

ANALISIS KETAHANAN HIDUP PADA PENDERITA TUBERKULOSIS PARU-PARU MENGGUNAKAN METODE REGRESI COX *PROPORTIONAL HAZARD* (Studi Kasus: Penderita Penyakit TB Paru-paru di Puskesmas Kajen II)

Amirul Ikrom^{1*}, Tarno², Tatik Widiharih³

^{1,2,3}Departemen Statistika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

*e-mail : amirul.ikrom0401@gmail.com

DOI: 10.14710/j.gauss.13.1.180-188

Article Info:

Received: 2023-05-20

Accepted: 2024-10-08

Available Online: 2024-10-10

Keywords:

Tuberculosis; Survival Analysis; Cox Regression.

Abstract: Lung Tuberculosis is a type of infectious disease caused by the Mycobacterium Tuberculosis bacteria that attacks the lungs. The source of transmission of this disease is a patient with pulmonary tuberculosis. Indonesia has the third highest number of tuberculosis sufferers after India and China. To find out the factors that affect the patient's long survival time, survival analysis can be used. This study uses the Cox Proportional Hazard Regression method because this method can be used to determine the magnitude of the relationship between the dependent and independent variables. The research data was obtained from data on Lung Tuberculosis patients at the Kajen II Public Health Center from January-December 2021. The dependent variable was the length of time they were treated until they experienced an incident (death). The independent variables consisted of age, gender, and history of taking medication (regular or irregular). Based on the results of the analysis, all independent variables had an effect on the dependent variable. The results obtained are that the age category of children is the most at risk of dying, the female sex is the most at risk, and patients with a history of taking irregular medication are the most at risk of dying.

1. PENDAHULUAN

Tuberkulosis adalah jenis penyakit yang umumnya menyerang paru-paru dengan bakteri *Mycobacterium Tuberculosis* sebagai penyebabnya. Pasien tuberkulosis dengan hasil tes Bakteri Tahan Asam (BTA) positif adalah sumber utama infeksi. Penyakit Tuberkulosis (TB) Paru-paru merupakan penyakit berbahaya yang dapat menyebabkan kematian. Lama waktu berobat untuk mencapai kesembuhan penyakit TB Paru-paru umumnya 5-6 bulan atau bahkan lebih.

Puskesmas berperan sebagai salah satu tempat rujukan berobat bagi masyarakat, salah satunya sebagai tempat rujukan penyakit TB Paru-paru. Salah satu puskesmas yang dijadikan tempat rujukan berobat TB ada Puskesmas Kajen II Kabupaten Pekalongan, dimana Kecamatan Kajen sendiri merupakan salah satu kecamatan terbesar di Kabupaten Pekalongan. Penelitian dilaksanakan di Puskesmas Kajen II dikarenakan sebelumnya penelitian ini dilaksanakan, belum pernah ada penelitian yang membahas mengenai ketahanan pasien terhadap penyakit TB Paru-paru di Kabupaten Pekalongan. Kecamatan Kajen sendiri merupakan salah satu kecamatan terbesar di Kabupaten Pekalongan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab lama ketahanan hidup pasien dengan metode Regresi Cox dimana lama waktu bertahan hidup pasien sampai mengalami kejadian (kematian) sebagai faktor utama. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model Regresi Cox terbaik dan juga untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang memengaruhi daya tahan hidup pasien penderita penyakit TB Paru-paru. Regresi Cox ini termasuk dalam analisis kelangsungan hidup. Terdapat asumsi berupa asumsi *proportional hazard* yang wajib terpenuhi, yang artinya perbandingan fungsi *hazard* antar individu bernilai konstan. Variabel data yang dipakai pada penelitian kali ini memuat beberapa variabel antara lain waktu pengobatan pasien atau lama waktu bertahan

hidup pasien, status pasien, usia pasien, jenis kelamin pasien, dan riwayat minum obat pasien. Subjek dalam penelitian ini adalah kematian, dimana pasien dengan status meninggal diberikan status 1 dan untuk sisanya (tersensor) diberikan status 0. Metode Regresi Cox *Proportional Hazard* dipakai karena metode ini dapat digunakan untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel independen dan variabel dependen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit yang umumnya diakibatkan bakteri *Mycobacterium Tuberculosis* di dalam tubuh yang berasal dari udara pernapasan yang masuk ke paru-paru lalu tersebar ke seluruh tubuh. Analisis ketahanan hidup termasuk ke dalam metode analisis data yang memiliki hubungan dengan waktu, dimana penelitian dilakukan dari titik awal penelitian hingga munculnya sebuah kejadian (Collett, 1994). Analisis ketahanan hidup memiliki tujuan untuk menaksir probabilitas berupa kekambuhan, kematian, kesembuhan maupun kejadian lainnya pada suatu periode waktu.

Fungsi densitas peluang atau yang biasa disebut dengan *Probability Density Function* (PDF) adalah kemungkinan seseorang meninggal atau mendapatkan peristiwa tertentu dalam selang waktu t hingga $t + \Delta t$. Fungsi densitas peluang dirumuskan seperti persamaan (1) (Cook dan Lawless, 2007):

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{P(t < T < (t + \Delta t))}{\Delta t} \right] = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{F(t + \Delta T) - F(t)}{\Delta t} \right] \quad (1)$$

Keterangan:

Δt : Selisih waktu suatu individu hingga mengalami sebuah kejadian.

Fungsi ketahanan hidup $S(t)$ merupakan probabilitas seseorang mampu bertahan hidup hingga waktu $t (t > 0)$, yang dirumuskan seperti persamaan (2) (Cook dan Lawless, 2007).

$$S(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (2)$$

Keterangan:

$f(t)$: Fungsi densitas peluang.

$$S(t) = 1 - P(T \leq t) \quad (3)$$

Fungsi *hazard* dilambangkan dengan $h(t)$ merupakan kelajuan individu mengalami peristiwa pada selang waktu $(t, t + \Delta t)$ dengan catatan individu tersebut belum pernah mengalami peristiwa hingga waktu t . Fungsi *hazard* bisa ditunjukkan oleh persamaan (4) (Cook dan Lawless, 2007).

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \right] \quad (4)$$

Hubungan antara ketiga fungsi tersebut diperoleh persamaan (5).

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (5)$$

Regresi Cox merupakan metode yang paling banyak dipakai untuk analisis data ketahanan hidup. Asumsi yang digunakan adalah *proportional hazard* yang berarti fungsi *hazard* antar individu proporsional, dalam kata lain *ratio* dari fungsi *hazard* antar individu adalah konstan (Lee dan Wang, 2003).

Persamaan Regresi Cox *Proportional Hazard* adalah seperti persamaan (6).

$$h(t) = h_0(t) \exp(x_1 \beta_1 + x_2 \beta_2 + \dots + x_j \beta_j) \quad (6)$$

Untuk menentukan asumsi *proportional hazard* terpenuhi atau tidak, diperlukan nilai *hazard ratio* (HR) yang dituliskan pada persamaan (7).

$$HR = \frac{\hat{h}(t, X_1)}{\hat{h}(t, X_0)} = C, \text{ konstan terhadap waktu} \quad (7)$$

Keterangan:

X_1 : Individu variabel X kategori 1.

X_0 : Individu variabel X kategori 0.

Menurut Maruddani et al., (2021) fungsi *hazard* dasar ($h_0(t)$) dalam model Regresi Cox *Proportional Hazard* tidak diketahui bentuk fungsionalnya, tetapi persamaan (7) dapat menjelaskan bahwa *Hazard Ratio* tidak dipengaruhi oleh $h_0(t)$. *Hazard Ratio (HR)* diartikan sebagai *Hazard Rate* dari seseorang dibagi dengan *Hazard Rate* dari orang lain. Cox mengusulkan untuk menggunakan fungsi eksponensial untuk $r(X_1, \beta)$ pada persamaan (8).

$$\begin{aligned} HR(t, X_1, X_0) &= \frac{\exp(X_1\beta)}{\exp(X_0\beta)} \\ &= \exp[\beta (X_1 - X_0)] \end{aligned} \quad (8)$$

Hazard bagi seorang individu bersifat proporsional dibanding *hazard* individu lain, dengan konstanta proporsionalitas tidak tergantung terhadap waktu (Harlan, 2017). Pengujian asumsi *proportional hazard* dilaksanakan menggunakan dua cara antara lain uji visual dan uji formal. Uji secara visual dilakukan berdasarkan grafik rasio *hazard* dimana sumbu x adalah waktu ketahanan hidup serta sumbu y adalah $\log(-\log S(t))$ atau \log *hazard* kumulatif. Asumsi *proportional hazard* terpenuhi jika grafiknya tidak bersilangan atau tidak saling berpotongan di satu titik. Grafik tidak saling bersilangan atau berpotongan, maka dikatakan bahwa uji asumsi *proportional hazard* terpenuhi.

Uji secara formal menggunakan metode *Goodness of Fit* dengan mencari nilai dari *Schoenfeld residuals*. Rumus untuk menghitung nilai *Schoenfeld residuals* ditunjukkan oleh persamaan (9).

$$R_{ij} = \delta_i(x_{ij} - \hat{a}_{ij}) \quad (9)$$

dengan,

$$\hat{a}_{ij} = \frac{\sum_{i \in R_{t_j}} x_{ij} \exp \beta_j x_{ij}}{\sum_{i \in R_{t_j}} \exp \beta_j x_{ij}} \quad (10)$$

Langkah pengujian hipotesisnya sebagai berikut:

- i. Hipotesis
 $H_0: \rho_j = 0$
 $H_1: \rho_j \neq 0$
- ii. Taraf signifikansi α
- iii. Statistik Uji

$$\rho_j = \frac{\sum_{i=1}^p (R_{ij} - \bar{R}_{ij})(RT_i - \bar{RT}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (R_{ij} - \bar{R}_{ij})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^p (RT_i - \bar{RT}_i)^2}}$$

$$R_{ij} = \delta_i(x_{ij} - \hat{a}_{ij})$$

- iv. Daerah penolakan
 H_0 ditolak apabila $p\text{-value} \leq \alpha$ atau $\rho \geq r_{\text{tabel}}$.
- v. Kesimpulan

Bila H_0 gagal ditolak, maka asumsi *proportional hazard* terpenuhi

Maximum Partial Likelihood Estimation (MPLE) dipakai untuk mengestimasi parameter. Pemilihan metode MPLE dikarenakan individu yang diamati hanya individu yang mengalami kejadian atau peristiwa, dimana hanya sebagian individu saja yang mengalami kejadian dari total keseluruhan. Fungsi *likelihood* untuk model *proportional hazard* dituliskan pada persamaan (11).

$$L(\beta) = \prod_{k \in D} \frac{\exp(x_k \beta)}{\sum_{j \in R_k} \exp(x_j \beta)} \quad (11)$$

Nilai penduga β didapat dari memaksimumkan fungsi *log partial likelihood* dengan menurunkan persamaan (11) dengan β , didapatkan persamaan (12) (Collect, 1994).

$$x_k - \frac{\sum_{j=1}^p x_j (\sum_{j=1}^p (\sum_{j \in R_k} \exp(x_j \beta)))}{\sum_{j=1}^p (\sum_{j \in R_k} \exp(x_j \beta))} = 0 \quad (12)$$

Penyelesaian Persamaan (12) menggunakan metode *Newton-Raphson* dengan bantuan komputasi.

Analisis Regresi Cox *Proportional Hazard* memiliki syarat pengujian berupa uji signifikansi parameter.

1. Uji Parameter Secara Simultan (*Overall*)

Rangkaian pengujiannya sebagai berikut:

i. Hipotesis

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$$

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_j \neq 0$$

ii. Taraf signifikansi α

iii. Statistik uji

$$G = -2[\ln L_R - \ln L_f]$$

L_R : Nilai fungsi likelihood model tanpa variabel bebas

L_f : Nilai fungsi likelihood dari model dengan variabel bebas.

iv. Daerah penolakan

$$H_0 \text{ ditolak apabila } G \geq \chi^2_{(\alpha; db-p)} \text{ atau nilai } p\text{-value} \leq \alpha$$

v. Kesimpulan

Apabila H_0 ditolak, maka bisa ditarik kesimpulan bahwa minimal terdapat satu variabel bebas yang memengaruhi waktu ketahanan hidup.

2. Uji Parameter Parsial

Rangkaian pengujiannya sebagai berikut:

i. Hipotesis

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0$$

ii. Taraf signifikansi α

iii. Statistik uji

$$Z = \frac{\hat{\beta}_p}{SE(\hat{\beta}_p)} \quad (13)$$

iv. Daerah penolakan

$$H_0 \text{ ditolak apabila nilai } |Z_{hit}| \geq Z_{\alpha/2} \text{ atau } p\text{-value} \leq \alpha$$

v. Kesimpulan

Jika H_0 ditolak, maka bisa ditarik kesimpulan bahwa variabel yang diujikan memengaruhi waktu ketahanan hidup.

Menurut Collett (2003), penentuan model terbaik berlandaskan pada nilai *Akaike's Information Criterion* (AIC) terkecil. Rumus menentukan nilai AIC seperti persamaan (14).

$$AIC = -2 \log \hat{L} + 2p \quad (14)$$

3. METODE PENELITIAN

Data yang dipakai kali ini yaitu data berobat jalan dari pasien penderita penyakit TB Paru-paru yang didapat dari Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas) Kajen II Kabupaten Pekalongan bulan Januari 2021-Desember 2021 dengan kejadian yang diamati adalah

pasien dengan status meninggal dunia. Variabel data penderita TB Paru-paru yang dipakai yaitu:

Tabel 1. Kategori Variabel Penelitian

No	Variabel	Kategori
1	Waktu Berobat (Y)	Lama waktu berobat (hari)
2	Status	0 = Tersensor 1 = Teramati
3	Usia (X ₁)	0 = Anak-anak 1 = Remaja 2 = Dewasa
4	Jenis Kelamin (X ₂)	0 = Laki-laki 1 = Perempuan
5	Riwayat minum obat pasien (X ₃)	0 = Teratur 1 = Tidak Teratur

Analisis data yang dipakai adalah analisis ketahanan hidup yang penghitungannya dibantu dengan *software* Rstudio dan Microsoft Excel. Langkah-langkah analisisnya antara lain:

1. Memasukkan data pada *software* RStudio.
2. Melakukan uji asumsi *proportional hazard*
3. Mengestimasi parameter dengan metode MPLE
4. Melakukan uji signifikansi parameter secara simultan dan parsial.
5. Menetapkan persamaan model Regresi Cox *Proportional Hazard*.
6. Menginterpretasi hasil dan analisis model Regresi Cox *Proportional Hazard*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah pasien TB Paru-paru pada penelitian ini berjumlah 31 orang, dimana 8 pasien meninggal atau teramati dan 23 pasien merupakan data tersensor dengan waktu berobat jalan pasien TB biasanya berkisar 5-6 bulan.

Tabel 2. *Crosstabulation* Usia dan Status Pasien TB Paru-paru

Status	Usia			Jumlah
	Anak-anak	Remaja	Dewasa	
Tersensor	2	8	13	23
Teramati	2	3	3	8
Jumlah	4	11	16	31

Tabel 3. *Crosstabulation* Riwayat Minum Obat dan Status Pasien TB Paru-paru

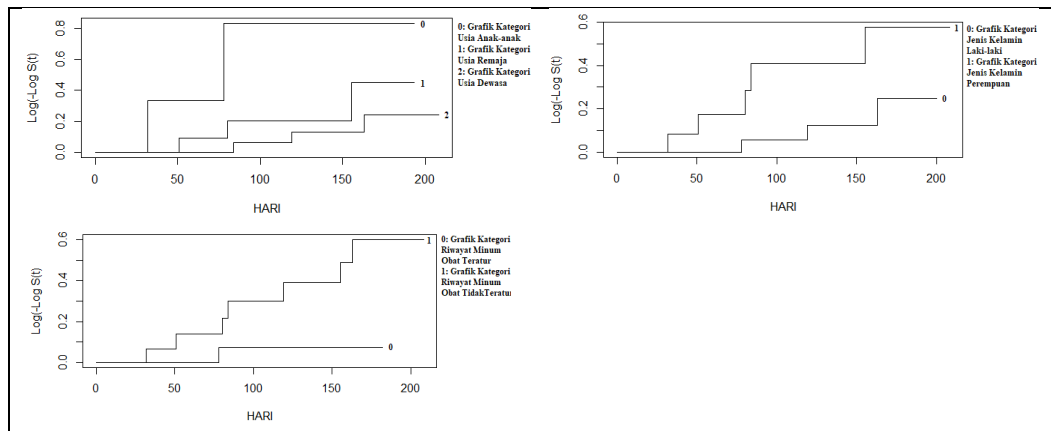
Status	Riwayat Minum Obat		Jumlah
	Teratur	Tidak Teratur	
Tersensor	15	1	23
Teramati	1	7	8
Jumlah	16	8	31

Tabel 4. *Crosstabulation* Jenis Kelamin dan Status Pasien TB Paru-paru

Status	Jenis Kelamin		
	Laki-laki	Perempuan	Dewasa
Tersensor	15	8	23
Teramati	3	5	8
Jumlah	18	13	31

Uji asumsi *proportional hazard* berguna untuk melihat apakah variabel independen berjalan konstan terhadap waktu. Uji asumsi dapat dilaksanakan secara visual dan formal.

1. Pengujian Secara Visual dengan Pendekatan Grafik log[-log S(t)]



Gambar 1. Kurva Hazard Untuk Semua Variabel

Berdasarkan Gambar 1 dapat disimpulkan bahwa seluruh grafik tidak saling bersilangan. Jika grafik antara kategori pada tiap variabel tidak saling berpotongan atau bersilangan, bisa disimpulkan pengujian asumsi *proportional hazard* untuk semua variabel yaitu variabel usia, jenis kelamin, dan riwayat minum obat terpenuhi.

2. Pengujian Secara Formal dengan *Goodness of Fit*

Uji secara formal menggunakan statistik uji sehingga hasil yang didapatkan lebih objektif. Rangkaian pengujiannya yaitu:

- i. Hipotesis
 - $H_0: \rho_j = 0$
 - $H_1: \rho_j \neq 0$
- ii. Taraf signifikansi α
- iii. Statistik Uji

$$\rho_j = \frac{\sum_{i=1}^p (R_{ij} - \bar{R}_{ij})(RT_i - \bar{RT}_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^p (R_{ij} - \bar{R}_{ij})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^p (RT_i - \bar{RT}_i)^2}}$$

$$R_{ij} = \delta_i(x_{ij} - \hat{a}_{ij})$$

- iv. Daerah penolakan
 - H_0 ditolak apabila $p\text{-value} \leq \alpha$ atau $\rho \geq t_{\text{tabel}}$.
- v. Keputusan

Tabel 5. Uji Asumsi *Proportional Hazard*

	Rho	Chisq	DF	P
Usia	0,6106453	2,587	2	0,27
Jenis Kelamin	0,6643027	1,792	1	0,18
Riwayat Minum Obat	-0,6314489	0,223	1	0,64

Berdasarkan Tabel 5, H_0 untuk semua variabel independen diterima karena $p\text{-value} > \alpha$.

vi. Kesimpulan

Berdasarkan keputusan yang telah diambil bisa ditarik kesimpulan bahwa seluruh variabel independen berhasil memenuhi asumsi *Proportional Hazard*.

Data pasien TB paru yang telah diperoleh lalu diestimasi parameternya dengan metode *Maximum Partial Likelihood Estimation* (MPLE). Metode MPLE dipakai karena tidak semua data diamati (parsial), hanya data yang mengalami kejadian yang diamati. Hasil *output* dari *software* RStudio terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Estimasi Parameter

Variabel	Coef	exp(coef)	Se(coef)	Robust Se	Z	P _{value}
Usia _(Remaja)	-2,325	0,098	1,194	1,110	-2,095	0,036
Usia _(Dewasa)	-2,272	0,103	1,061	1,123	-2,024	0,043
JK _(Perempuan)	2,392	10,931	1,045	1,117	2,141	0,032
Riwayat (tidak teratur)	2,033	7,635	1,120	0,698	2,913	0,004

Model Regresi Cox *Proportional Hazard* yang diperoleh dari penghitungan menggunakan *software* RStudio dituliskan seperti di bawah ini:

$$h(t, x) = h_0(t) \exp(-2,325X_{1(\text{remaja})} - 2,272X_{1(\text{dewasa})} + 2,392X_{2(\text{perempuan})} + 2,033X_{3(\text{tidak teratur})})$$

Uji secara simultan dengan statistik uji menggunakan rumus $G = -2[\ln L_R - \ln L_f]$, dengan rangkaian pengujian sebagai berikut:

- i. Hipotesis
 $H_0: \beta_j = 0$
 $H_1: \beta_j \neq 0$
- ii. Taraf Signifikansi
 $\alpha = 5\%$
- iii. Statistik Uji
 Didapatkan nilai *p-value* dan G dari lampiran sebagai berikut:
 $p\text{-value} = 0,007$
 $G = 14,02$
- iv. Daerah Penolakan
 H_0 ditolak jika nilai *p-value* $\leq \alpha$ atau $G \geq \chi_{0,05;2}^2$
- v. Keputusan
 Karena *p-value* (0,007) $< \alpha$ (0,05) maka dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak yang berarti minimal terdapat satu variabel independen yang memengaruhi lama waktu pasien TB Paru-paru melakukan berobat jalan.

Uji signifikansi parameter secara parsial menggunakan Uji Wald, dengan rangkaian uji sebagai berikut:

- i. Hipotesis
 $H_0: \beta_j = 0$
 $H_1: \beta_j \neq 0$
- ii. Taraf Signifikansi
 $\alpha = 5\%$
- iii. Statistik Uji
 $Z = \frac{\hat{\beta}_j}{se(\hat{\beta}_j)}$
- iv. Daerah Penolakan
 H_0 ditolak jika nilai P-value $\leq \alpha$ atau $|Z| > Z_{\alpha/2}$
- v. Keputusan
 Berdasarkan Tabel 6. semua variabel bebas signifikan.

Interpretasi hasil dan pembahasan seperti di bawah ini.

- a. Nilai *Hazard Ratio* dengan kategori usia anak sebagai pembandingnya adalah sebagai berikut

$$HR = \exp(\beta_1 X)$$
$$HR = \exp(-2,325) = 0,098$$

Dapat disimpulkan bahwa tingkat risiko kematian pada pasien penderita TB Paru-paru dengan kategori usia remaja 0,098 kali dibanding pasien kategori usia anak.

- b. Nilai *Hazard Ratio* dengan kategori usia anak sebagai pembandingnya adalah sebagai berikut

$$HR = \exp(\beta_2 X)$$
$$HR = \exp(-2,272) = 0,103$$

Dapat disimpulkan bahwa tingkat risiko kematian pada pasien penderita TB Paru-paru dengan kategori usia dewasa 0,103 kali dibanding pasien kategori usia anak.

- c. Nilai *Hazard Ratio* dengan kategori jenis kelamin laki-laki sebagai pembandingnya adalah sebagai berikut

$$HR = \exp(\beta_3 X)$$
$$HR = \exp(2,293) = 10,931$$

Dapat disimpulkan bahwa tingkat risiko kematian pada pasien penderita TB Paru-paru dengan kategori jenis kelamin perempuan 10,391 kali dibandingkan pasien kategori jenis kelamin laki-laki.

- d. Nilai *Hazard Ratio* dengan kategori riwayat minum obat teratur sebagai pembandingnya adalah sebagai berikut

$$HR = \exp(\beta_4 X)$$
$$HR = \exp(2,033) = 7,635$$

Dapat disimpulkan bahwa tingkat risiko kematian pada pasien penderita TB Paru-paru dengan kategori riwayat minum obat tidak teratur 7,635 kali dibandingkan dengan pasien dengan kategori minum obat teratur.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa tingkat risiko kematian pada pasien penderita TB Paru-paru dengan kategori usia remaja 0,098 kali dibanding pasien kategori usia anak. Tingkat risiko kematian pada pasien penderita TB Paru-paru dengan kategori usia dewasa 0,103 kali dibanding pasien kategori usia anak. Tingkat risiko kematian pada pasien penderita TB Paru-paru dengan kategori jenis kelamin perempuan 10,391 kali dibandingkan pasien kategori jenis kelamin laki-laki. Tingkat risiko kematian pada pasien penderita TB Paru-paru dengan kategori riwayat minum obat tidak teratur 7,635 kali dibandingkan dengan pasien dengan kategori minum obat teratur.

DAFTAR PUSTAKA

- Collett, D. 1994. *Modelling Survival Data in Medical Research*. Edisi ke-2. USA: Chapman and Hall
- Cook, R. J., Lawless, J. F. 2007. *The statistical analysis of recurrent events*. New York: Springer.
- Dinkes NTB. 2022. *Investasi Untuk Eliminasi TBC, Selamatkan Bangsa*. <https://dinkes.ntbprov.go.id/artikel/investai-untuk-eliminasi-tbc-selamatkan-bangsa/>. Diakses: 29 Oktober 2022
- Guo, S. 2010. *Survival analysis*. Oxford University Press.
- Harlan, J. 2017. *Analisis Survival*. Depok: Gunadarma

- Hosmer, D. W., Lemeshow, S., & May, S. (2008). *Applied Survival Analysis: Regression Modelling of Time to Event Data*. New Jersey: John Wiley.
- Jakperik, D., Ozoje, M. 2012. Survival analysis of average recovery time of tuberculosis patients in Northern region, Ghana. *International Journal of Current Research*, 4(9), 123–125.
- Katadata.co.id. 2021. *Penderita Tuberkulosis Terbanyak dari Usia Produktif pada 2020*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/10/12/penderita-tuberkulosis-terbanyak-dari-usia-produktif-pada-2020>. Diakses: 29 Oktober 2022
- Kemendes RI. 2019. *Pedoman Nasional Penanggulangan Tuberkulosis dan Standar Internasional Untuk Pelayanan Tuberkulosis*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kemenko PMK. 2021. Menular dan Mematikan, Perpres Penanggulangan TB Segera Terbit. <https://www.kemendikopmk.go.id/menular-dan-mematikan-perpres-penanggulangan-tb-segera-terbit>. Diakses: 29 Oktober 2022
- Kleinbaum, D. G., Klein, M. 2012. *Survival Analysis: A Self-Learning Text*. New York: Springer.
- Lee, E. T., Wang, J. 2003. *Statistical methods for survival data analysis* (Vol. 476). John Wiley & Sons.
- Maruddani, D. A. I., Tarno, Hoyyi, A., Rahmawati, R., dan Wilandari, Y. 2021. *Survival Analysis*. UNDIP Press.
- Munif, A., Hidayatullah, A. P. 2003. *Penguasaan dan Penggunaan Metode Numerik*. Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya.
- Widyanto, F. C., Triwibowo, C. 2013. *Trens Disease Trend Penyakit Masa Kini*. Jakarta: Trans Info Media
- World Health Organization. 2006. *Child Growth Standard*. <https://www.who.int/tools/child-growth-standards>
- Ziegel, E. R., Allison, P. D. 1997. *Survival Analysis Using the SAS System*. In *Technometrics* (Vol. 39, Issue 3). <https://doi.org/10.2307/1271161>