

DAERAH KEYAKINAN FUNGSI TAHAN HIDUP WAKTU TUNGGU BANJIR DI KABUPATEN LOMBOK TIMUR

Yudha Hadi Gunawan^{1*}, Zizia Aletha², Pazira³, Umam Hidayaturrohman⁴, Ayu Septiani⁵, Ristu Haiban Hirzi⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Statistika, Universitas Hamzanwadi, Lombok Timur, NTB., Indonesia

Received: 29-11-2025

Revised: 20-12-2025

Accepted: 28-12-2025

Corresponding Author:

Author Name*: Yudha Hadi Gunawan

Email*: hadigunawanyudha@gmail.com

Abstract: This study aims to analyze the survival time against flood disasters in the east Lombok region for the period 2021-2023 using a one-parameter exponential distribution model and the type-II censoring method. Flooding is one of the most common natural disasters in this area, affecting both the community and infrastructure. In this research, the waiting time for flood events is analyzed using a statistical approach to estimate the survival time of the population against flooding events. The data used in this study comes from records of flood occurrences in East Lombok, which are type-II censored to address the limitations of observation during a specified period. The analysis is performed by calculating the survival function, which represents the probability of flood occurrence over a certain period. The results of this study are expected to provide a clearer understanding of flood occurrence patterns and contribute to disaster mitigation planning and policy-making for community protection. These findings also offer valuable insights for policymakers in designing more effective disaster management strategies in flood-prone areas.

Keywords: *disaster management ; exponential distribution ; flood ; mitigation ; survival time ; type-II censoring.*

Pendahuluan

Banjir adalah jenis bencana hidrometeorologi yang muncul ketika kapasitas sungai atau saluran air tidak mampu lagi menampung debit aliran, sehingga mengakibatkan luapan dan genangan di area sekitarnya. Fenomena ini sering dipicu oleh curah hujan ekstrem, kerusakan sistem drainase, serta perubahan penggunaan lahan yang mengurangi kemampuan tanah menyerap air (Puspitasari, 2019). Dampaknya beragam, mulai dari rusaknya infrastruktur, gangguan ekonomi, hingga risiko terhadap keselamatan penduduk, terutama di daerah rentan seperti Lombok Timur.

Penyebab banjir di Lombok Timur umumnya dapat dibagi menjadi dua kategori utama: faktor alami dan faktor manusia. Secara alami, peningkatan intensitas hujan, bentuk lahan yang memfasilitasi pengumpulan air, serta keterbatasan kapasitas sungai menjadi pendorong utama banjir (Fauzi et al., 2020). Di sisi lain, kegiatan manusia seperti deforestasi, urbanisasi tanpa perencanaan, dan konversi lahan menjadi pemukiman mempercepat runoff permukaan serta

mengurangi infiltrasi air ke tanah (Suyono, 2018). Hal ini terlihat jelas pada banjir besar Januari 2022, yang merusak lahan pertanian dan pemukiman di beberapa kecamatan Lombok Timur.

Berbagai studi telah dilakukan untuk mengidentifikasi kontributor kejadian banjir di Indonesia, termasuk Lombok Timur. Fauzi et al. (2020) menyoroti pentingnya analisis risiko dalam pemetaan zona rawan banjir di Nusa Tenggara Barat. Suyono (2018) menunjukkan bahwa pengelolaan sumber daya alam yang buruk sangat memengaruhi peningkatan frekuensi banjir. Dewi dan Rahmawati (2019) menemukan bahwa metode statistik dapat digunakan untuk memprediksi potensi banjir sebagai langkah mitigasi. Namun, penelitian yang mengintegrasikan analisis ketahanan hidup (survival analysis) dengan model distribusi eksponensial satu parameter untuk mempelajari pola waktu antar kejadian banjir masih terbatas, khususnya di konteks Lombok Timur.

Analisis survival adalah teknik statistik yang awalnya populer di bidang kesehatan dan teknik untuk mempelajari durasi hingga suatu peristiwa, seperti kematian atau kegagalan komponen. Metode ini kini diterapkan di berbagai bidang, termasuk epidemiologi, ekonomi, demografi, dan aktuaria (Collet, 2003; Kleinbaum & Klein, 2005; Therneau & Grambsch, 2000). Model distribusi eksponensial satu parameter adalah salah satu model sederhana yang umum digunakan untuk mendeskripsikan waktu kejadian dengan asumsi tingkat risiko atau hazard rate yang tetap.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis interval waktu kejadian banjir di Lombok Timur dari 2021 hingga 2023 menggunakan model distribusi eksponensial satu parameter dengan data tersensor tipe-II. Tujuannya adalah memperkirakan probabilitas terjadinya banjir dalam periode tertentu serta memahami dinamika resiliensi wilayah terhadap bencana banjir. Hasilnya diharapkan berkontribusi pada perencanaan strategi mitigasi yang lebih efisien, sehingga dapat mendukung perlindungan masyarakat dan mengurangi kerugian akibat banjir di masa depan.

Metode

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data tentang waktu tunggu banjir di Kabupaten Lombok Timur dari tahun 2021-2023 yang bersumber dari BNPB Lombok Timur.

Tabel 1. Data waktu tunggu banjir di Kabupaten Lombok Timur tahun 2021-2023

Tanggal Kejadian	Waktu Tunggu (hari)	Lokasi	Korban Menderita
6 januari 2021	-	Ds. Bagik Manis Kec.Sambelia	48
2 februari 2021	27	Ds. Gunung Malang Kec. Pringgabaya	240
5 februari 2021	3	Ds. Gunung Malang Kec. Pringgabaya	320
8 februari 2021	3	~Ds. Labuhan Haji Kec. Labuhan Haji	3.156
3 desember 2021	300	Ds. Selong Kec. Selong	8
5 desember 2021	2	Ds. Ketapang Kec. Jerowaru	276

22 november 2022	352	Ds. Menceh Kec. Sakra timur	20
24 desember 2022	32	Ds. Ekas Kec. Jerowaru	1.000
20 januari 2023	27	Ds. Batuyang Kec. Pringgabaya	2.928
10 februari 2023	21	Ds. Sugian Kec. Sambelia	68
8 maret 2023	26	Ds. Suangi Kec. Sakra	31
12 desember 2023	279	Pringgabaya	5

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam analisis adalah menguji apakah data tunggu banjir tersebut berdistribusi eksponensial. Pengujian dilakukan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan bantuan software SPSS untuk memastikan kesesuaian data dengan asumsi distribusi eksponensial. Setelah diperoleh hasil bahwa data memenuhi asumsi distribusi eksponensial, tahap selanjutnya adalah menyusun interval konfidenyi untuk satu parameter distribusi eksponensial pada kasus tersensor tipe-II. Penyusunan interval konfidenyi ini dilakukan berdasarkan pendekatan peluang maksimum dengan memperhatikan data tersensor yang terdapat pada waktu tunggu kejadian banjir. Langkah-langkah analisis meliputi penentuan fungsi likelihood, estimasi parameter, serta perhitungan batas bawah dan batas atas interval konfidenyi sehingga diperoleh gambaran ketidakpastian estimasi parameter waktu tunggu banjir.

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

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

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 θ -nya, yaitu :

$$\hat{\theta} = \frac{T}{r} \quad (3)$$

Peluang suatu individu akan bertahan hidup sampai waktu tertentu (*fungsi survivor*), didefinisikan oleh Lawless (2003) :

$$S(x) = Pr(T > t) = 1 - Pr(T \leq t) = 1 - F(t) \quad (4)$$

Fungsi tahan hidup dari distribusi eksponensial satu parameter adalah :

$$S(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt = \int_t^{\infty} \theta^{-1} \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right) dt = \exp\left(-\frac{t}{\theta}\right) \quad (5)$$

Bain dan Engelhardt (1992) telah menguraikan rumus untuk mencari selang konfidenyi fungsi tahan hidup dari satu parameter distribusi eksponensial pada data tersensor tipe-II, yaitu :

$$\exp\left(-\frac{t}{\theta_{min}}\right) < S(t) < \exp\left(-\frac{t}{\theta_{max}}\right) \quad (6)$$

Untuk mencari θ_{min} dan θ_{max} adalah

$$\theta_{min} = \frac{2T}{\chi^2(2(n-r), (1-\alpha/2))}$$

$$\theta_{max} = \frac{2T}{\chi^2(2(n-r), (\alpha/2))}$$

Hasil dan Pembahasan

Berikut data waktu tunggu banjir (dalam hari) yang terjadi di Kabupaten Lombok Timur yang telah di urutkan. Data berasal dari tabel 1, setelah di lakukan uji *Liliefors*, maka data waktu tunggu di atas berdistribusi eksponensial satu parameter tersensor tipe-II dengan $n=15$.

Tabel 2. Data waktu tunggu (hari) banjir yang terjadi di kabupaten Lombok Timur

Urutan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Waktu tunggu (hari)	2	3	3	21	26	27	27	32	279	300	352

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan (2) dan (3) diatas, diperoleh estimasi titik fungsi tahan hidup tunggu banjir satu parameter berikut.

Dimana T adalah total tahan hidup pada data tersensor tipe-II , yaitu :

$$T = \sum_{i=1}^r t_{(i)} + (n - r)t_{(r)}$$

$$T = 1072 + (20 - 11)352$$

$$T = 4240$$

Dimana θ adalah parameter rata-rata dari data masa tunggu waktu tunggu banjir. Nilai parameter θ , yaitu :

$$\hat{\theta} = \frac{T}{r}$$
$$\hat{\theta} = \frac{4240}{11} = 385,4545455 = 385$$

Dari hasil perhitungan di atas, diperoleh nilai estimasi parameter $\hat{\theta}$ yaitu 385 hari. Nilai fungsi tahan hidup dari masing-masing titik. Contohnya pada waktu tunggu ke-21 atau $S(21)$ yaitu 21 hari. Perhitungan fungsi tahan hidupnya adalah :

$$S(t) = \exp\left(-\frac{t}{\hat{\theta}}\right)$$

$$S(21) = \exp\left(-\frac{21}{385}\right) = 0,946915466$$

Tabel 3. Estimasi titik fungsi tahan hidup banjir

Waktu tunggu (hari)	S(t)
2	0,994818664
3	0,992238073
3	0,992238073
21	0,946915466
26	0,934697373
27	0,932272738
27	0,932272738
32	0,92024358
279	0,484481843
300	0,45876335
352	0,400802812

Dari nilai fungsi tahun hidup di atas, maka dapat di hitung selang bagi fungsi tahun hidup. Dengan menggunakan rumus persamaan (6) di atas maka batas bawah, batas atas, lebar selang fungsi tahun hidup banjir pada tingkat kepercayaan 99% dan 95% dapat diperoleh :

a.) Fungsi tahun hidup 95%

$$\theta_{min} = \frac{2(4240)}{\chi(2(20-11), \left(1 - \frac{0,05}{2}\right))} = 268,98$$

$$\theta_{max} = \frac{2(4240)}{\chi(2(20-11), \left(\frac{0,05}{2}\right))} = 1030,28$$

Maka, selang konfidensi fungsi tahun hidup untuk $\alpha=0,05$ misalkan $t=21$ hari :

$$\exp\left(-\frac{21}{268,98}\right) < S(21) < \exp\left(-\frac{21}{1030,28}\right)$$

$$0,924897166 < S(21) < 0,979823517$$

Tabel 4. Selang fungsi tahun hidup banjir pada tingkat kepercayaan 95%

Waktu tunggu (hari)	Batas bawah	Batas atas	Lebar selang
2	0,992592078	0,998060663	0,005468585
3	0,988908721	0,997092405	0,008183684
3	0,988908721	0,997092405	0,008183684
21	0,924897166	0,979823517	0,05492635
26	0,907863301	0,975079904	0,067216604
27	0,904494359	0,974133941	0,069639582
27	0,904494359	0,974133941	0,069639582
32	0,887836253	0,969417874	0,081581621
279	0,354427368	0,762768905	0,408341537
300	0,327808868	0,747378911	0,419570042
352	0,270185239	0,710593533	0,440408294

b.) Fungsi tahun hidup 99%

$$\theta_{min} = \frac{2(4240)}{\chi(2(20-11), \left(1 - \frac{0,01}{2}\right))} = 228,22$$

$$\theta_{max} = \frac{2(4240)}{\chi(2(20-11), \left(\frac{0,01}{2}\right))} = 1353,59$$

Maka, selang konfidensi fungsi tahun hidup untuk $\alpha=0,01$ misalkan $t=21$ hari :

$$\exp\left(-\frac{21}{228,22}\right) < S(21) < \exp\left(-\frac{21}{1353,59}\right)$$

$$0,912090122 < S(21) < 0,984605428$$

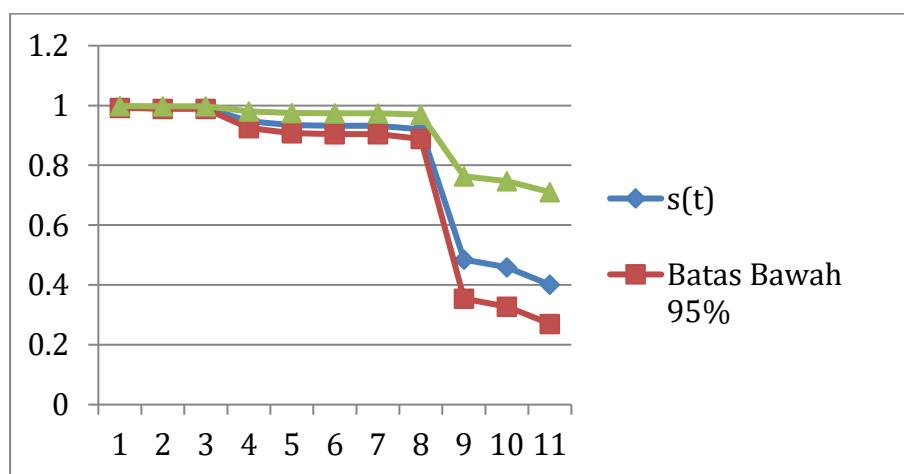
Tabel 5. Selang fungsi tahun hidup banjir pada tingkat kepercayaan 99%.

Waktu tunggu (hari)	Batas bawah	Batas atas	Lebar selang
2	0,991274813	0,998523539	0,007248725
3	0,98694081	0,997786126	0,010845316
3	0,98694081	0,997786126	0,010845316
21	0,912090122	0,984605428	0,072515305
26	0,892324735	0,980975122	0,088650387
27	0,888423356	0,980250668	0,091827312
27	0,888423356	0,980250668	0,091827312
32	0,869170838	0,976636419	0,107465581

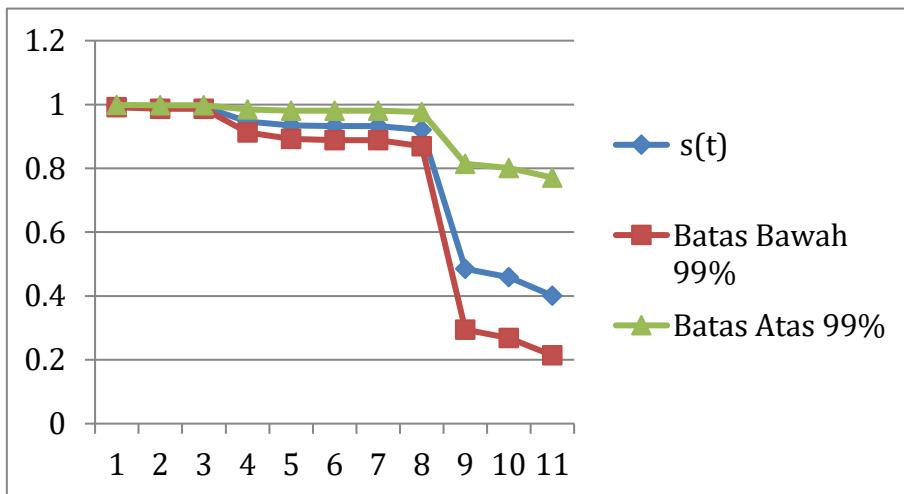
279	0,294491658	0,813736607	0,519244949
300	0,268602933	0,80120948	0,532606547
352	0,213873321	0,771013649	0,557140328

Berdasarkan tabel 4 dan 5 dapat dilihat bahwa estimasi titik bagi fungsi tahan hidup pada waktu tunggu banjir 2 hari mempunyai probabilitas yang lebih besar daripada estimasi titik bagi fungsi tahan hidup waktu tunggu banjir 21 hari. Jadi semakin lama waktu tunggu banjir maka probabilitas fungsi tahan hidupnya semakin kecil.

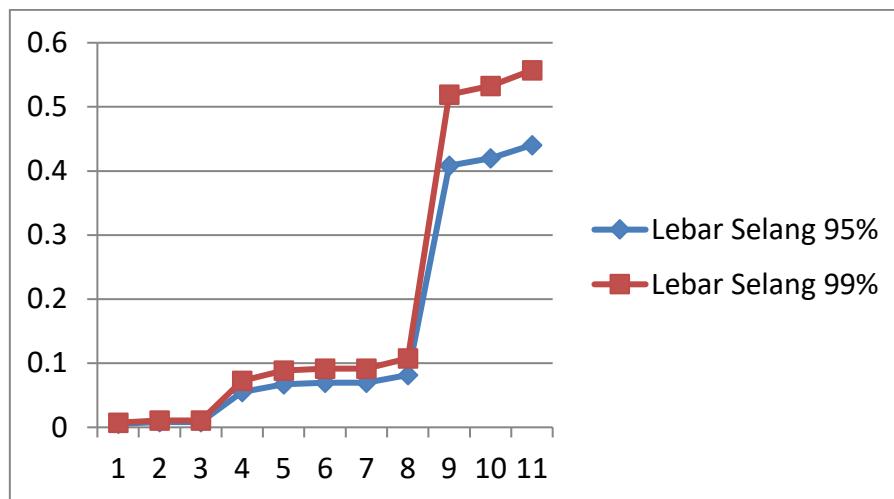
Perbandingan grafik daerah keyakinan (confidence bands) untuk fungsi tahan hidup banjir data berdistribusi eksponensial satu parameter tersensor tipe-II pada tingkat kepercayaan 95% dan 99% sebagai berikut :



Gambar 1. Daerah keyakinan 95% untuk selang fungsi tahan hidup



Gambar 2. Daerah keyakinan 99% untuk selang fungsi tahan hidup



Gambar 3. Perbandingan lebar selang 95% dan 99% untuk fungsi tahan hidup

Kesimpulan

Berdasarkan analisis waktu tunggu untuk tingkat kepercayaan 95% dan 99% dengan metode eksponensial tersensor tipe-II, dapat disimpulkan bahwa nilai fungsi tahan hidup jika semakin lama waktu tunggu banjir maka probabilitas fungsi tahan hidup $S(t)$ semakin kecil. Berdasarkan grafik daerah keyakinan (confidence bands) fungsi tahan hidup waktu tunggu banjir di Kabupaten Lombok Timur bergerak menurun secara eksponensial. Demikian juga nilai dari batas atas dan batas bawah fungsi tahan hidup dari masing-masing data bergerak menurun mengikuti pola eksponensial. Lebar selang kepercayaan pada tingkat 99% lebih besar dibandingkan tingkat kepercayaan 95%, menunjukkan ketidakpastian yang lebih tinggi pada prediksi risiko banjir dengan tingkat kepercayaan yang lebih besar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang konstruktif selama proses penyusunan dan penyelesaian penelitian ini. Dukungan, kesabaran, dan keilmuan yang diberikan sangat membantu penulis dalam menyempurnakan penelitian dan penulisan artikel ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada semua pihak yang telah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). (2023). *Kajian Risiko Bencana Nasional Provinsi Nusa Tenggara Barat*.
- Collett, D. (2003). *Modling survival data in medical research (2nd ed)*. London: Chapman & Hall.

- Dewi, D., & Rahmawati, S. (2019). *Model Prediksi Banjir Menggunakan Pendekatan Statistik: Studi Kasus di Daerah Rawah Banjir*. Jurnal Perencanaan Dan Pengelolaan Lingkungan, 21(1),88-102
- Fauzi, A., Sulaiman, M., & Yuliana, M. (2020). *Analisis Resiko Banjir di Nusa Tenggara Barat: Studi Kasus di Lombok Timur*. Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam, 15(2),123-135
- Ireson, W. G. (1996) *Handbook of reliability engineering and management* (2nd ed). New York: McGraw Hill.
- Lawless, J. F. (2003). *Statistical models and methods for lifetime data* (2nd ed). Ner York: Jhon Wiley & Sons
- Puspitasari, T. (2019). *Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Kejadian Banjir di Daerah Perkotaan*. Jurnal Teknik Lingkungan, 7(3),67-79
- Suyono, I. (2018). *Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Dampaknya Terhadap Risiko Banjir di Lombok Timur*. Jurnal Studi Bencana Alam, 12(4),245-259