

ANALISIS SURVIVAL DISTRIBUSI EKSPONENSIAL DUA PARAMETER PADA KASUS KAPAL TENGGELAM DI INDONESIA DENGAN SENSOR TIPE-II

Muliana Susilawati ^{1 *}, Yulianti Hikmah ², Fauzun Azim ³, Hanipar Mahyulis Sastriana⁴,
Siti Hariati Hastuti⁵

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

Received: 4-11-2025

Revised: 3-12-2025

Accepted: 27-12-2025

Corresponding Author:

Author Name*: Muliana Susilawati

Email*: mulianasusilawati7@gmail.com

Abstract: Survival analysis is a statistical method used to analyze data on the time until a certain event occurs. This study aims to model the time interval between ship sinking events in Indonesia and estimate the probability of such events occurring in the future. The method used is survival analysis with a two-parameter exponential distribution on type-II censored data. The data used is secondary data on the waiting time for ship sinking events in Indonesia during the period 2003–2018. The model suitability test using the Kolmogorov–Smirnov test shows that the data follows an exponential distribution. Parameter estimation was performed using the maximum likelihood method to obtain the location parameter (μ) and scale parameter (θ) values, as well as confidence intervals at the 95% and 99% confidence levels. The results showed that the estimated parameter points μ and θ were -2.58 and 36.61 , respectively. The 95% confidence interval for the θ parameter was in the range of 20.66 to 62.55 , while the 99% confidence interval was in the range of 17.93 to 77.60 . Furthermore, the estimated survival function at 67 months showed that the probability of no ship sinking during that period was 12%.

Keywords: *Exponential; Ship Sinking; Survival Analysis; Type-II censored*

Pendahuluan

Sebagai negara maritim dengan wilayah kepulauan yang luas, Indonesia sangat bergantung pada transportasi laut. Transportasi laut adalah unsur vital yang menghubungkan antar daerah di Indonesia sebagai negara kepulauan. Akibatnya tidak jarang terjadinya insiden kecelakaan kapal. Berdasarkan data dari Kompas.com, sejak tahun 2003 hingga 2018 tercatat 15 peristiwa kapal tenggelam yang terjadi di perairan Indonesia. Data tersebut menunjukkan

bahwa kecelakaan kapal bukan merupakan kejadian yang jarang, melainkan terjadi berulang dalam rentang waktu tertentu. Peristiwa kapal tenggelam menimbulkan dampak serius, seperti hilangnya nyawa manusia, kerugian ekonomi, serta kerusakan lingkungan laut. Kecelakaan kapal menimbulkan berbagai akibat terkait dengan keselamatan manusia, finansial dan lingkungan. Berdasarkan UU Republik Indonesia No.17 Tahun 2008 Pasal 245 tentang Pelayaran, kecelakaan Kapal merupakan kejadian yang dialami oleh kapal yang dapat mengancam keselamatan kapal dan atau jiwa manusia berupa kapal tenggelam, kapal tabrakan, kapal tubrukan, dan kandas. Kapal tenggelam adalah peristiwa serius yang dapat memiliki dampak besar baik secara manusia maupun lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan kajian berbasis data untuk mempelajari pola kejadian kapal tenggelam dari waktu ke waktu.

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko terjadinya kapal tenggelam adalah dengan memprediksi peluang terjadinya kapal tenggelam di waktu-waktu yang akan datang. Metode yang dapat digunakan dalam hal ini adalah dengan metode analisis survival eksponensial dua parameter sensor tipe-II. Analisis Survival adalah analisis yang digunakan untuk menganalisis data waktu hidup (Sari, 2011). Analisis survival juga didefinisikan sebagai prosedur statistika yang digunakan untuk menganalisis data yang bertujuan untuk mengetahui hasil dari variabel yang mempengaruhi suatu awal kejadian sampai akhir kejadian, contohnya waktu yang dicatat dalam hari, minggu, bulan, atau tahun (Muhajir & Palupi, 2018). Pada analisis survival akan dilakukan analisis terhadap ketahanan hidup suatu objek. Ketahanan hidup merupakan probabilitas suatu objek akan beroperasi tanpa adanya kejadian untuk waktu yang ditentukan dibawah kondisi yang disyaratkan (Sholihah et al., 2024). Kejadian ini dapat berupa kematian, kesembuhan, kekambuhan, kerusakan, alat atau bahan, insiden penyakit, pemulihan dan sebagainya. Sedangkan satuan waktu yang digunakan dapat berupa tahun, bulan, hari, jam bahkan menit yang diukur sejak pengamatan dimulai hingga muncul kejadian. Sedangkan penentuan data tahan hidup, terdapat tiga faktor yang harus diperhatikan dalam penentuan data tahan hidup (a).Waktu awal pencatatan, (b). Waktu akhir pencatatan, (c) Skala pengukuran (Maruddani et al., 2021). Dalam penelitian ini, kejadian yang dimaksud adalah kapal tenggelam, sedangkan waktu survival didefinisikan sebagai lamanya waktu operasional kapal sejak awal pengamatan hingga kapal mengalami kejadian tenggelam atau hingga pengamatan berakhir.

Dalam analisis survival, terdapat kemungkinan adanya penyensoran. Penyensoran merupakan kegagalan yang terjadi pada saat subjek tidak sedang diamatai (Harlan, 2017). Menurut Maruddani et al. (2021), penyebab data tersensor antara lain: [1], Objek tidak mengalami kejadian selama penelitian, [2], Objek menghilang selama masa penelitian, [3], Objek mengundurkan diri dari penelitian, [4], Objek terpaksa diberhentikan selama penelitian. Dalam penyensoran data terdapat 3 jenis data yakni: (a) Data Tersensor Lengkap, data dikatakan tersensor lengkap ketika semua data dari pengamatan diperoleh. (b) Data Tersensor Tipe-I, data tersensor tipe-I merupakan data yang diperoleh setelah eksperimen dilakukan sampai waktu tertentu. (c) Data Tersensor Tipe-II, data tersensor tipe-II merupakan data yang diperoleh setelah eksperimen diberhentikan ketika kejadian ke-r diperoleh (Maruddani et al., 2021).

Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode analisis survival eksponensial dua parameter sensor tipe dua yakni penelitian yang dilakukan oleh Chotimah (2012) pada durasi terjualnya T-Shirt wanita di distro verdict Yogyakarta. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa probabilitas waktu tercepat terjualnya T-Shirt wanita pada hari ke-8 adalah 0.5461 dan pada hari ke-20 adalah 0.1628. Selain itu penelitian serupa juga dilakukan oleh Hadi (2011) pada studi kasus gol tercepat dalam piala dunia. Hasil penelitiannya

menunjukkan bahwa probabilitas gol tercepat dalam piala dunia pada detik ke-45 adalah 0.418 dan pada detik ke-75 adalah 0.194. Oleh karena itu, pada penelitian ini, akan dilakukan analisis survival eksponensial dua parameter sensor tipe dua pada kejadian kapal tenggelam di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui peluang terjadinya peristiwa kapal tenggelam di Indonesia dalam beberapa waktu kedepan dengan cara memodelkan interval waktu antara kejadian-kejadian dalam peristiwa tersebut.

Metode

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data terjadinya kapal tenggelam di Indonesia dari tahun 2003 sampai 2018. Data tersebut merupakan data sekunder yang berdistribusi eksponensial yang diperoleh dari Kompas.com. Berdasarkan tujuan penelitian, metode analisis yang digunakan adalah analisis survival terhadap data berdistribusi eksponensial dua parameter tersensor tipe-II. Menurut Chotimah (2012), langkah-langkah analisis survival terhadap data berdistribusi eksponensial dua parameter tersensor tipe-II dapat dilakukan sebagai berikut:

- 1) Menentukan distribusi data dimana pada penelitian ini data harus berdistribusi eksponensial. Fungsi kepadatan peluang dari distribusi eksponensial adalah :

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

Untuk membuktikan bahwa data berdistribusi eksponensial maka dapat dilakukan uji hipotesis untuk melihat kesesuaian model dengan uji statistik Kolmogorov-Smirnov dengan hipotesis uji sebagai berikut.

H_0 : data berdistribusi eksponensial

H_1 : data tidak berdistribusi eksponensial

$$t_{hitung} = |F^*(x) - S(x)| \quad (2)$$

dimana $F^*(x)$ adalah fungsi distribusi kumulatif yang diperoleh dengan rumus $F^*(x) = 1 - e^{-x}$ dan $S(x)$ merupakan fungsi distribusi empiris yang diperoleh dengan $S(x) = \frac{i}{n}$

- 2) Menduga parameter μ dan θ dengan rumus :

$$\mu = \hat{\mu} = t_{(1)} \quad (3)$$

$$\theta = \hat{\theta} = \frac{(\sum_{i=1}^r t_{(i)} + (n-r)t_{(r)} - nt_{(1)})}{r} \quad (4)$$

dengan :

μ = waktu garansi (waktu rata-rata kegagalan)

$\hat{\mu}$ = estimasi titik parameter

θ = waktu hidup yang diharapkan atau rata-rata waktu hidup

$\hat{\theta}$ = estimasi titik parameter θ

$t_{(1)}$ = waktu terjadinya kejadian pertama

$t_{(i)}$ = waktu terjadinya kejadian ke- i

$t_{(r)}$ = waktu terjadinya kejadian terakhir setelah data diurutkan

n = banyak sampel

r = banyak kejadian

3) Menghitung selang kedua parameter dengan rumus :

- Untuk parameter θ

$$\frac{2r\hat{\theta}}{\chi^2_{(1-\frac{\alpha}{2}; 2r-2)}} < \theta < \frac{2r\hat{\theta}}{\chi^2_{(\frac{\alpha}{2}; 2r-2)}} \quad (5)$$

- Untuk parameter μ

$$\hat{\mu} - \frac{r\hat{\theta}F_{(1-\frac{\alpha}{2}; 2; 2r-2)}}{n(r-1)} < \mu < \hat{\mu} - \frac{r\hat{\theta}F_{(\frac{\alpha}{2}; 2; 2r-2)}}{n(r-1)} \quad (6)$$

dengan :

μ = waktu garansi (waktu rata-rata kegagalan)

$\hat{\mu}$ = estimasi titik parameter μ

θ = waktu hidup yang diharapkan atau rata-rata waktu hidup

$\hat{\theta}$ = estimasi titik parameter θ

n = banyak sampel

r = banyak kejadian

4) Menghitung fungsi tahan hidup dari data berdistribusi eksponensial dengan rumus :

$$S(t) = \exp\left(-\frac{t - \mu}{\theta}\right) \quad (7)$$

5) Menghitung selang bagi fungsi tahan hidup yang diestimasi dengan rumus

$$\exp\left(-\frac{t - \mu_{min}}{\theta_{min}}\right) < S(t) < \exp\left(-\frac{t - \mu_{max}}{\theta_{max}}\right) \quad (8)$$

μ_{min} = nilai waktu garansi terkecil

μ_{max} = nilai waktu garansi terbesar

θ_{min} = nilai rata-rata waktu hidup terkecil

θ_{max} = nilai rata-rata waktu hidup terbesar

Tabel 1 Data Kapal Tenggelam Dari Tahun 2003 Sampai 2018

No.	Nama Kapal	Waktu Kejadian	Waktu Tunggu (Bulan)
1.	KMP Wimala Dharma	07/09/2003	
2.	KM Wahai Star	10/07/2007	46
3.	KM Samudra Makmur Jaya	17/05/2008	10
4.	KM Teratai Prima	11/01/2009	8
5.	KM Dumai Express	22/11/2009	10
6.	KM Ammana Gappa	06/03/2010	4
7.	KM Windu Karsa	27/08/2011	17
8.	KM Pemudi	03/07/2013	23
9.	KM Irama Nusantara	24/12/2013	5
10.	KMP Munawar Ferry	03/01/2014	1
11.	KM Pertama I	26/08/2014	7
12.	MV.Mariana Baru 2B	19/12/2015	16
13.	Dharma Kencana VII	14/10/2016	10
14.	KMP Sweet Istanbul	21/03/2017	5
15.	KM Sinar Bangun	18/06/2018	15
Total			177

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini akan dihitung peluang terjadinya kapal tenggelam dalam waktu 67 bulan kedepan dengan data diasumsikan berjumlah 20.

Sebelum data di analisis terlebih dahulu dilakukan uji kesesuaian model dengan uji statistik Kolmogorov-Smirnov untuk membuktikan apakah data berdistribusi eksponensial atau tidak.

Tabel 2 Hasil Uji Kolmogorov-Smirnov

Statistik uji Kolmogorov-Smirnov	<i>p-value</i>
0,200	0,338

Gambar 1, merupakan output dari SPSS untuk uji kesesuaian model dimana didapatkan bahwa nilai $P - value$ (0,338) $> \alpha$ (0,05). Sehingga dapat diambil keputusan bahwa H_0 diterima. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi eksponensial. Setelah dilakukan uji kesesuaian model maka langkah selanjutnya mengurutkan data berdasarkan waktu tunggu kejadiannya.

Tabel 3. Data Urutan Waktu Tunggu Kejadian Kapal Tenggelam

Data	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Waktu tunggu	1	4	5	5	7	8	10	10	10	15	16	17	23	46

Tabel 3 merupakan data waktu tunggu kejadian kapal tenggelam setelah diurutkan mulai dari yang terkecil hingga yang terbesar. Data ini menunjukkan interval waktu antarkejadian kapal tenggelam dalam satuan bulan. Waktu tunggu ini diperoleh dengan menghitung selisih dalam bulan antara tanggal kejadian kapal yang diamati dengan tanggal kejadian kapal sebelumnya.

Setelah itu, maka langkah selanjutnya adalah menghitung estimasi titik untuk parameter μ dan θ dengan menggunakan rumus pada persamaan 2 dan 3. Jumlah data yang ada diasumsikan sebanyak 20 ($n = 20$), jumlah data yang diperoleh sebanyak 14 ($r = 14$), jumlah total data ($\sum_{i=1}^r t_{(i)} = 177$) dan nilai maksimum atau waktu terjadinya kejadian terakhir setelah data diurutkan adalah ($t_{(r)} = 46$).

$$\hat{\mu} = 1$$

$$\hat{\theta} = \frac{(177 + (20 - 14)(46) - (20 \times 1))}{14} = 30,93$$

Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh nilai estimasi untuk kedua parameter dengan nilai $\hat{\mu} = 1$ dan $\hat{\theta} = 30,93$.

Setelah nilai estimasi titik untuk kedua parameter, langkah selanjutnya adalah menghitung interval konfidensi untuk parameter tersebut dimana dalam penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan 99%.

- Untuk parameter θ

1. Tingkat Kepercayaan 95%

$$\frac{2 \times 14 \times 30,93}{\chi^2_{(1-\frac{0,05}{2}; 2 \times 14 - 2)}} < \theta < \frac{2 \times 14 \times 30,93}{\chi^2_{(\frac{0,05}{2}; 2 \times 14 - 2)}}$$

$$\frac{866}{\chi^2_{(0,975; 26)}} < \theta < \frac{866}{\chi^2_{(0,025; 26)}}$$

$$\frac{866}{13,84} < \theta < \frac{866}{41,92}$$

$$62,55 < \theta < 20,66$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh interval konfidensi untuk estimasi parameter θ dengan tingkat kepercayaan 95 % yaitu $20,66 < \theta < 62,55$ yang berarti bahwa rata-rata terjadinya kapal tenggelam terletak pada bulan ke-20 sampai dengan bulan ke-62.

2. Tingkat Kepercayaan 99%

$$\frac{2 \times 14 \times 30,93}{\chi^2_{(1-\frac{0,01}{2}; 2 \times 14 - 2)}} < \theta < \frac{2 \times 14 \times 30,93}{\chi^2_{(\frac{0,01}{2}; 2 \times 14 - 2)}}$$

$$\frac{866}{\chi^2_{(0,995;26)}} < \theta < \frac{866}{\chi^2_{(0,005;26)}}$$

$$\frac{866}{11,16} < \theta < \frac{866}{48,29}$$

$$77,60 < \theta < 17,93$$

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh interval konfidensi untuk estimasi parameter θ dengan tingkat kepercayaan 99% yaitu $17,93 < \theta < 77,60$ yang berarti bahwa rata-rata terjadinya kapal tenggelam terletak pada bulan ke-17 sampai dengan bulan ke-77.

- Untuk parameter μ

1. Tingkat Kepercayaan 95%

$$1 - \frac{14 \times 30,93 \times F_{\left(1-\frac{0,05}{2}; 2; 2 \times 14 - 2\right)}}{20(14 - 1)} < \mu < 1 - \frac{14 \times 30,93 \times F_{\left(\frac{0,05}{2}; 2; 2 \times 14 - 2\right)}}{20(14 - 1)}$$

$$1 - \frac{14 \times 30,93 \times 0,03}{260} < \mu < 1 - \frac{14 \times 30,93 \times 4,27}{260}$$

$$1 - \frac{12,99}{260} < \mu < 1 - \frac{1.849,00}{260}$$

$$0,95 < \mu < -6,11$$

Dari perhitungan diatas diperoleh interval konfidensi untuk estimasi parameter μ dengan tingkat kepercayaan 95 % yaitu $-6,11 < \mu < 0,95$. Interval ini mencakup nilai nol dan nilai negatif, sehingga secara statistik tidak dapat disimpulkan adanya waktu minimum yang pasti sebelum terjadinya peristiwa kapal tenggelam. Hal ini mengindikasikan bahwa kejadian kapal tenggelam dapat terjadi sejak awal periode hari pertama pengamatan.

2. Tingkat Kepercayaan 99%

$$1 - \frac{14 \times 30,93 \times F_{\left(1-\frac{0,01}{2}; 2; 2 \times 14 - 2\right)}}{20(14 - 1)} < \mu < 1 - \frac{14 \times 30,93 \times F_{\left(\frac{0,01}{2}; 2; 2 \times 14 - 2\right)}}{20(14 - 1)}$$

$$1 - \frac{14 \times 30,93 \times 0,01}{260} < \mu < 1 - \frac{14 \times 30,93 \times 6,54}{260}$$

$$1 - \frac{4,33}{260} < \mu < 1 - \frac{2.831,95}{260}$$

$$0,98 < \mu < -9,89$$

Dari perhitungan diatas diperoleh interval konfidensi untuk estimasi parameter μ dengan tingkat kepercayaan 99 % yaitu $-9,89 < \mu < 0,98$. Interval ini mencakup nilai nol dan nilai negatif, sehingga secara statistik tidak dapat disimpulkan adanya waktu minimum yang pasti sebelum terjadinya peristiwa kapal tenggelam. Hal ini mengindikasikan bahwa kejadian kapal tenggelam dapat terjadi sejak awal periode hari pertama pengamatan.

Setelah nilai interval konfidensi untuk kedua parameter, maka langkah selanjutnya adalah menentukan fungsi tahan hidup untuk $t = 67$ bulan.

$$S(67) = \exp\left(-\frac{67-1}{30,93}\right) = 0,12$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh fungsi tahan hidup adalah 0,12 yang artinya bahwa peluang tidak terjadinya kapal tenggelam pada bulan ke-67 adalah 12%. Dengan kata lain, kemungkinan kapal mengalami kejadian tenggelam dalam 67 bulan ke depan adalah 88%.

Selanjutnya untuk memperkuat hasil tersebut, dapat dihitung interval konfidensi bagi fungsi tahan hidup pada $t = 67$ bulan sebagai berikut.

- Untuk Tingkat Kepercayaan 95%

$$\exp\left(-\frac{67+6,11}{20,66}\right) < S(67) < \exp\left(-\frac{67-0,95}{62,55}\right)$$
$$0,03 < S(67) < 0,35$$

Berdasarkan perhitungan di atas, pada interval kepercayaan 95% diperoleh fungsi tahan hidup pada bulan ke-67 berada pada selang 0,03 hingga 0,35. Hal ini berarti bahwa peluang tidak terjadinya kapal tenggelam hingga bulan ke-67 diperkirakan berada antara 3% hingga 35%.

- Untuk Tingkat Kepercayaan 99 %

$$\exp\left(-\frac{67+9,89}{17,93}\right) < S(67) < \exp\left(-\frac{67-0,98}{77,60}\right)$$
$$0,01 < S(67) < 0,43$$

Berdasarkan perhitungan di atas, pada interval kepercayaan 99% diperoleh fungsi tahan hidup pada bulan ke-67 berada pada selang 0,01 hingga 0,43. Hal ini berarti bahwa peluang tidak terjadinya kapal tenggelam hingga bulan ke-67 diperkirakan berada antara 1% hingga 43%.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh nilai estimasi titik untuk kedua parameter μ dan θ adalah $\hat{\mu} = 1$ dan $\hat{\theta} = 30,93$. Interval konfidensi untuk parameter θ dengan tingkat kepercayaan 95% adalah $62,55 < \theta < 20,66$ dan tingkat kepercayaan 99% adalah $0,98 < \mu < -9,89$. Sedangkan untuk parameter μ didapatkan intervalnya $0,95 < \mu < -6,11$ untuk tingkat kepercayaan 95% dan $0,98 < \mu < -9,89$ untuk tingkat kepercayaan 99%. Sementara fungsi tahan hidup atau peluang tidak terjadinya kapal tenggelam dalam waktu 67 bulan kedepan adalah 12% dengan interval konfidensi $0,03 <$

$S(67) < 0,35$ untuk tingkat kepercayaan 95% dan $0,01 < S(67) < 0,43$ untuk tingkat kepercayaan 99%.

Daftar Pustaka

- Chotimah, C. (2012). *Estimasi Fungsi Tahan Hidup Data Berdistribusi Eksponensial Dengan Dua Parameter Tersensor Tipe II*. Universitas Islam Indonesia.
- Hadi, S. (2011). *Estimasi Interval Bagi Fungsi Tahan Hidup Dari Data Berdistribusi Eksponensial Dua Parameter Tersensor Tipe Ii (Studi Kasus: Gol tercepat dalam Piala Dunia)*. Universitas Islam Indonesia.
- Harlan, J. (2017). *Analisis Survival* (1st ed.). Gunadarma.
- Kompas.com. (2018, June 23). 15 Peristiwa Kapal Tenggelam dari 2003 hingga 2018. *Kompas.com*. <https://nasional.kompas.com/read/2018/06/23/15220601/15-peristiwa-kapal-tenggelam-dari-2003-hingga-2018?page=all>
- Maruddani, D. A. I., Tarno, Hoyyi, A., Rahmawati, R., & Wilandari, Y. (2021). *ANALISIS SURVIVAL*. UNDIP Press. <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/4484/1/C3%20Buku%20Survival%20Analysis%20Tahun%202021.pdf>
- Muhajir, M., & Palupi, Y. D. (2018). Survival Analysis of Child Patient Diarrhea Using Kaplan Meier Method and Rank Log Test. *EKSAKTA: Journal of Sciences and Data Analysis*, 74–84. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol18.iss1.art8>
- Sari, D. R. (2011). *Analisis Survival Untuk Data Tersensor Tipe II Menggunakan Model Distribusi Log-Logistik*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sholihah, I., Iyah, S., & Amli, I. (2024). Interval Konfidensi Fungsi Tahan Hidup Untuk Satu Parameter Distribusieksponensial Dibawah Sensor Lengkap. *Jurnal Multidisiplin Inovatif*, 8(1), 232–236.
- UU Republik Indonesia No.17 Tahun 2008 tentang Pelayaran, 1 (2008). <https://jdih.esdm.go.id/common/dokumenexternal/UU%20No.%2017%20Tahun%202008%20Pelayaran.pdf>