

Analisis Kelangsungan Hidup Pasien Gagal Ginjal di RS Hasanuddin dengan Model Eksponensial 2 Parameter Tersensor Tipe 2

Hasanatul Qudusiah ^{1*}, Yuva Denia ², Rini Purnami ³ Delta Selvia⁴, Umam Hidayaturrohman ⁵, Basirun⁶

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

Received: 20-11-2025

Revised: 15-12-2025

Accepted: 27-12-2025

Corresponding Author:

Author Name*: Hasanatul Qudusiah

Email*: qshasna2@gmail.com

Abstract: *This study aims to estimate the survival probability of chronic kidney failure patients treated at Hasanuddin University Hospital during the period 2018–2020 using a two-parameter exponential survival model with Type II censoring. Survival analysis was conducted on patient survival time data by applying the two-parameter exponential distribution, where parameter estimation was performed using the Maximum Likelihood Estimation (MLE) method, followed by the construction of confidence intervals for both model parameters and survival functions. The analysis focused on estimating survival probabilities at 60 and 72 months to evaluate long-term patient outcomes. The results show that the estimated survival probability at 60 months is higher than at 72 months, indicating a decreasing survival pattern over time. Furthermore, the confidence interval for the survival function at 60 months is wider than that at 72 months, reflecting greater uncertainty in longer-term survival estimation. These findings suggest that the two-parameter exponential model adequately captures the survival characteristics of chronic kidney failure patients under Type II censoring. In conclusion, the application of this model provides reliable survival estimates and can be effectively utilized in medical survival studies involving censored data. The results of this study have important implications for healthcare providers and hospital management in assessing patient prognosis, planning long-term treatment strategies, and optimizing the allocation of medical resources.*

Keywords: *Parameter estimation; Two-Parameter Exponential Distribution; Exponential model*

Pendahuluan

Seperti kita ketahui bahwa kesehatan merupakan salah satu aspek kehidupan yang sangat penting bagi manusia yang hidup di dunia. Seseorang yang bebas penyakit dan menjalani hidup sehat akan lebih bahagia dan lebih optimis. Gagal ginjal kronik merupakan suatu masalah kesehatan yang penting, mengingat selain prevalensi dan angka kejadiannya semakin meningkat juga pengobatan pengganti ginjal yang harus dialami oleh penderita gagal ginjal merupakan pengobatan yang mahal, butuh waktu dan kesabaran yang harus ditanggung oleh penderita gagal ginjal dan keluarganya (Harrison, 2013).

Dalam penelitian ini dilakukan analisis pada pasien gagal ginjal dirumah sakit Universitas Hasanuddin di tahun 2018-2020 dengan salah satu cabang ilmu statistika yaitu analisis uji hidup. Analisis uji hidup atau sering disebut juga analisis antar kejadian (time to event) merupakan salah satu teknik statistika yang berguna untuk melakukan pengujian tentang keandalan komponen suatu produk atau pengukuran lamanya tahan hidup atau waktu suatu individu mulai dari awal pengamatan sampai terjadinya suatu peristiwa (event). Data waktu hidup yang diperoleh dari percobaan uji hidup dapat berbentuk data lengkap, data tersensor tipe I, dan data tersensor tipe II.

Data tersebut lengkap jika data diamati secara utuh. Data dikatakan tersensor tipe I jika data uji hidup dihasilkan setelah percobaan berjalan selama waktu yang ditentukan, Namun kelemahannya, bisa terjadi sampai batas waktu yang ditentukan, semua objek masih hidup sehingga tidak diperoleh data daya tahan hidup dari objek yang diuji. Sedangkan data dikatakan tersensor tipe II jika observasi diakhiri setelah sejumlah kematian atau kegagalan tertentu telah terjadi dan merupakan data yang diperoleh dengan penyensoran dimana pengamatan akan dihentikan hingga sampel terkecil r mengalami kegagalan dalam sampel acak berukuran n dengan $1 \leq r \leq n$, dan yang digunakan yaitu data yang tersensor tipe II. Fauzy (2011) dalam buku bunga rampainya telah menguraikan penerapan metode bootstrap persentil dari data uji hidup berdistribusi eksponensial tersensor tipe-II. Penelitian berbasis data berdistribusi eksponensial tersensor tipe-II juga telah dikembangkan dengan mencari daerah kepercayaan (confidence band) bagi fungsi tahan hidup dan kuantil tahan hidup.

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi fungsi tahan hidup dari data berdistribusi eksponensial dua parameter tersensor tipe II yaitu untuk mengetahui berapa besarnya probabilitas hidup pasien gagal ginjal dirumah sakit Universitas Hasanuddin di tahun 2018-2020. Dengan metode ini, pasti akan diperoleh r data daya tahan hidup dengan biaya yang relatif lebih sedikit dibandingkan data lengkap. Kelemahannya, waktu yang diperlukan untuk memperoleh r objek yang mati bisa jadi sangat panjang.

Method

Data berdistribusi eksponensial dua parameter tersensor tipe II adalah data yang menggambarkan waktu tunggu kematian atau kegagalan ke- r telah diperoleh (Lawless, 2003). Data ini hanya mencatat waktu kematian atau kegagalan dari r observasi terkecil dalam sampel random yang berukuran n dengan $1 \leq r \leq n$. Distribusi eksponensial dua parameter digunakan untuk menggambarkan waktu tunggu kematian atau kegagalan, sedangkan sensor tipe II mengindikasikan bahwa hanya beberapa observasi terkecil yang diperhatikan. Analisis data ini berguna untuk mengetahui tingkat keandalan suatu komponen dan mengoptimalkan desainnya. Fungsi kepadatan probabilitas dari distribusi eksponensial dua parameter, θ dan μ adalah (Ireson, et, al, 2003)

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

Lawless (2003) dan Burry (1999) telah membuat suatu formula untuk nilai pendugaan bagi θ dan μ pada data tahan hidup tersensor tipe 2, yaitu:

$$\hat{\mu} = t_{(1)} \text{ dan } \hat{\theta} = \frac{(\sum_{i=1}^r t_i + (n-r)t_r - nt_1)}{r} \quad (2)$$

Selang keyakinan bagi dua parameter θ dan μ sensor tipe 2 (Lawless, 2003)

Untuk parameter θ

$$\frac{2r\hat{\theta}}{x^2(1-\frac{\alpha}{2}; 2r-2)} < \theta < \frac{2r\hat{\theta}}{x^2(\frac{\alpha}{2}; 2r-2)} \quad (3)$$

Untuk parameter μ

$$\hat{\mu} - \frac{r\hat{\theta}F\left(1-\frac{\alpha}{2}; 2r-2\right)}{n(r-1)} < \mu < \hat{\mu} - \frac{r\hat{\theta}F\left(\frac{\alpha}{2}; 2r-2\right)}{n(r-1)} \quad (4)$$

Fungsi tahan hidup dari data berdistribusi eksponensial dua parameter diperoleh:

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

Selang bagi fungsi tahan hidup diestimasi dengan rumus (Lawless, 2003):

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

Untuk menentukan probabilitas hidup pasien gagal ginjal di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin dalam rentang waktu tahun 2018-2020 dengan data berdistribusi eksponensial dua parameter tersensor tipe II dapat dijabarkan sebagai berikut:

Langkah 1: Pengumpulan Data

1. Identifikasi Populasi Studi: Tentukan populasi pasien gagal ginjal yang dirawat di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin antara tahun 2018 hingga 2020.
2. Pemilihan Sampel: Pilih sampel yang representatif dari populasi tersebut, dengan mempertimbangkan kriteria inklusi dan eksklusi yang relevan (misalnya, usia, jenis kelamin, penyebab gagal ginjal, dan sejarah penyakit lainnya).
3. Pengumpulan Data: Kumpulkan data tentang pasien-pasien ini, termasuk informasi tentang waktu terjadinya kejadian (waktu mulai pengamatan), waktu censoring (jika terjadi), dan status akhir (hidup atau meninggal).

Langkah 2: Model Distribusi Probabilitas

- Pilih Model Distribusi: Pilih model distribusi yang sesuai untuk menganalisis waktu kejadian (waktu hidup), yaitu distribusi eksponensial dua parameter. Model ini cocok untuk data waktu kejadian dan dapat digunakan untuk memperkirakan probabilitas hidup.

Langkah 3: Analisis Statistik

1. Estimasi Parameter: Gunakan metode estimasi parameter untuk mendapatkan estimasi nilai dari parameter distribusi eksponensial dua parameter (misalnya, menggunakan metode Maksimum Likelihood Estimation atau metode Bayesian).
2. Uji Goodness-of-Fit: Lakukan uji goodness-of-fit untuk memastikan bahwa model eksponensial dua parameter sesuai dengan data yang dikumpulkan. Contoh uji yang bisa digunakan adalah uji Kolmogorov-Smirnov atau uji chi-squared.

Langkah 4: Estimasi Probabilitas Hidup

- Komputasi Probabilitas: Setelah mendapatkan estimasi parameter, komputasikan probabilitas hidup (survival probability) untuk interval waktu tertentu (misalnya, setiap tahun dalam rentang 2018-2020).

Langkah 5: Interpretasi dan Pelaporan Hasil

1. Interpretasi: Interpretasikan hasil analisis untuk memberikan informasi tentang probabilitas hidup pasien gagal ginjal di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin selama tahun 2018-2020.
2. Pelaporan: Tuliskan laporan penelitian yang mencakup deskripsi metodologi, hasil analisis, dan kesimpulan. Sertakan juga rekomendasi berdasarkan temuan penelitian untuk pengembangan lebih lanjut dalam perawatan pasien gagal ginjal.

Results and Discussion (14-point, bold)

Suatu sampel dikatakan tersensor tipe II apabila eksperimen akan dihentikan setelah kerusakan atau kegagalan ke- r telah diperoleh (Lawless, 2003).

Fungsi kepadatan probabilitas dari distribusi eksponensial dua parameter, θ dan μ adalah (Ireson, et.al, 1996)

$$f(t; \mu, \theta) = \frac{1}{\theta} \exp\left(-\frac{t-\mu}{\theta}\right) : t \geq \mu, \mu \geq 0, \theta > 0 \quad (7)$$

Studi Kasus :

Penyakit gagal ginjal di Rumah sakit Universitas Hasanuddin pada periode Januari 2018 hingga Desember 2020.

Berikut data yang tersedia :

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 22, 28, 35

Diasumsikan data di atas adalah data tersensor tipe II dengan total $n=25$. Dalam penelitian ini akan diestimasi selang fungsi tahan hidup untuk pasien penderita penyakit ginjal 60 bulan atau $S(60)$ dan 72 bulan atau $S(72)$.

1. Lawless (2003) dan Burry (1999) telah membuat suatu formul untuk nilai penduga θ dan μ pada data tahan hidup tersensor tipe II, yaitu :

$$\hat{\mu} = t_{(1)} = 0 \quad (8)$$

Dan

$$\begin{aligned} \hat{\theta} &= \frac{(\sum_{i=1}^r + (n-r) t_r - n t_1)}{r} \\ &= \frac{(245 + (25 - 21)35 - 25(0))}{21} \\ &= \frac{(245 + (4)35 - 0)}{21} \\ &= \frac{(245 + 140)}{21} \\ &= \frac{385}{21} \\ &= 18,3333 \end{aligned} \quad (9)$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka diperoleh nilai $\hat{\theta}$ dan $\hat{\mu}$ masing-masing yaitu :

$$\hat{\theta} = 18,3333 \text{ dan } \hat{\mu} = 0$$

2. Fungsi tahan hidup dari data berdistribusi eksponensial dua parameter diperoleh :

$$S(t) = \exp\left(-\frac{t-\hat{\mu}}{\hat{\theta}}\right) \quad (10)$$

Untuk $S(60)$

$$\begin{aligned} S(60) &= \exp\left(-\frac{60-0}{18,3333}\right) \\ &= 0,0379 \end{aligned}$$

Untuk $S(72)$

$$\begin{aligned} S(72) &= \exp\left(-\frac{72-0}{18,3333}\right) \\ &= 0,0196 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus tersebut maka diperoleh $S(60)$ dan $S(72)$ masing-masing yaitu :
 $S(60) = 0,0379$ dan $S(72) = 0,0196$

3. Selang keyakinan bagi dua parameter θ dan μ sensor tipe II (lawless 2003)

Untuk parameter θ alpha 5%

$$\frac{2r\hat{\theta}}{\chi^2\left(1 - \frac{\alpha}{2}; 2r - 2\right)} < \theta < \frac{2r\hat{\theta}}{\chi^2\left(\frac{\alpha}{2}; 2r - 2\right)}$$

$$\frac{2(21)(18,3333)}{\chi^2\left(1 - \frac{0,05}{2}; 2(21) - 2\right)} < \theta < \frac{2(21)(18,3333)}{\chi^2\left(\frac{0,05}{2}; 2(21) - 2\right)}$$

$$\frac{770}{\chi^2(0,975; 40)} < \theta < \frac{770}{\chi^2(0,025; 40)}$$

$$\frac{24,43304}{31,5147} < \theta < \frac{59,34171}{12,9757}$$

Diperoleh selang keyakinan bagi parameter θ dengan alpha 5% yaitu berada pada interval
 $31,5147 < \theta < 12,9757$

Untuk parameter θ alpha 1%

$$\frac{2r\hat{\theta}}{\chi^2\left(1 - \frac{\alpha}{2}; 2r - 2\right)} < \theta < \frac{2r\hat{\theta}}{\chi^2\left(\frac{\alpha}{2}; 2r - 2\right)}$$

$$\frac{2(21)(18,3333)}{\chi^2\left(1 - \frac{0,01}{2}; 2(21) - 2\right)} < \theta < \frac{2(21)(18,3333)}{\chi^2\left(\frac{0,01}{2}; 2(21) - 2\right)}$$

$$\frac{770}{\chi^2(0,995; 40)} < \theta < \frac{770}{\chi^2(0,005; 40)}$$

$$\frac{20,70654}{37,18633} < \theta < \frac{66,76596}{11,53282}$$

Diperoleh selang keyakinan bagi parameter θ dengan alpha 1% yaitu berada pada $37,18633 < \theta < 11,53282$

Untuk parameter μ alpha 5%

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

$$0 - \frac{(21)(18,3333)F_{\left(1 - \frac{0,05}{2}; 2; 2(21) - 2\right)}}{25(21 - 1)} < \mu < 0 - \frac{(21)(18,3333)F_{\left(\frac{0,05}{2}; 2; 2(21) - 2\right)}}{25(21 - 1)}$$

$$0 - \frac{385F_{(0,975; 2; 40)}}{500} < \mu < 0 - \frac{385F_{(0,025; 2; 40)}}{500}$$

$$0 - \frac{385(0,025334)}{500} < \mu < 0 - \frac{385(4,050992)}{500}$$

$$0 - \frac{9,753528}{500} < \mu < 0 - \frac{1,559,63192}{500}$$

$$0 - 0,019507 < \mu < 0 - 3,119264$$

$$-0,019507 < \mu < -3,119264$$

Diperoleh selang keyakinan bagi parameter μ dengan alpha 5% yaitu berada pada $-0,019507 < \mu < -3,119264$

Untuk parameter μ alpha 1%

$$\begin{aligned} \hat{\mu} - \frac{r\theta F_{\left(1-\frac{\alpha}{2}; 2; 2r-2\right)}}{n(r-1)} &< \mu < \hat{\mu} - \frac{r\theta F_{\left(\frac{\alpha}{2}; 2; 2r-2\right)}}{n(r-1)} \\ 0 - \frac{(21)(18,3333)F_{\left(1-\frac{0,01}{2}; 2; 2(21)-2\right)}}{25(21-1)} &< \mu < 0 - \frac{(21)(18,3333)F_{\left(\frac{0,01}{2}; 2; 2(21)-2\right)}}{25(21-1)} \\ 0 - \frac{385F_{(0,995; 2; 40)}}{500} &< \mu < 0 - \frac{385F_{(0,005; 2; 40)}}{500} \\ 0 - \frac{385(0,0050113)}{500} &< \mu < 0 - \frac{385(6,066426)}{500} \\ 0 - \frac{1,93007}{500} &< \mu < 0 - \frac{2,335,574}{500} \\ 0 - 0,00386 &< \mu < 0 - 4,671148 \\ -0,00386 &< \mu < -4,671148 \end{aligned}$$

Diperoleh selang keyakinan bagi parameter μ dengan alpha 1% yaitu berada pada $-0,00386 < \mu < -4,671148$

4. Rumus yang digunakan untuk mencari interval konvidensi fungsi tahan hidup dari dua parameter distribusi eksponensial pada sensor tipe II yaitu :

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

Untuk $S(60)$ tingkat kepercayaan 95%

$$\begin{aligned} \exp\left(-\frac{60 - (-3,119264)}{12,9757}\right) &< S(60) < \exp\left(-\frac{60 - (-0,019507)}{31,5147}\right) \\ \exp\left(-\frac{63,119264}{12,9757}\right) &< S(60) < \exp\left(-\frac{60,019507}{31,5147}\right) \\ 0,007716 &< S(60) < 0,148898 \end{aligned}$$

Untuk $S(60)$ tingkat kepercayaan 99%

$$\begin{aligned} \exp\left(-\frac{60 - (-3,119264)}{12,9757}\right) &< S(60) < \exp\left(-\frac{60 - (-0,019507)}{31,5147}\right) \\ \exp\left(-\frac{64,671148}{12,9757}\right) &< S(60) < \exp\left(-\frac{60,00386}{31,5147}\right) \\ 0,00367 &< S(60) < 0,99169 \end{aligned}$$

Untuk $S(72)$ tingkat kepercayaan 95%

$$\begin{aligned} \exp\left(-\frac{72 - (-3,119264)}{12,9757}\right) &< S(72) < \exp\left(-\frac{72 - (-0,019507)}{31,5147}\right) \\ \exp\left(-\frac{75,119264}{12,9757}\right) &< S(72) < \exp\left(-\frac{72,019507}{31,5147}\right) \\ 0,00306 &< S(60) < 0,101747 \end{aligned}$$

Untuk $S(60)$ tingkat kepercayaan 99%

$$\exp\left(-\frac{72 - (-4,671148)}{12,9757}\right) < S(72) < \exp\left(-\frac{72 - (-0,00386)}{31,5147}\right)$$

$$\exp\left(-\frac{76,671148}{12,9757}\right) < S(72) < \exp\left(-\frac{72,00386}{31,5147}\right)$$

$$0,001297 < S(60) < 0,144237$$

Interval konvidensi untuk $t(60)$ dan $t(72)$ pada tingkat kepercayaan 96% dan 99% masing-masing yaitu :

Tabel 1. Interval konvidensi untuk $t(60)$

Tingkat Kepercayaan	Batas Bawah	Batas Atas	Lebar Selang
99%	0,007716	0,148898	0,141182
95%	0,00367	0,99169	0,98802

Tabel 1. Interval konvidensi untuk $t(72)$

Tingkat Kepercayaan	Batas Bawah	Batas Atas	Lebar Selang
99%	0,00306	0,101747	0,098687
95%	0,001297	0,144237	0,14294

Tabel 1. Data Pasien Gagal Ginjal Di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin Pada Periode Januari 2018 Hingga Desember 2010

Data ke-	1	2	3	4	5	...	...	...	...	...	...	17	18	19	20	21
Waktu Tunggu	0	1	2	3	4							18	20	22	28	35

Tabel 2. Batas bawah, batas atas dan lebar selang untuk $t(60)$ pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%

Tingkat Kepercayaan	Batas Bawah	Batas Atas	Lebar Selang
99%	0,007716	0,148898	0,141182
95%	0,00367	0,99169	0,98802

Tabel 2. Batas bawah, batas atas dan lebar selang untuk $t(60)$ pada tingkat kepercayaan 95% dan 99%

Tingkat Kepercayaan	Batas Bawah	Batas Atas	Lebar Selang
99%	0,00306	0,101747	0,098687
95%	0,001297	0,144237	0,14294

Kesimpulan

Estimasi titik bagi fungsi tahan hidup pada masa 60 bulan mempunyai probabilitas yang lebih besar daripada estimasi titik bagi fungsi tahan hidup pada masa 72 bulan. Lebar selang bagi fungsi tahan hidup penderita gagal ginjal pada masa 60 bulan lebih lebar daripada bagi fungsi tahan hidup penderita gagal ginjal pada masa 72 bulan.

Acknowledgment

Terima kasih kami ucapkan kepada Correspondence Author yang telah membimbing kami dan terima kasih kepada semua penulis yang atas partisipasi dan kerja sama sehingga penelitian ini dapat kami diselesaikan.

Referensi

- Ainurrochmah, A. (2021). *Analisis survival competing risk pada model subdistribution Fine–Gray dengan metode maximum partial likelihood estimation (Studi kasus: Pasien COVID-19 di Rumah Sakit Islam Sultan Agung, Semarang)* (Disertasi doktoral). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Artanti, L. W. (2007). *Estimasi interval bagi fungsi tahan hidup dari data berdistribusi eksponensial dua parameter tersensor tipe II (Studi kasus: Usia bayi dalam kandungan sampai lahir di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Wonogiri)*.
- Borgan, Ø., Breslow, N. E., & Chatterjee, N. (Eds.). (1995). *The analysis of censored survival data: Theory and applications*. Springer.
- Collett, D. (2003). *Modelling survival data in medical research* (2nd ed.). Chapman & Hall/CRC.
- Fauzy, A. (n.d.). *Kajian simulasi tingkat kepercayaan dari data uji hidup berdistribusi eksponensial dua parameter tersensor tipe II multiple sederhana*. Prosiding, 564–565.
- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & May, S. (2008). *Applied survival analysis: Regression modeling of time-to-event data* (2nd ed.). Wiley-Interscience.
- Hutagaol, E. F. (2017). Peningkatan kualitas hidup pada penderita gagal ginjal kronik yang menjalani terapi hemodialisa melalui psychological intervention di unit hemodialisa RS Royal Prima Medan tahun 2016. *Jumantik (Jurnal Ilmiah Penelitian Kesehatan)*, 2(1), 42–49.
- Ilahi, I. N., Alwi, W., & Sauddin, A. (2024). Analisis survival terhadap pasien penderita penyakit gagal ginjal menggunakan metode Kaplan–Meier. *Jurnal MSA (Matematika dan Statistika serta Aplikasinya)*, 12(1), 25–26.
- Klein, J. P., & Moeschberger, M. L. (2003). *Survival analysis: Techniques for censored and truncated data* (2nd ed.). Springer.
- Lawless, J. F. (2003). *Statistical models and methods for lifetime data* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Priandini, R. P., Handayani, L., & Rosyidah, R. (2023). Faktor-faktor yang berhubungan dengan kualitas hidup (quality of life) pasien gagal ginjal kronik yang menjalani hemodialisa. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 3332–3340.
- Salaam, A. F., Somayasa, W., & Djafar, M. K. (2023). Estimasi parameter distribusi gamma untuk sampel tersensor tipe I dan tipe II. *Jurnal Matematika Komputasi dan Statistika*, 3(1), 239–247.
- Silvia, Y. (2019). *Metode Bayes untuk distribusi Rayleigh pada data tahan hidup disensor tipe II* (Disertasi doktoral). Universitas Andalas.
- Simbolon, R. U. (2021). *Pendugaan parameter distribusi Rayleigh menggunakan metode maximum likelihood dan metode Bayes pada data sensor tipe II*.
- Therneau, T. M., & Grambsch, P. M. (2000). *Modeling survival data: Extending the Cox model*. Springer.