



## INTERVAL KONFIDENSI UNTUK SATU PARAMETER DISTRIBUSI EKSPONENSIAL DI BAWAH SENSOR LENGKAP (Studi kasus data waktu tunggu bencana puting beliung di bulan April 2014)

Margiansyah Fitra<sup>1</sup> dan Akhmad Fauzy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Statistika, FMIPA UII Yogyakarta

<sup>2</sup>Pengajar Program Studi Statistika, FMIPA UII Yogyakarta  
akhmad.fauzy@uii.ac.id

### Abstrak

Distribusi eksponensial adalah distribusi yang sangat penting dalam analisis uji hidup. Yang membedakan analisis uji hidup dengan kajian statistik yang lain adalah adanya penyensoran. Sensor lengkap adalah sensor dimana semua objek atau individu dapat diobservasi semua. Puting beliung adalah salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah waktu tunggu bencana puting beliung di bulan April 2014. Fokus penelitian adalah mengestimasi interval konfidensi untuk satu parameter distribusi eksponensial di bawah sensor lengkap dengan menggunakan data waktu tunggu bencana puting beliung.

**Kata kunci:** eksponensial, interval, puting beliung, sensor lengkap

## I. PENDAHULUAN

### a) Latar Belakang

Untuk meningkatkan kualitas suatu produk hasil industri maka diperlukan suatu analisis uji hidup (*survival analysis*). Uji hidup tersebut sangat berguna dalam melakukan pengujian tentang daya tahan atau keandalan suatu produk hasil industri. Untuk mendapatkan data uji hidup biasanya orang melakukan eksperimen. Yang membedakan analisis uji hidup dengan bidang-bidang statistik lainnya adalah adanya penyensoran. Beberapa tipe penyensoran antara lain sensor lengkap, sensor tipe I dan tipe II. Dalam uji sampel lengkap ini eksperimen akan dihentikan jika semua komponen yang diuji telah mengalami kematian semua atau gagal (Lawless, 2003).

Distribusi eksponensial dengan satu parameter adalah salah satu distribusi yang penting dalam analisis uji hidup. Untuk dapat memberikan gambaran yang baik tentang nilai parameter tersebut, biasanya dicari nilai interval konfidensinya. Bain dan Engelhardt (1992) telah menguraikan suatu metode dalam mencari interval konfidensi untuk satu parameter distribusi eksponensial.

Kejadian bencana di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun. Bencana yang seringkali terjadi di Indonesia antara lain banjir, tanah longsor, kekeringan, kebakaran hutan dan lahan, puting beliung, gempa bumi, Tsunami, letusan gunung berapi, kegagalan teknologi, epidemi dan kerusuhan sosial (Bakornas, 2005).

Salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia adalah puting beliung. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) tercatat dalam bulan April 2014 telah terjadi sebanyak 9 kali. Waktu tunggu didefinisikan sebagai ja-

rak waktu antara puting beliung yang satu ke puting beliung berikutnya. Diperlukan suatu kajian tentang analisis uji hidup terutama berkaitan dengan data waktu tunggu bencana puting beliung.. Fokus kajian adalah mencari interval konfidensi untuk satu parameter distribusi eksponensial di bawah sensor lengkap.

## b) Tujuan

Penelitian yang dilaksanakan bertujuan untuk mencari interval konfidensi satu parameter distribusi eksponensial di bawah sensor lengkap dengan studi kasus data waktu tunggu bencana puting beliung di bulan April 2014.

## c) Perumusan Masalah

Masalah yang harus terselesaikan adalah menduga interval konfidensi dari satu parameter distribusi eksponensial pada kasus tersensor lengkap dengan studi kasus data waktu tunggu bencana puting beliung di bulan April 2014. Sensor yang dipakai adalah sensor lengkap karena data puting beliung di bulan April 2014 semuanya terobservasi. Data tersebut berdistribusi eksponensial.

## II. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data tentang puting beliung yang terjadi di Indonesia di bulan April 2014 yang bersumber dari BNPB. Data tersebut dapat dilihat dalam tabel di bawah ini.

Tabel 1. Data waktu tunggu puting beliung di Indonesia pada April 2014

No	Tanggal	Waktu Tunggu (hr)	Bujur & Ling-tang	Lokasi
1	25/4/2014	6	111.854 & -7.20401	Ds. Sumodikaran, Kec. Dander, Kab. Bojonegoro, Jawa Timur
2	19/4/2014	7	111.896 & -8.08226	Ds. Sobontoro, Kec. Boyolangu, Kab. Tulungagung, Jawa Timur
3	12/4/2014	4	109.462 & -7.64387	Ds. Purwosari, Kec. Puring, Kab. Kebumen, Jawa Tengah
4	8/4/2014	1	111.165 & -6.84044	Ds. Jimbaran, Kec. Kayen, Kab. Pati, Jawa Tengah
5	7/4/2014	1	107.737 & -7.03925	Ds. Biru, Kec. Majalaya, Kab. Bandung, Jawa Barat
6	6/4/2014	1	101.775 & 0.496216	Ds. Mekarjaya, Kec. Pangkalan Kerinci, Kab. Palalawan, Riau
7	5/4/2014	3	107.775 & -6.97336	Desa Tegal Sumedang, Kec. Rancaekek, Kab. Bandung, Jawa Barat
8	2/4/2014	1	106.915 & -6.91019	Kel. Karang, Kec. Gunung Puyuh, Kota Sukabumi, Jawa Barat
9	1/4/2014		108.564 &	Desa Kertahayu, Kec. Pamarican,

			-7.46213	Kab. Ciamis, Jawa Barat
--	--	--	----------	-------------------------

Langkah pertama adalah mengurutkan waktu tunggu di atas berdasarkan dari kecil ke besar. Seterusnya melakukan uji bahwa data tersebut berdistribusi eksponensial dengan menggunakan uji Lilliefors. Selanjutnya membuat interval konfidensi dari satu parameter distribusi eksponensial pada kasus tersensor lengkap.

### III. LANDASAN TEORI

#### a) Puting Beliung

Puting beliung adalah angin yang berputar dengan kecepatan lebih dari 60-90 km/jam yang berlangsung 5-10 menit akibat adanya perbedaan tekanan sangat besar dalam area skala sangat lokal yang terjadi di bawah atau di sekitar awan Cumulonimbus (PSBA, 2013).

Gejala awal puting beliung (PSBA, 2013):

- Udara terasa panas dan gerah,
- Di langit tampak ada pertumbuhan awan Cumulus (awan putih bergerombol yang berlapis-lapis),
- Diantara awan tersebut ada satu jenis awan mempunyai batas tepinya sangat jelas berwarna abu-abu menjulang tinggi yang secara visual seperti bunga kol,
- Awan tiba-tiba berubah warna dari berwarna putih menjadi berwarna hitam pekat (awan Cumulonimbus),
- Ranting pohon dan daun bergoyang cepat karena tertiup angin disertai angin kencang sudah menjelang,
- Durasi fase pembentukan awan, hingga fase awan penuh berlangsung paling lama sekitar 1 jam. Karena itulah, masyarakat agar tetap waspada selama periode ini.

Proses terjadinya puting beliung sangat terkait erat dengan fase tumbuh awan Cumulonimbus (Cb)

#### a. Fase Tumbuh

Dalam awan terjadi arus udara naik ke atas yang kuat. Hujan belum turun, titik-titik air maupun Kristal es masih tertahan oleh arus udara yang naik ke atas puncak awan.

#### b. Fase Dewasa/Masak

Titik-titik air tidak tertahan lagi oleh udara naik ke puncak awan. Hujan turun menimbulkan gaya gesek antara arus udara naik dan turun. Temperatur massa udara yang turun ini lebih dingin dari udara sekelilingnya. Antara arus udara yang naik dan turun dapat timbul arus geser memuntir, membentuk pusaran. Arus udara ini berputar semakin cepat, mirip sebuah siklon yang “menjilat” bumi sebagai angin puting beliung. Terkadang disertai hujan deras yang membentuk pancaran air (*water spout*).

#### c. Fase Penuh

Tidak ada massa udara naik. Massa udara yang turun meluas di seluruh awan. Kondensasi berhenti. Udara yang turun melemah hingga berakhir pertumbuhan awan Cb.

Karakteristik dari puting beliung antara lain (PSBA, 2013):

- Puting berliung merupakan dampak ikutan awan Cumulonimbus (Cb) yang biasa tumbuh selama periode musim hujan, tetapi tidak semua pertumbuhan awan Cb akan menimbulkan angin puting beliung,
- Kehadirannya belum dapat diprediksi,
- Terjadi secara tiba-tiba (5-10 menit) pada area skala sangat lokal,
- Pusaran puting beliung mirip belalai gajah/selang *vacuum cleaner*,
- Jika kejadiannya berlangsung lama, lintasannya membentuk jalur kerusakan,
- Lebih sering terjadi pada siang hari dan lebih banyak di daerah dataran rendah.

Beberapa referensi yang berkaitan dengan puting beliung dapat dilihat dalam Dory *et. al.* (2012) dan Richards (2012).

### b) Sensor Lengkap pada Distribusi Eksponensial

Fungsi kepadatan probabilitas distribusi eksponensial untuk satu parameter  $\theta$  adalah sebagai berikut (Ireson, 1996):

$$f(t) = \theta^{-1} \exp(-t/\theta), \text{ dengan } t \geq 0, \theta \geq 0,$$

nilai rata-ratanya dapat dicari dengan jalan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E(t) &= \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t \theta^{-1} \exp(-t/\theta) dt \\ &= \theta^{-1} \int_0^{\infty} t \exp(-t/\theta) dt = \frac{1}{\theta} \frac{\Gamma(2)}{(1/\theta)^2} = \theta \end{aligned}$$

Bury (1999) telah merumuskan nilai dugaan dari  $\theta$  pada data tahan hidup tersensor lengkap, yaitu:  $\hat{\theta} = \frac{\sum t_i}{n}$ . Selanjutnya Bain dan Engelhardt (1992) telah menguraikan suatu rumus untuk mencari interval konfidensi dari satu parameter distribusi eksponensial pada data tahan hidup tersensor lengkap, yaitu:

$$\frac{2(n)(\text{rata-rata})}{\chi_{(1-\alpha/2, 2n)}^2} < \theta < \frac{2(n)(\text{rata-rata})}{\chi_{(\alpha/2, 2n)}^2}$$

Dalam ilmu statistik, kajian tentang penyensoran dibahas dalam analisis uji hidup (*survival analysis*). Sampai saat ini analisis uji hidup telah berkembang ke bidang lain seperti ilmu asuransi, epidemiologi, ekonomi, demografi dan sebagainya. Buku teks yang khusus tentang analisis uji hidup dalam bidang kesehatan dan biologi dapat dilihat dalam Collett (2003), Kleinbaum dan Klein (2005), Klein dan Moeschberger (2003). Dalam bidang teknik dapat dilihat dalam Birolini (2004), Wolstenholme (1999), dan Pham (2003).

#### IV. PEMBAHASAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data tentang waktu tunggu puting beliung (dalam hari) yang terjadi di Indonesia pada bulan April 2014 yang tercatat di Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

Tabel 2. Data waktu tunggu puting beliung di Indonesia pada April 2014

Urutan	1	2	3	4	5	6	7	8
Waktu tunggu (hari)	1	1	1	1	3	4	6	7

Data di atas adalah data tersensor lengkap, karena data tersebut adalah data waktu tunggu semua puting beliung yang terjadi di bulan April. Data di atas berdistribusi eksponensial dengan satu parameter.

Rumus yang digunakan untuk mencari interval konfidensi dari satu parameter distribusi eksponensial di bawah sensor lengkap adalah:

$$\frac{2(n)(\text{rata-rata})}{\chi^2_{(1-\alpha/2, 2n)}} < \theta < \frac{2(n)(\text{rata-rata})}{\chi^2_{(\alpha/2, 2n)}}$$

Nilai  $\theta$  diduga dengan nilai rata-rata dari data waktu tunggu puting beliung dan diperoleh 3.00 hari. Dengan menggunakan rumus di atas maka batas bawah, batas atas dan lebar interval pada tingkat kepercayaan 99 % dan 95 % dapat diperoleh.

Tabel 3. Batas bawah (BB), batas atas (BA) dan lebar interval (LI) pada tingkat kepercayaan (TK) 99 % dan 95 %

TK	BB	BA	LI
99 %	1.400757	9.334516	7.933759
95 %	1.664046	6.948803	5.284757

#### V. KESIMPULAN

Rata-rata waktu tunggu puting beliung adalah 3 hari. Batas bawah dan batas atas dari satu parameter distribusi eksponensial di bawah sensor lengkap pada tingkat kepercayaan 95% dan 99% dapat dilihat dalam tabel 3 di atas.

#### VI. PERSEMBAHAN

Ucapan terima kasih disampaikan yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (Dirlitabmas), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dirjen Dikti), Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemdikbud) atas

dibiayainya penelitian ini melalui skema Hibah Bersaing tahun 2014.

## VII. DAFTAR PUSTAKA

- Bain, Lee J. and Max Engelhardt. 1992. *Introduction to probability and mathematical statistics*. Second edition. Boston: PSW-KENT Publishing Company.
- Bakornas. 2005. *Panduan pengenalan karakteristik bencana dan upaya mitigasinya di Indonesia*. Set. Bakornas PBP.
- Birolini, A. 2004. *Reliability engineering: theory and practice* (4th ed). Berlin: Springer-Verlag.
- BNPB. 2013. *Data kebencanaan*. www.bnpb.go.id. Diakses 1 Mei 2014.
- Bury, K. 1999. *Statistical distributions in engineering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Collett, D. 2003. *Modeling survival data in medical research* (2nd ed.). London: Chapman & Hall.
- Dory, M., Parrish, A., and Berg, B. 2012. *Introduction to tornado*. Sebastopol: O'Reilly Media
- Ireson, W. G. 1996. *Handbook of reliability engineering and management* (2nd ed.). New York: McGraw Hill.
- Klein, J. P. & Moeschberger, M. L. 2003. *Techniques for censored and truncated data (statistics for biology and health)* 2nd ed. New York: Springer-Verlag.
- Kleinbaum, D. G. & Klein, J. P. 2005. *Survival analysis: A self-learning text (statistics in the health sciences)* 2nd ed. New York: Springer-Verlag.
- Lawless, J. F. 2003. *Statistical models and methods for lifetime data* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Pham, H. 2003. *Handbook of reliability engineering*. London: Springer-Verlag.
- PSBA. 2008. *Waspadaai puting beliung*. <http://geo.ugm.ac.id/waspadaai-puting-beliung/> Diakses 20 April 2014.
- Richards, S.P. 2012. *Tornado spring (free spirit adventures)*. UK Published.
- Wolstenholme, L. C. 1999. *Reliability modeling: a statistical approach*. Florida: Chapman & Hall.