

## ANALISIS PELUANG UNTUK MEMPREDIKSI KEJADIAN IKLIM EKSTRIM “STUDI KASUS : DISTRIBUSI CURAH HUJAN DI KABUPATEN KARAWANG, INDRAMAYU, DAN SUBANG”

(Probability Analysis for Predicting Extrem Climate, Case Study : Rainfall Distribution  
in Kabupaten Karawang and Subang)

Sutikno<sup>1</sup> dan Ahmad Bey<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

<sup>2)</sup> Jurusan Geofisika dan Meteorologi, Institut Pertanian Bogor

### ABSTRACT

This work attempts to investigate probability distribution functions of rainfall and used them in predicting the extreme values. Observational rainfall data covering Karawang, Indramayu, and Subang were obtained from Meteorological Office (BMG). Distribution functions of rainfall are follow gamma distribution. The range shape parameter values are 1.01219-1.35416, while scale parameter values are 0.00608-0.00939. Shape parameter values tend to be larger with longitude, while scale parameter values are relatively consistent. It is also revealed that the occurrence of El-Nino is more frequent than La-Nina.

Keyword: probability distribution, extreme climate

### ABSTRAK

Makalah ini membahas tentang identifikasi distribusi peluang curah hujan, kemudian digunakan untuk memprediksi kejadian iklim ekstrim. Data curah hujan yang digunakan meliputi stasiun-stasiun di Kabupaten Karawang, Indramayu, dan Subang. Distribusi curah hujan di stasiun-stasiun ketiga kabupaten (wilayah pantura bagian barat) adalah mengikuti distribusi gamma. Hasil pendugaan parameternya terdapat kecenderungan semakin besar letak bujur stasiun semakin besar parameter shapenya, sedangkan parameter scale relatif sama. Peluang kejadian iklim ekstrim el-nino (kemarau panjang) lebih besar daripada peluang kejadian La-nina.

Kata kunci: distribusi peluang, iklim ekstrim

### PENDAHULUAN

Cuaca dan iklim adalah proses dan fenomena di atmosfer yang merupakan salah satu faktor terpenting dan berpengaruh terhadap berbagai aktifitas kehidupan. Perhatian terhadap pentingnya informasi cuaca dan iklim baru muncul setelah terjadi berbagai bencana alam seperti banjir dan kemarau panjang, kebakaran hutan dan polusi asap yang pada tahun – tahun belakangan ini semakin sering terjadi. Di sisi lain, baru-baru ini seringkali juga terdengar air waduk mengalami penyusutan, akibatnya kebutuhan tenaga listrik dan kebutuhan air untuk pengairan sawah agak terhambat. Pokok permasalahan adalah kenapa kejadian ini selalu berulang, tanpa ada upaya belajar dengan data masa lalu. Salah satu upaya untuk mengatasi ini adalah memperbaiki manajemen air yang sangat tergantung pada kondisi curah hujan (iklim).

---

Penyerahan naskah: Oktober 2003

Diterima untuk diterbitkan: Desember 2003

Fenomena alam di atas sulit untuk dikendalikan dan dimodifikasi, kecuali dalam skala kecil. Agar fenomena iklim dapat dioptimalkan maka informasi tentang kondisi iklim terutama peluang kejadian iklim ekstrim (kemarau panjang dan banjir) dan peramalan kondisi iklim yang akan datang perlu diketahui sedini mungkin. Upaya ini bertujuan untuk menghindari atau meminimalisasi dampak yang ditimbulkan adanya iklim ekstrim tersebut. Di samping itu adanya informasi pola kejadian hujan di suatu wilayah dapat memberikan inspirasi bagaimana manajemen air harus diterapkan, terutama di daerah aliran sungai.

Tulisan ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi distribusi curah hujan di suatu wilayah, (2) menghitung peluang kejadian hujan, terutama peluang kejadian curah hujan abnormal (di atas normal atau di bawah normal) di wilayah pantura bagian barat.

## BAHAN DAN METODE

### Sumber data

Data yang digunakan diperoleh dari BMG yang terdiri atas tiga kabupaten meliputi: (1) Kerawang yaitu Stasiun Gempollor (1951-2000):  $6.10^{\circ}$  LS,  $107.33^{\circ}$  BT; Pacing (1951-2000):  $6.10^{\circ}$  LS,  $106.27^{\circ}$  BT; Batujaya (1951-2000):  $6.07^{\circ}$  LS,  $107.12^{\circ}$  BT; (2) Indramayu yaitu stasiun : Losarang (1951-2000):  $6.40^{\circ}$  LS,  $108.17^{\circ}$  BT; Cikedung (1951-2000):  $6.48^{\circ}$  LS,  $108.18^{\circ}$  BT; Juntiyuat (1951-2000):  $6.43^{\circ}$  LS,  $108.43^{\circ}$  BT; dan (3) Subang yaitu stasiun: Jatisari (1951-1999):  $6.37^{\circ}$  LS,  $107.52^{\circ}$  BT; Barugbug (1951-1999); dan Sukra (1951-1999). Lokasi stasiun-stasiun tersebut secara tematik disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Stasiun yang diamati

### Metodologi

Prosedur analisis data adalah sebagai berikut:

1. Penyiapan data dari stasiun yang diamati. Terdapat beberapa data pengamatan yang hilang (*missing value*). Data yang hilang dilakukan pendugaan dengan cara: (a) menggunakan nilai rata-rata dari bulan yang sama, terutama untuk data yang hilang selama setahun secara berurutan, dan (b) menggunakan rata-rata diantara amatan yang hilang.



2. Mengeksplorasi data dengan tujuan melihat pola data melalui pembuatan histogram, kemiringan data, nilai pencilan, nilai rata-rata, dan ragam data.
3. Pengujian distribusi data dengan menggunakan metode Chi-square, Kolmogorov-Smirnov, dan Anderson-Darling. Langkah-langkah pengujian distribusi suatu data: (a) Pendeteksian distribusi data dengan membuat histogram. Melalui histogram dapat ditelusuri pola simetris (normal), pola miring ke kiri atau ke kanan. (b) pembuatan hipotesa:  $H_0$  : Data mengikuti distribusi yang didefinisikan,  $H_1$  : Data tidak mengikuti distribusi yang didefinisikan. Statistik uji yang digunakan dalam pengujian distribusi data :

### Chi-square

Data dibuat dalam bentuk kelas interval. Statistik uji ini didefinisikan sebagai berikut :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k (O_i - E_i)^2 / E_i$$

di mana k adalah kelas interval,  $O_i$  nilai frekuensi pengamatan kelas ke-i,  $E_i$  nilai harapan frekuensi kelas ke-i,  $E_i$  dihitung dengan :  $E_i = N(F(Y_{ui}) - F(Y_{li}))$ , F merupakan distribusi kumulatif dari distribusi yang diuji,  $Y_{ui}$  batas atas kelas ke-i,  $Y_{li}$  batas bawah kelas ke-i, N banyaknya sampel. Tolak  $H_0$ , jika  $\chi^2 > \chi^2_{(\alpha, k-c)}$ , dimana  $\chi^2_{(\alpha, k-c)}$  distribusi chi-square dengan derajat bebas k-c (k adalah jumlah sel yang tidak kosong, dan c jumlah parameter yang diduga) dan tingkat signifikant sebesar  $\alpha$ .

### Kolmogorov-Smirnov (K-S)

Metode ini berdasarkan perbedaan antara distribusi empirik dan distribusi teoritis tertentu. Distribusi empirik  $F_N(x)$  didefinisikan dengan (Molen *et all*, 1977):

$$F_N(x) = \frac{n(i)}{N},$$

dimana n(i) banyaknya pengamatan yang lebih kecil sama dengan  $x_i$ , di mana  $x_i$  diurutkan dari terkecil ke terbesar, N banyaknya sampel. Distribusi kumulatif teoritis  $F_o(x)$  dan didefinisikan :

$$D^+ = \max_{1 \leq i \leq N} \left\{ \frac{i}{N} - F_o(x_{(i)}) \right\} \quad D^- = \max_{1 \leq i \leq N} \left\{ F_o(x_{(i)}) - \frac{i-1}{N} \right\},$$

dimana :  $x_{(i)}$  merupakan order statistik. Statistik uji K-S didefinisikan :  $D = \max(D^+, D^-)$ . Tolak  $H_0$  jika nilai D lebih besar dari nilai kritis yang ditentukan oleh tabel K-S atau jika nilai p-value lebih kecil dari tingkat signifikan ( $\alpha$ ) yang ditentukan.

### Anderson Darling (A-D)

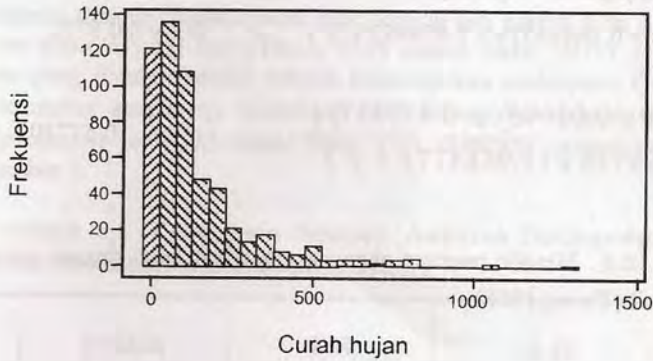
Statistik A - D adalah sebagai berikut:  $A^2 = -N - S$ , dimana S adalah:

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{(2i-1)}{N} \left[ \ln F(Y_i) + \ln(1 - F(Y_{N+1-i})) \right],$$

F merupakan distribusi kumulatif yang diuji.

## Pendugaan Nilai Parameter Sebaran

Salah satu alat deteksi awal pendugaan distribusi data adalah penelusuran pola data melalui histogram. Data curah hujan sebagian besar mengikuti pola miring kekanan (*skewness positive*), seperti yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Histogram dengan pola miring kekanan

Berdasarkan histogram tersebut diatas terdapat 5 (lima) distribusi yang mungkin di antaranya: (1) Weibull family (untuk maksimum), (2) Gamma family, (3) Chi-square family, (4) Lognormal family, dan (5) Power Lognormal family. Distribusi gamma banyak digunakan dalam bidang hidrologi. Peluang kejadian hujan untuk harian, mingguan, bulanan dan tahunan banyak diduga dengan menggunakan distribusi gamma (Barger dan Thom 1949; Barger, Shaw dan dan Dale 1959; Friedman dan Janes 1957; Mooley dan Crutcher 1968) dalam Haan 1979.

### Distribusi Gamma

Fungsi kepekatan peluang distribusi gamma adalah sebagai berikut :

$$f(x | \lambda, \eta) = \frac{1}{\Gamma(\eta)\lambda^\eta} x^{\eta-1} e^{-x/\lambda} \quad 0 < x < \infty, \eta > 0, \lambda > 0$$

$\eta$  disebut sebagai parameter shape (bentuk), dan  $\lambda$  adalah parameter scale (lokasi). Metode estimasi parameter digunakan metode moment diperoleh:

$$\hat{\lambda} = \bar{x} / s^2, \text{ dan } \hat{\eta} = \bar{x}^2 / s^2,$$

di mana  $\bar{x}$  adalah nilai rata-rata, dan  $s^2$  adalah nilai ragam dari data. Sedangkan estimasi parameter dengan metode kemungkinan maksimum diperoleh :

$$\ln \hat{\eta} - \psi(\hat{\eta}) = \ln(\bar{x} / \bar{x}_G), \quad \hat{\eta} / \hat{\lambda} = \bar{x},$$

$\bar{x}_G$  adalah rata-rata geometrik dari data, dan  $\psi(x) = d \ln \Gamma(x) / dx$  merupakan fungsi psi. Thom (1958) dalam Haan (1979) mengajukan pendekatan untuk menduga nilai  $\eta$  dengan :



$$\hat{\eta} = (1 + \sqrt{1 + 4y/3})/4y - \Delta\hat{\eta}, \text{ dan } \hat{\lambda} = \hat{\eta}/\bar{x},$$

dimana  $y$  adalah  $\ln \bar{x} - \overline{\ln x}$ ,  $\Delta\hat{\eta}$  adalah faktor koreksi, dan  $\overline{\ln x}$  adalah rata-rata dari transformasi data dengan logaritma natural. Greenwood dan Durand (1960) dalam Haan (1979) menggunakan pendekatan pendugaan parameter  $\eta$  sebagai berikut:

$$\hat{\eta} = \begin{cases} (0.5000876 + 0.1648852y - 0.054427 y^2)/y, & 0 \leq y \leq 0.5772 \\ \frac{8.898919 + 9.05995y + 0.9775373y^2}{y(17.79728 + 11.968477y + y^2)}, & 0.57720 \leq y \leq 17.0 \end{cases}$$

di mana  $y = \ln \bar{x} - \overline{\ln x}$ . Metode moment akan menghasilkan nilai dugaan parameter yang baik jika nilai  $\eta$  sangat kecil (Thom, 1958).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum pola histogram dari data curah hujan di masing-masing stasiun menunjukkan pola miring kekanan (lihat lampiran 1). Hal ini ditunjukkannya pula nilai kemiringan (*skewness*) positif (Tabel 1). Dalam kurun waktu 49 tahun, rata-rata curah hujan tahunan berkisar antara 120 mm – 170 mm, dengan nilai ragam yang relatif besar. Hal ini menunjukkan pernah terjadi iklim ekstrim di daerah tersebut, terutama stasiun Sukra, Jatisari (Subang), Gempollor, Batujaya, dan Pacing (Kerawang).

Tabel 1. Banyaknya data, nilai rata-rata, nilai ragam, nilai simpangan baku, ukuran kemiringan (*skewness*) menurut lokasi dan stasiun

Lokasi	Stasiun	n	$\bar{x}$	$s^2$	<i>skewness</i>
Kerawang	Gempollor	552	136,156	28405,2	24,700
	Pacing	552	122,98	22372,2	23,147
	Batujaya	552	130,522	25280,5	23,149
Indramayu	Losarang	540	127,511	19101,6	20,500
	Cikedung	552	132,082	16502,1	14,260
	Juntaryuat	540	145,141	19960,9	17,890
Subang	Jatisari	540	148,937	23422,5	23,670
	Barugbug	540	150,706	18187,1	12,840
	Sukra	540	170,643	31642,4	9,660

Berdasarkan statistik uji Anderson Darling semua stasiun mengikuti distribusi gamma. Untuk statistik uji K-S meskipun tingkat signifikansi kecil namun masih dapat dikategorikan distribusi data curah hujan mengikuti distribusi gamma (Tabel 2). Berbeda dengan statistik uji chi-square yang menyatakan bahwa distribusi data tidak mengikuti distribusi gamma. Hal ini perlu

dimaklumi, karena prosedur untuk masing-masing statistik uji berbeda-beda. Untuk A-D dan K-S lebih cocok untuk data yang sifatnya kontinu seperti data curah hujan, sedangkan untuk Chi-square lebih cocok untuk data yang bersifat diskrit. Hasil plot kuantil-kuantil dengan menggunakan distribusi teoritis gamma menunjukkan pola yang linier (Lampiran 2). Dengan demikian distribusi data curah hujan dari ketiga lokasi kabupaten mengikuti distribusi gamma.

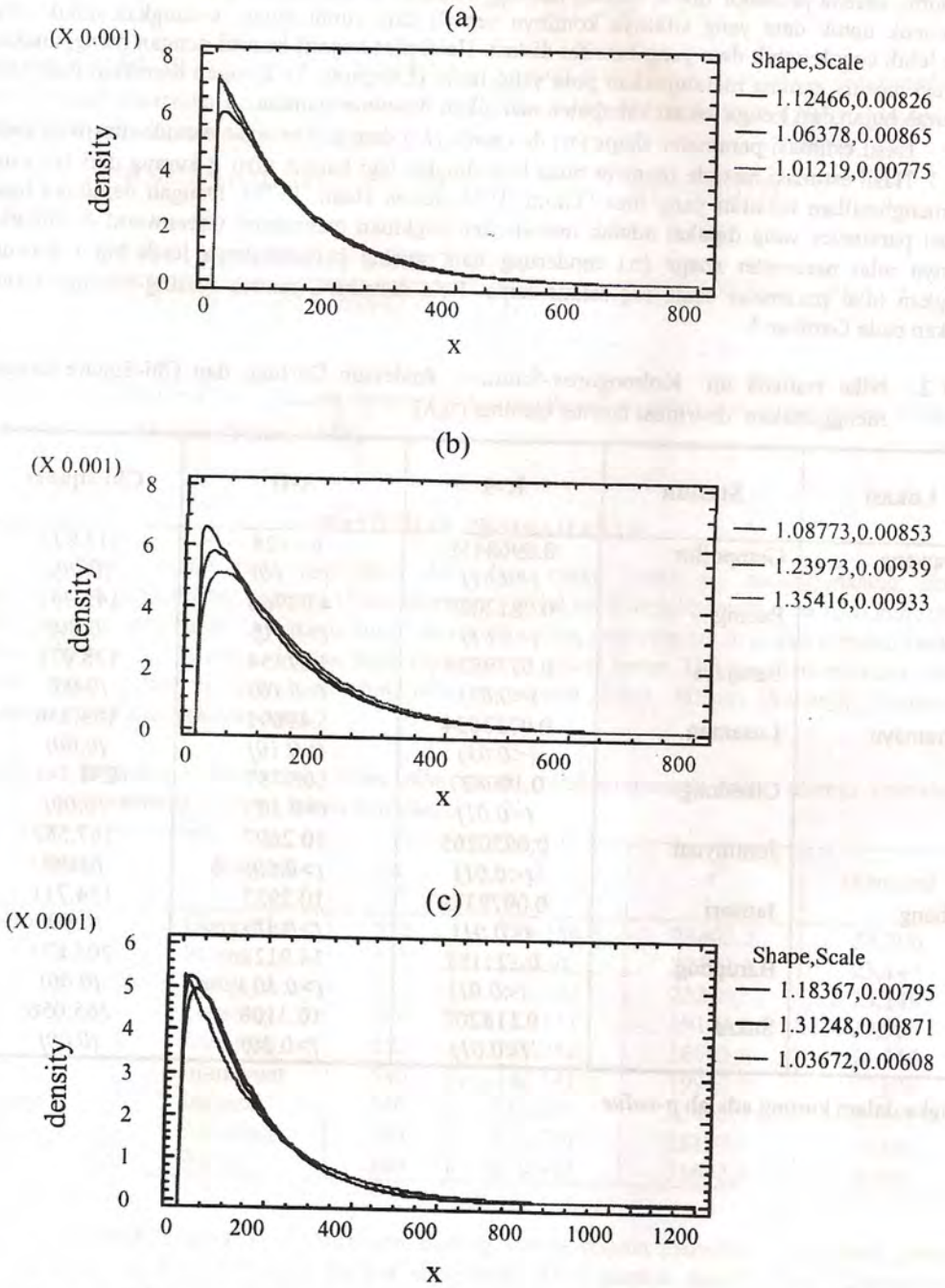
Hasil estimasi parameter shape ( $\eta$ ) dan scale ( $\lambda$ ) dengan berbagai metode disajikan pada Tabel 3. Hasil estimasi metode moment tidak bisa dipakai lagi karena nilai  $\eta$  kurang dari 10, yang akan menghasilkan taksiran yang bias (Thom, 1958 dalam Haan, 1979). Dengan demikian hasil estimasi parameter yang dipakai adalah metode kemungkinan maksimum Greenwood & Durand. Besarnya nilai parameter shape ( $\eta$ ) cenderung naik seiring bertambahnya letak bujur stasiun, sedangkan nilai parameter scale ( $\lambda$ ) relatif sama. Pola distribusi gamma masing-masing stasiun disajikan pada Gambar 3.

Tabel 2. Nilai statistik uji Kolmogorov-Smirnov, Anderson Darling, dan Chi-Square dengan menggunakan distribusi teoritis Gamma ( $\eta, \lambda$ )

Lokasi	Stasiun	K-S	A-D	Chi-square
Kerawang	Gempollor	0.0968458 ( $<0.01$ )	6.8124 ( $>0.10$ )	213.923 (0.00)
	Pacing	0.0812028 ( $<0.01$ )	4.03966 ( $>0.10$ )	145.967 (0.00)
	Batujaya	0.0770824 ( $<0.01$ )	3.52454 ( $>0.10$ )	128.031 (0.00)
Indramayu	Losarang	0.0733834 ( $<0.01$ )	5.49691 ( $>0.10$ )	103.356 (0.00)
	Cikedung	0.100827 ( $<0.01$ )	10.9787 ( $>0.10$ )	231.344 (0.00)
	Juntinyuat	0.0950265 ( $<0.01$ )	10.2697 ( $>0.10$ )	167.582 (0.00)
Subang	Jatisari	0.0978319 ( $<0.01$ )	10.2935 ( $>0.10$ )	154.711 (0.00)
	Barugbug	0.121181 ( $<0.01$ )	14.9128 ( $>0.10$ )	205.871 (0.00)
	Sukra	0.118207 ( $<0.01$ )	10.3108 ( $>0.10$ )	365.056 (0.00)

\*Angka dalam kurung adalah  $p$ -value





Gambar 3. Distribusi Gamma ( $\eta, \lambda$ ) di Kerawang (a), Indramayu (b), dan Subang (c)

Tabel 3. Estimasi parameter distribusi Gamma ( $\eta, \lambda$ ) menurut metode Greenwood & Durand, metode Thom, dan metode Moment

Stasiun	Metode Greenwood & Durand		Metode Thom		Metode Moment	
	$\eta$	$\lambda$	$\eta$	$\lambda$	$\eta$	$\lambda$
Gempollor	1.12466	0.00826	0.25956	0.00191	0.65260	$4.790 \cdot 10^{-3}$
Pacing	1.06378	0.00865	0.28014	0.00228	0.67600	$5.500 \cdot 10^{-3}$
Batujaya	1.01219	0.00775	0.29989	0.00230	0.67390	$5.160 \cdot 10^{-3}$
Losarang	1.08773	0.00853	0.27168	0.00213	0.85120	$6.675 \cdot 10^{-3}$
Cikedung	1.23973	0.00939	0.22709	0.00172	1.05710	$8.004 \cdot 10^{-3}$
Juntinyuat	1.35416	0.00933	0.19608	0.00135	1.05540	$7.271 \cdot 10^{-3}$
Jatisari	1.18367	0.00795	0.24194	0.00162	0.94700	$6.358 \cdot 10^{-3}$
Barugbug	1.31248	0.00871	0.20493	0.00136	1.24880	$8.286 \cdot 10^{-3}$
Sukra	1.03672	0.00608	0.29016	0.00170	0.92020	$5.390 \cdot 10^{-3}$

\*)  $\eta$  parameter shape, dan  $\lambda$  parameter scale.

### Peluang Kejadian Hujan Ekstrim

Secara umum peluang kejadian hujan rendah lebih besar daripada kejadian hujan tinggi (Tabel 4).. Hal ini menunjukkan bahwa kejadian iklim ekstrim, terutama untuk kemarau panjang lebih sering terjadi daripada kejadian iklim ekstrim hujan di atas normal. Hasil ini sesuai dengan hasil prediksi National Centers for Environmental Prediction/Climate Prediction Center and at the United Kingdom Meteorological Office, 2000 dalam Sutikno 2002. Hasil penelitian tersebut menyatakan selama kurung waktu 1950-2000 menurut kwartal bulan telah terjadi iklim ekstrim (La-nina dan El-nino) sebanyak 120 kali, 55 % merupakan kejadian iklim ekstrim El-nino.

Tabel 4. Peluang curah hujan tertinggi dan terendah

Stasiun	Xmax	P(X>xmax)	Xmin	P(X<xmin)
Gempollor	482.60	0.018	34.98	0.240
Pacing	423.50	0.023	24.84	0.180
Batujaya	451.10	0.030	27.58	0.180
Losarang	349.40	0.050	24.84	0.160
Cikedung	304.50	0.057	27.58	0.080
Juntinyuat	337.30	0.097	30.58	0.100
Jatisari	239.30	0.150	38.27	0.220
Barugbug	324.20	0.133	36.18	0.100
Sukra	321.00	0.039	33.07	0.180

Keterangan : X-max dan X-min ditentukan berdasarkan rata-rata curah hujan tertinggi dan terendah bulanan



### KESIMPULAN

Distribusi curah hujan untuk Kabupaten Kerawang, Subang, dan Indramayu (wilayah pantura bagian barat) adalah mengikuti distribusi gamma. Hasil pendugaan parameternya terdapat kecenderungan semakin besar letak bujur stasiun semakin besar parameter shapenya, sedangkan parameter scale relatif sama. Untuk wilayah pantura bagian barat peluang kejadian eklim ektrim el-nino (kemarau panjang) lebih besar daripada peluang kejadian la-nina.

### DAFTAR PUSTAKA

Engineering Statistics Handbook. <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda.htm>, 10-28-2002

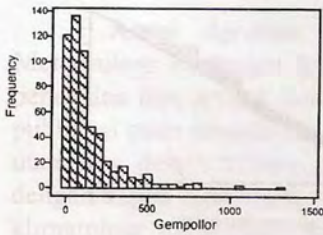
Haan C.T. 1979. Statistical Methods in Hydrology. The Iowa University Press.

Molen W.H., Van Der Lan, P. and Van Montfort, M.A. 1977. Stochastic Modelling of Daily sequences. H Veenman & Zonen B.V. Wageningen.

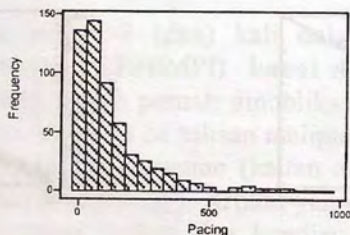
Sutikno. 2002. Penggunaan Regresi Splines Adaptif Berganda untuk Peramalan Indeks ENSO dan Hujan Bulanan, Tesis S2 IPB

Stasiun	Mean	Fit (gamma)	WZ (gamma)
Subur	127.00	0.000	0.150
Banung	124.50	0.177	0.100
Jandi	122.50	0.150	0.150
Junjangan	107.50	0.007	0.100
Cibung	104.50	0.057	0.080
Tawangmaja	104.00	0.050	0.100
Banung 2	101.50	0.096	0.100
Pondok	101.50	0.077	0.100
Gempol	101.50	0.077	0.100
Gempol 2	101.50	0.077	0.100

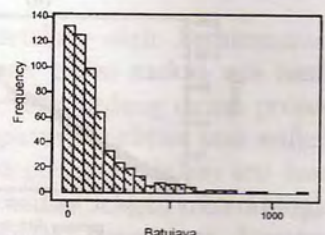
Lampiran 1. Histogram data curah hujan di stasiun-stasiun kabupaten Kerawang (a, b, c), Indramayu (d, e, f), dan Subang (g, h, i)



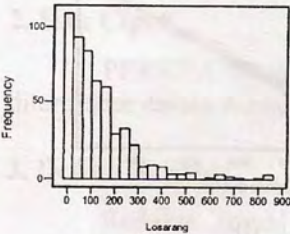
(a)



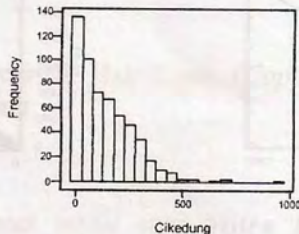
(b)



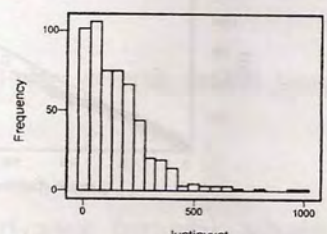
(c)



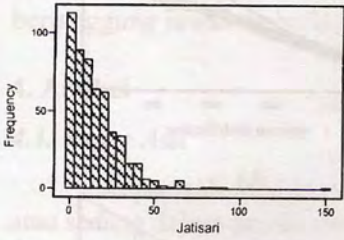
(d)



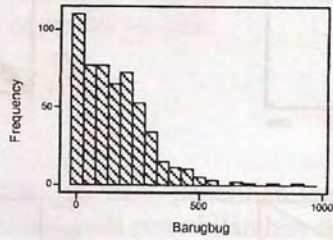
(e)



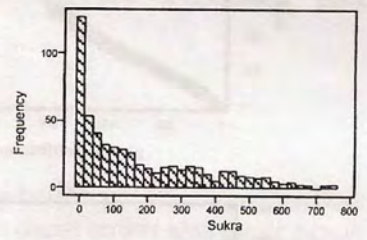
(f)



(g)



(h)



(i)



Lampiran 2. Plot kuantil – kuantil di stasiun-stasiun kabupaten Kerawang (a, b, c), Indramayu (d, e, f), dan Subang (g,h, i)

