



## INTERVAL KONFIDENSI UNTUK SATU PARAMETER DISTRIBUSI EKSPONENSIAL DI BAWAH SENSOR TIPE-II (Studi kasus data waktu tunggu gempa bumi besar di Indonesia)

Lalu Asri Adhitya Nugraha<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@uui.ac.id

### Abstrak

Penelitian yang akan dilakukan adalah mengestimasi interval konfidensi untuk satu parameter distribusi eksponensial di bawah sensor tipe-II. Data yang digunakan adalah data waktu tunggu gempa bumi besar di Indonesia. Distribusi eksponensial merupakan salah satu distribusi yang penting dalam analisis uji hidup. Yang membedakan analisis uji hidup dengan analisis statistik lainnya adalah adanya penyensoran. Dalam penelitian ini sensor yang digunakan adalah sensor tipe-II.

**Kata kunci:** eksponensial, gempa bumi, sensor tipe-II, waktu tunggu

## I. PENDAHULUAN

### a) Latar Belakang

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 kerusakan sosial (Bakornas, 2005).

Salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia adalah gempa bumi. Gempa bumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa bumi yang dialami selama periode waktu.

Secara geologis, Indonesia berada pada batas pertemuan tiga lempeng tektonik utama dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Kondisi ini mengakibatkan pada beberapa daerah terdapat aktivitas gempa dan vulkanisme yang aktif. Sepanjang sejarahnya, Indonesia telah beberapa kali dilanda gempa bumi dengan kekuatan yang sangat dahsyat (di atas 7 SR) yang menyebabkan jatuhnya banyak korban. Dari tahun 1900-an sampai sekarang, Indonesia telah beberapa kali mengalami musibah gempa bumi besar, antara lain gempa bumi Laut Banda tahun 1938 (8.5 SR), Aceh tahun 2004 (9.3 SR), Nias tahun 2005 (8.7), Tasikmalaya tahun 2006 (7.7 SR), Bengkulu tahun 2007 (7.9 SR), Padang tahun 2009 (7.6 SR) dan Mentawai tahun 2010 (7.2 SR).

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 sensor tipe-II, eksperimen akan dihentikan jika sebagian komponen yang diuji telah mengalami kegagalan. 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.

## b) Tujuan

Penelitian yang dilaksanakan bertujuan untuk mencari interval konfidensi satu parameter distribusi eksponensial di bawah sensor tipe-II dengan studi kasus data waktu tunggu gempa bumi besar ( di atas 7.0 SR) di Indonesia sejak tahun 1900-an.

## c) Perumusan Masalah

Masalah yang harus terselesaikan adalah menduga interval konfidensi dari satu parameter distribusi eksponensial pada kasus tersensor tipe-II dengan studi kasus data waktu tunggu gempa bumi besar di Indonesia. Sensor yang dipakai adalah sensor tipe-II karena tidak semua gempa bumi dapat terobservasi.

## II. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data tentang gempa bumi besar yang terjadi di Indonesia yang dimulai tahun 1900 sampai sekarang (lihat Tabel 1.)

Tabel 1. Data waktu tunggu gempa bumi besar di Indonesia sejak 1900

No	Tanggal	Waktu Tunggu (bln)	Skala (SR)	Lokasi
1	24/10/2010	13	7.2	Mentawai, Sumareta Barat
2	30/9/2009	8	7.6	Sumatera Barat
3	4/1/2009	16	7.6	Papua
4	12/9/2007	13	7.9	Bengkulu
5	17/8/2006	17	7.7	Tasikmalaya, Jawa Barat
6	28/3/2005	3	8.7	Nias, Sumatera
7	26/12/2004	802	9.0	Aceh
8	1/2/1938		8.5	Laut Banda

(Sumber: Taufiqurakhman, 2012)

Langkah pertama adalah melakukan uji bahwa data tersebut berdistribusi eksponensial dengan menggunakan uji Lilliefors. Selanjutnya membuat interval konfidensi dari satu parameter distribusi eksponensial pada kasus tersensor tipe-II.

### III. LANDASAN TEORI

Pada awalnya analisis uji hidup berfungsi sebagai salah satu alat analisis tentang waktu hidup sehingga berlaku kematian atau kerusakan di dalam bidang kedokteran dan teknik. 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), Therneau dan Grambsch (2000) dan Hougaard (2000). Dalam bidang teknik dapat dilihat dalam Birolini (2004), Ushakov (1994), Bury (1999), Wolstenholme (1999), dan Pham (2003).

#### a) Sensor Tipe-II

Fungsi kepadatan probabilitas dari distribusi eksponensial satu parameter  $\theta$  adalah (Ireson, et.al, 1996):

$$f(t; \theta) = \frac{1}{\theta} \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right); \theta > 0 \quad (1)$$

Total tahan hidup pada data tersensor tipe-II adalah (Lawless, 2003):

$$T = \sum_{i=1}^r t_i + (n-r)t_r. \quad (2)$$

Selanjutnya Lawless (2003) telah merumuskan nilai dugaan dari  $\theta$ -nya, yaitu  $\hat{\theta} = \frac{T}{r}$ .

Bain dan Engelhardt (1992) telah menguraikan rumus untuk mencari interval konfidensi dari satu parameter distribusi eksponensial pada data tersensor tipe-II, yaitu:

$$\frac{2T}{\chi_{(1-\alpha/2, 2r)}^2} < \theta < \frac{2T}{\chi_{(\alpha/2, 2r)}^2}. \quad (3)$$

#### b) Gempabumi

Gempabumi adalah peristiwa bergetarnya bumi akibat pelepasan energi di dalam bumi secara tiba-tiba yang ditandai dengan patahnya lapisan batuan pada kerak bumi. Energi yang dihasilkan dipancarkan kesegala arah berupa gelombang gempabumi sehingga efeknya dapat dirasakan sampai ke permukaan bumi. Semakin besar energi yang dilepas semakin kuat gempa yang terjadi. Kejadian bencana alam tidak dapat dicegah dan ditentukan kapan dan dimana lokasinya, akan tetapi pencegahan jatuhnya korban akibat bencana ini dapat dilakukan bila terdapat cukup pengetahuan mengenai sifat-sifat bencana tersebut (Hidayat, 2012).

Secara umum klasifikasi gempa dapat diuraikan seperti di bawah ini.

## a. Berdasarkan penyebabnya:

- Gempa tektonik, yaitu gempa yang disebabkan oleh pergeseran lapisan batuan pada daerah patahan,
- Gempa vulkanik, yaitu gempa yang diakibatkan oleh aktivitas vulkanisme,
- Gempa guguran (gempa runtuh), yaitu disebabkan oleh runtuhnya bagian gua,
- Gempa tumbukan, yaitu gempa yang disebabkan oleh meteor besar yang jatuh ke bumi.

## b. Berdasarkan bentuk episentrum:

- Gempa sentral, yaitu gempa yang episentrumnya titik,
- Gempa linier, yaitu gempa yang episentrumnya garis.

## c. Berdasarkan kedalaman hiposentrum:

- Gempa dalam, yaitu lebih dari 300 km,
- Gempa menengah, yaitu antara 100-300 km,
- Gempa dangkal, yaitu kurang dari 100 km.

## d. Berdasarkan jarak episentrum:

- Gempa lokal, yaitu episentrumnya kurang dari 10000 km,
- Gempa jauh, yaitu episentrumnya sekitar 10000 km,
- Gempa sangat jauh, yaitu episentrumnya lebih dari 10000 km.

Data dalam ilmu kebumihan selalu berkaitan dengan kedalaman dan ketebalan. Oleh karena itu, seorang ahli ilmu kebumihan harus mempunyai kemampuan untuk menentukan kedalaman dan ketebalan. Kedalaman sendiri sebenarnya adalah lokasi sebuah titik yang diukur secara vertikal terhadap ketinggian titik acuan.

Gempabumi didefinisikan sebagai getaran yang bersifat alamiah, yang terjadi pada lokasi tertentu, dan sifatnya tidak berkelanjutan. Getaran pada bumi terjadi akibat dari adanya proses pergeseran secara tiba-tiba (*sudden slip*) pada kerak bumi. Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya (*force*) sebagai penyebabnya, baik bersumber dari alam maupun dari bantuan manusia (*artificial earthquakes*). Selain disebabkan oleh *sudden slip*, getaran pada bumi juga bisa disebabkan oleh gejala lain yang sifatnya lebih halus atau berupa getaran kecil-kecil yang sulit dirasakan manusia.

Getaran tersebut misalnya yang disebabkan oleh lalu-lintas, mobil, kereta api, tiupan angin pada pohon dan lain-lain. Getaran seperti ini dikelompokkan sebagai mikro-seismisitas (getaran sangat kecil). Dimana tempat biasa terjadinya gempabumi alamiah yang cukup besar, berdasarkan hasil penelitian, para peneliti kebumihan menyimpulkan bahwa hampir 95 persen lebih gempabumi terjadi di daerah batas pertemuan antar lempeng yang menyusun kerak bumi dan di daerah sesar atau fault (Hidayat, 2012).

Para peneliti kebumihan berkesimpulan bahwa penyebab utama terjadinya gempabumi berawal dari adanya gaya pergerakan di dalam interior bumi (gaya konveksi mantel) yang menekan kerak bumi (*outer layer*) yang bersifat rapuh, sehingga ketika kerak bumi tidak lagi kuat dalam merespon gaya gerak dari dalam bumi tersebut maka akan membuat sesar dan menghasilkan gempabumi. Akibat gaya gerak dari dalam bumi ini maka kerak bumi telah terbagi-bagi menjadi beberapa fragmen yang di sebut lempeng

(Plate). Gaya gerak penyebab gempa bumi ini selanjutnya disebut gaya sumber tektonik (*tectonic source*).

#### IV. PEMBAHASAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data tentang waktu tunggu gempa bumi besar yang terjadi di Indonesia yang dimulai tahun 1900 sampai sekarang

Tabel 2. Data waktu tunggu gempa bumi besar (dalam bulan) yang terjadi di Indonesia

Urutan	1	2	3	4	5	6	7
Waktu tunggu (bulan)	3	8	13	13	16	17	802

Data di atas adalah data waktu tunggu gempa bumi yang telah diurutkan. Data berasal dari tabel 1. Setelah dilakukan uji Lilliefors, maka data waktu tunggu di atas berdistribusi eksponensial satu parameter tersensor tipe-II dengan  $n = 10$ . Dengan menggunakan persamaan (2) diperoleh estimasi titik bagi parameter, yaitu:

$$\theta = 468.286$$

Estimasi interval bagi satu parameter distribusi eksponensial dapat dihitung menggunakan rumus (3) dan diperoleh hasil seperti tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Batas Bawah (BB), Batas Atas (BA) dan Lebar Selang (LS) bagi Parameter  $\theta$

Tingkat kepercayaan	BB	BA	LS
99 %	209.328	1608.963	1399.635
95 %	251.006	1164.740	913.734

#### V. KESIMPULAN

Dari hasil kajian diperoleh estimasi titik bagi parameter  $\theta = 468.286$  bulan. Sedangkan estimasi interval bagi parameter satu parameter distribusi eksponensial di bawah sensor tipe-II pada tingkat kepercayaan 95% dan 99% dapat dilihat dalam tabel 3 dan 4 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.
- 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.
- Hougaard, P. 2000. *Analysis of multivariate survival data (statistics for biology and health)*. New York: Springer-Verlag.
- Hidayat, N. 2012. *Pengertian, penyebab dan proses terjadinya gempa bumi*. Artikel blog.
- 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.
- Taufiqurakhman, A. 2012. *Daftar 10 gempa terbesar Indonesia*.  
<http://teknologi.inilah.com/read/detail/1849995/daftar-10-gempa-terbesar-indonesia>
- Therneau, T. M. & Grambsch, P. 2000. *Modeling survival data: extending the Cox model (statistics for biology and health)*. New York: Springer-Verlag.
- Ushakov, I. A. 1994. *Handbook of reliability engineering*. Toronto: John Wiley & Sons.
- Wolstenholme, L. C. 1999. *Reliability modeling: a statistical approach*. Florida: Chapman & Hall.