construction of a power plant in Baladeh, Nur, Northern Iran", *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 6(19), pp. 4621-4628,
- Gupta, R., and Biswas, A., (2010). Wind Data Analysis Silchar (Assam, India) by Rayleigh's and Weibull Methods, *Journal of Mechanical Engineering Research*, Vol. 2 (1) pp. 010-024
- Olaofe, Z.O., Folly, K.A., (2012). "Statistical Analisis of the Wind Resources at Darling for Energy Production". *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol. 2 No. 2.
- Weibull, W., (1951). "A Statistical Distribution Function of Wide Applicability", *Journal of Applied Mechanics*, 293 – 297.
- Yilmaz, V., Çelik, H.E., (2008) "A Statistical Approach to Estimate the WindSpeed Distribution: The Case of Gelibolu Region". *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 9 (1), 122-132.
- Youm, I., Sarr, J., Sall, M., Ndiaye, A. and Kane, M.M., (2005). "Analysis of wind data and wind energy potential along the northern coast of Senegal", *Rev. Energ. Ren.* Vol. 8 hal 95 - 108