

ANALISIS SURVIVAL PADA DATA KEJADIAN BERULANG MENGGUNAKAN PENDEKATAN *COUNTING PROCESS*

(Studi Kasus: Data Penderita Asma Eksaserbai di Rumah Sakit Nasional Diponegoro)

Ulya Tsaniya^{1*}, Triastuti Wuryandari², Dwi Ispriyanti³

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

*email: ulyaatsaniya@gmail.com

DOI: 10.14710/j.gauss.11.3.377-385

Article Info:

Received: 2022-06-26

Accepted: 2022-08-28

Available Online: : 2023-01-03

Keywords:

Asthma; Survival Analysis; Cox Regression; Recurrent Events; Counting Process

Abstract: Asthma is a disorder that attacks the respiratory tract and causes bronchial hyperactivity to various stimuli characterized by recurrent episodic symptoms such as wheezing, coughing, shortness of breath, and heaviness in the chest. Asthma sufferers will experience exacerbations, namely episodes of asthma recurrence which gradually worsens progressively accompanied by the same symptoms. The length of time a person experiences an exacerbation can be influenced by various factors. To analyze this, the Cox regression model can be used which is within the scope of survival analysis where time is the dependent variable. In the survival analysis, asthma exacerbations were identical/recurrent events where the individual experienced the event more than once during the study. If the survival data contains identical/recurrent events, the analysis uses a counting process approach. Counting Process is an approach used to deal with survival data with identical recurrent events, meaning that recurrences are caused by the same thing, which in this case is the narrowing of the bronchioles in asthmatics. The purpose of this study was to determine the factors that cause asthma exacerbations by using a counting process approach as a data treatment for recurrent events at Diponegoro National Hospital. Based on the results of the analysis, the factors that influence the length of time a patient experiences an exacerbation are the age, gender, and type of cases

1. PENDAHULUAN

Asma merupakan penyakit yang menjangkit saluran pernafasan dan menyebabkan gejala kronik seperti sesak nafas dan batuk-batuk. Salah satu rumah sakit untuk rujukan penderita asma di Kota Semarang adalah Rumah Sakit Nasional Diponegoro (RSND), pasien asma yang berobat di RSND akan tercatat dalam rekam medis yang berisikan tanggal kunjungan dan karakteristik pasien tersebut. Pasien asma yang sudah melakukan rujukan biasanya akan mengalami episode kambuh kembali yang dinamakan eksaserbasi asma. Lama waktu pasien akan mengalami eksaserbasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, untuk memprediksi hal tersebut dapat menggunakan model regresi dengan waktu sebagai faktor utamanya yaitu regresi cox yang merupakan bagian dari analisis *survival*.

Regresi cox memiliki asumsi *proportional hazard* yang harus dipenuhi, yang artinya seiring berjalannya waktu tingkat kejadian adalah konstan. Pada penelitian ini, terdapat kejadian berulang identik yaitu pada saat terjadinya eksaserbasi asma yang membedakan antara regresi cox dengan regresi biasa. Kejadian berulang atau rekuren adalah kejadian dimana individu mengalami *event* lebih dari satu kali selama kurun waktu yang ditentukan. Eksaserbasi asma merupakan kejadian berulang identik, sehingga analisis modelnya menggunakan pendekatan *counting process* atau *counting process approach* yang dapat memodifikasi struktur data pada kejadian berulang identik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Asma adalah penyakit inflamasi kronis pada saluran napas sebagai respons terhadap berbagai rangsangan menyebabkan hiperaktivitas bronkus, yang ditandai dengan beberapa gejala seperti batuk, sesak napas, dan nyeri dada, terutama terjadi pada malam atau pagi hari dan cenderung reversibel.

Eksaserbasi asma adalah episode sesak napas akut atau subakut, yang secara bertahap memburuk dan disertai dengan batuk, mengi, nyeri dada, atau kombinasi dari gejala-gejala tersebut.

Analisis kelangsungan hidup adalah suatu metode menganalisis data yang berhubungan dengan waktu dari titik awal atau titik awal waktu hingga terjadinya suatu peristiwa tertentu, yang disebut dengan peristiwa atau titik akhir (Collett, 1994). Analisis kelangsungan hidup bertujuan untuk memperkirakan kemungkinan kelangsungan hidup, pemulihan, kematian, kekambuhan, atau peristiwa lain dalam jangka waktu tertentu. Analisis ini juga bisa diterapkan untuk menentukan hubungan antara variabel dependen dan variabel independen, dimana variabel terikatnya adalah waktu ketahanan.

Fungsi kepadatan peluang atau umumnya dikenal dengan merupakan peluang suatu individu mati atau mengalami kejadian sesaat dengan interval waktu dari t hingga $t + \Delta t$. Fungsi kepadatan peluang $f(t)$ diberikan dalam persamaan sebagai berikut: (Cook and Lawless, 2007):

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

Jika T adalah variabel acak non-negatif yang berada pada interval $[0, \infty)$, maka $F(t)$ adalah fungsi distribusi kumulatif kontinu dari T yang dapat didefinisikan sebagai peluang terhadap suatu individu yang mengalami kejadian kurang dari sama dengan waktu t , yaitu:

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(x) dx, \text{ untuk } t > 0 \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan (2), maka diperoleh:

$$f(t) = \frac{d(F(t))}{dt} = F'(t) \quad (3)$$

Fungsi *survival* ditulis $S(t)$ adalah probabilitas suatu individu bertahan hidup dengan waktu *survival* hingga waktu t ($t > 0$), yaitu dengan persamaan berikut (Lawless & Cook, 2007):

$$S(t) = P(T > t) = \int_t^{\infty} f(x) dx \quad (4)$$

Berdasarkan definisi fungsi distribusi kumulatif $F(t)$ dari T , maka didapatkan fungsi *survival*/ketahanan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S(t) &= 1 - P(T \leq t) \\ &= 1 - F(t) \end{aligned} \quad (5)$$

Fungsi *hazard* ditulis $h(t)$ adalah kelajuan suatu individu akan mengalami kejadian pada interval waktu t hingga $t + \Delta t$ dengan syarat yaitu individu tersebut masih dapat bertahan hidup hingga waktu t , maka fungsi *hazard* dinyatakan sebagai berikut (Lawless & Cook, 2007):

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \right] \quad (6)$$

Maka ketiga fungsi tersebut memiliki hubungan sebagai berikut:

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (7)$$

Cox *Proportional Hazard* juga disebut regresi cox adalah model regresi untuk data *survival* yang paling umum digunakan. Cox pertama kali menemukan metode ini pada tahun 1972. Persamaan regresi cox termasuk persamaan distribusi semiparametrik sehingga penerapannya tidak diperlukan distribusi khusus yang mendasari waktu *survival* sehingga dalam melakukan estimasi parameter regresi cox tidak perlu menentukan fungsi *hazard baseline* (Guo, 2010). Menurut (Kleinbaum & Klein, 2012), persamaan regresi cox *proportional hazard* ditulis seperti berikut:

$$h(t) = h_0(t)\exp(x_1\beta_1 + x_2\beta_2 + \dots + x_p\beta_p) \quad (8)$$

Cox *proportional hazard* memiliki asumsi yang disebut dengan asumsi *proportional hazard*. Asumsi *proportional hazard* yaitu apabila *hazard ratio* antar dua *predictor variable* memiliki nilai yang konstan terhadap waktu. Menurut Maruddani et al., (2021) fungsi *hazard* dasar pada model Regresi Cox *Proportional Hazard* tidak diketahui bagaimana bentuk fungsionalnya. Uji asumsi *proportional hazard* dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu yang pertama dengan melihat grafik *hazard ratio* dengan sumbu x-nya waktu *survival* dan sumbu y nya $\log[-\log S(t, X)]$ atau \log *hazard cumulative*. Apabila grafiknya menyilang atau saling bertemu di satu titik, maka asumsi *proportional hazard* tidak terpenuhi, sedangkan yang kedua yaitu menggunakan *Schoenfeld residuals*, dengan hipotesis nol nya terdapat korelasi antara *Schoenfeld residuals* dan *rank* waktu ketahanan sama dengan nol.

Dalam analisis regresi cox *proportional hazard* terdapat uji parameter untuk mengetahui pengaruh variabel independen secara signifikan terhadap variabel dependen. Pengujian parameter tersebut dilakukan secara serentak (*overall*) dan parsial.

1) Uji Parameter Serentak (*Overall*)

Uji parameter serentak digunakan untuk mengetahui apakah semua parameter β_j sama dengan nol yang artinya semua β_j tidak memiliki pengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen. Pengujian secara serentak dapat dilakukan dengan *likelihood ratio* dengan statistik ujinya mengikuti distribusi *Chi-Square* dengan derajat bebas p (banyaknya variabel independen) yang dinotasikan dengan G. Rumus G yaitu sebagai berikut:

$$G = -2[\ln L_R - \ln L_f] \quad (9)$$

Secara keseluruhan, rangkaian pengujian hipotesis uji parameter secara serentak yaitu:

- i. Hipotesis
 $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$
 H_1 : minimal ada satu $\beta_j \neq 0$, dengan $j = 1, 2, \dots, k$
- ii. Tingkat signifikansi α
- iii. Statistik uji
 $G = -2[\ln L_R - \ln L_f]$
 Dengan L_R yaitu log *partial likelihood* tanpa variabel bebas, sedangkan L_f yaitu log *partial likelihood* dari model yang terdiri dari p variabel bebas.
- iv. Daerah penolakan
 H_0 ditolak apabila nilai $G \geq \chi^2_{(\alpha; db-p)}$ atau nilai $p\text{-value} \leq \alpha$
 Dengan p merupakan banyaknya variabel bebas
- v. Kesimpulan
 Apabila menolak H_0 , maka dapat disimpulkan bahwa satu atau lebih variabel bebas memberikan pengaruh yang signifikan terhadap waktu *survival* (variabel dependen).

2) Uji Parameter Parsial

Pengujian secara parsial dapat dilakukan dengan menggunakan statistik uji Z dengan hipotesis dan daerah kritis uji yaitu sebagai berikut:

- i. Hipotesis
 $H_0: \beta_j = 0$
 $H_1: \beta_j \neq 0$
- ii. Tingkat signifikansi α
- iii. Statistik Uji: $Z = \frac{\hat{\beta}_p}{SE(\hat{\beta}_p)}$
- iv. Daerah penolakan
 H_0 apabila nilai $|Z_{hit}| \geq Z_{\alpha/2}$ atau nilai $p\text{-value} \leq \alpha$
- v. Kesimpulan
Apabila H_0 ditolak, maka dapat disimpulkan bahwa kovariat yang diuji berpengaruh secara riil terhadap waktu *survival* (variabel dependen).

Kejadian berulang merupakan suatu peristiwa dimana suatu *event* yang ditentukan peneliti memiliki *event* lebih dari satu kali dalam kurun waktu yang ditentukan (Kleinbaum and Klein, 2012). Kejadian berulang pada analisis survival terdiri dari dua macam menurut David & Mitchel (2012), yaitu kejadian berulang identik dan kejadian rekuren tak identik. Kejadian rekuren dikategorikan identik apabila urutan kejadian rekuren tidak menimbulkan efek perbedaan tertentu. Kejadian berulang identik analisis yang digunakan yaitu menggunakan model *counting process* yang dikembangkan oleh Anderson Gill (Andersen *et al.*, 2012). Peristiwa rekuren diklasifikasikan sebagai tidak identik jika ada urutan peristiwa rekuren atau kategori perbedaan lain yang membuat perbedaan tertentu dalam peristiwa rekuren.

Counting Process Approach adalah metode yang digunakan dalam menganalisis data kejadian berulang yang identik. Asumsi yang perlu dipenuhi dalam penggunaan *counting process approach* yaitu asumsi *proportional hazard*. Apabila asumsi *proportional hazard* tidak terpenuhi maka perhitungan untuk data kejadian berulang harus menggunakan *extended cox*. Berikut persamaan yang digunakan dalam *counting process approach* yaitu:

$$h(t) = h_o(t) \exp \left(\sum_{j=1}^p \beta_j x_j \right) \quad (10)$$

3. METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah rekam medis pasien asma bronkial dari Rumah Sakit Nasional Diponegoro (RSND) Semarang. Data pasien asma bronkial yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Waktu/*Time* ketika kejadian berulang terjadi yang terdiri atas *start time*/waktu mulai dan *stop time*/waktu berakhir.
2. Status atau *event* (menandakan terjadinya kejadian berulang)
3. Usia
4. Jenis Kasus
5. Jenis Kelamin

Data yang digunakan sudah didapatkan persetujuan dari bagian KEPK Rumah Sakit Nasional Diponegoro (RSND).

Penelitian ini menggunakan metode analisis survival dengan bantuan perangkat lunak *R* dan *Microsoft Excel*. Perangkat lunak *R* digunakan dalam proses analisis *survival* dengan metode *counting proces approach*, sedangkan perangkat lunak *Microsoft Excel* digunakan

untuk mengumpulkan data dan melakukan *censoring data*. Metode analisis yang digunakan agar tujuan penelitian dalam penelittian dapat tecapai yaitu sebagai berikut:

1. Menerapkan model *counting process approach* untuk data kejadian berulang pasien penderita asma bronkial. Langkah -langkah yang dijalankan yaitu sebagai berikut:
2. Melakukan input data pada program R
3. Menentukan estimasi parameter dari model *counting process approach*
4. Melakukan pengujian hipotesis untuk parameter *counting process approach*
5. Menyusun persamaan regresi *cox proportional hazard* dengan pendekatan *counting process*
6. Melakukan uji asumsi *cox proportional hazard*
7. Melakukan interpretasi terhadap analisis model *counting process approach* yang telah dilakukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik pasien asma terdiri dari faktor risiko asma dan jenis kasus yang dimiliki oleh masing-masing pasien disajikan sebagai berikut.

Tabel 1 Crosstabulation Jenis Kelamin dan Jenis Kasus Pasien Asma

		Kasus		Total	
		BARU	LAMA		
Jenis Kelamin	LAKI-LAKI	n 19	17	36	
	%	28.36%	25.37%	53.73%	
PEREMPUAN	n	25	6	31	
	%	37.31%	8.96%	46.27%	
Total		n 44	23	67	
		%	65.67%	34.33%	100%

Sumber: Data diolah dengan *software R*

Tabel 2 Crosstabulation Jenis Kelamin dan Usia Pasien Asma

			Usia			Total
			ANAK	REMAJA	DEWASA	
Jenis Kelamin	LAKI-LAKI	n	13	8	15	76
		%	19.40%	11.94%	22.39%	53.73%
PEREMPUAN	n	22	6	3	31	
	%	32.84%	8.96%	4.48%	46.27%	
Total		N	35	14	18	67
		%	52.24%	20.90%	26.87%	100%

Sumber: Data diolah dengan *software R*

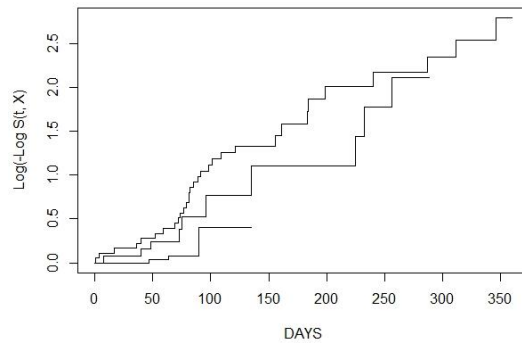
Tabel 3 Crosstabulation Jenis Kasus dan Usia Pasien Asma

		Usia			Total	
		ANAK	REMAJA	DEWASA		
Kasus	BARU	20	32	9	44	
		21.28%	47.76%	13.43%	65.67%	
LAMA	11	3	5	15	23	
	11.70%	4.48%	7.46%	22.39%	34.33%	
Total		N	35	14	18	67
		%	52.24%	20.90%	26.87%	100%

Sumber: Data diolah dengan *software R*

Dilakukan uji asumsi *proportional hazard* pada persamaan tersebut untuk menguji apakah persamaan tersebut berjalan konstan terhadap waktu. Uji asumsi *proportional hazard* dapat dilakukan dengan dua metode yaitu secara visual serta numerik.

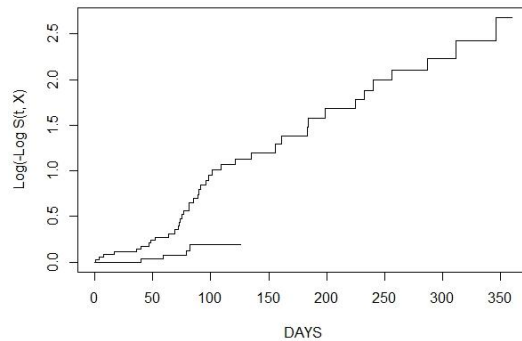
1. Uji Secara Visual dengan Pendekatan Grafik $\ln[-\ln S(t)]$
 - a) Variabel Usia



Gambar 1 Kurva *Hazard* menurut usia

Berdasarkan Gambar 1, bahwa kurva grafik tidak berpotongan satu sama lain. Maka dapat dikatakan uji asumsi *proportional hazard* untuk variabel jenis kasus terpenuhi.

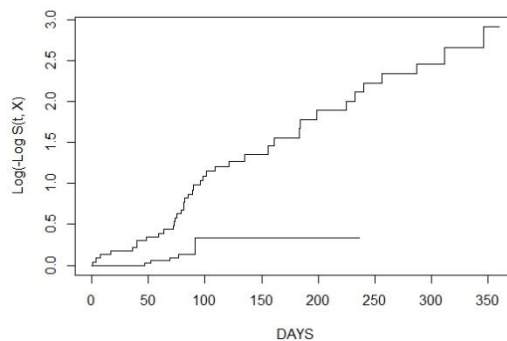
b) Variabel Jenis Kelamin



Gambar 2 Kurva *Hazard* menurut jenis kelamin

Berdasarkan Gambar 2, bahwa kurva grafik tidak berpotongan satu sama lain. Maka dapat dikatakan uji asumsi *proportional hazard* memenuhi untuk variabel jenis kelamin terpenuhi.

c) Variabel Jenis Kasus



Gambar 3 Kurva *Hazard* menurut jenis kasus

Dapat dilihat pada Gambar 8, bahwa kurva grafik tidak berpotongan satu sama lain. Maka uji asumsi *proportional hazard* untuk variabel jenis kasus terpenuhi.

2. Uji Secara Formal dengan *Goodness of Fit*

Uji secara formal dapat dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut:

Tabel 4 Pengujian asumsi *proportional hazard*

Variabel	ρ	Chisq	Df	P_{value}	Keputusan
$X_1(usia)$	-0.0397487	0.398176	2	0.819478	Gagal tolak H_0 karena P_{value} (0.91) $> \alpha$ (0.05)
$X_2(jk)$	-0.024150339	0.013141	1	0.908734	Gagal tolak H_0 karena P_{value} (0.91) $> \alpha$ (0.05)
$X_3(kasus)$	0.002193961	0.011213	1	0.915669	Gagal tolak H_0 karena P_{value} (0.92) $> \alpha$ (0.05)
Global	0.008130724	0.404772	4	0.982084	

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa variabel independen meliputi usia, jenis kelamin, dan jenis kasus yang diduga berpengaruh terhadap variabel dependen yaitu lama waktu eksaserbasi pasien memenuhi asumsi Proportional Hazard.

Dengan menggunakan metode *counting process* persamaan regresi *cox proportional hazard* awal dapat ditulis sebagai berikut:

$$h(t, x) = (h_0(t)exp + 0.9899X_{1(dewasa)} + 0.9517X_{1(remaja)} - 0.9355X_{2(perempuan)} + 1.0659X_{3(lama)}) \quad (11)$$

1. Uji Parameter Secara Serentak

Pengujian serentak menggunakan *likelihood ratio* yang statistik uji nya mengikuti distribusi *Chi-Square* dengan derajat bebas p (banyaknya variabel independen) yang dinotasikan dengan $G = -2[\ln L_R - \ln L_f]$, yang memiliki rangkaian uji sebagai berikut:

i. Hipotesis

$H_0: \beta_j = 0$ untuk semua j (semua variabel independen tidak berpengaruh terhadap variabel dependen yaitu lama waktu pasien mengalami eksaserbasi)

$H_1: \beta_j \neq 0$ (semua variabel independen tidak berpengaruh terhadap variabel dependen yaitu lama waktu pasien mengalami eksaserbasi)

ii. Tingkat Signifikansi

$\alpha = 5\%$

iii. Statistik Uji

Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai P_{value} dan G sebagai berikut:

$$P_{value} = 9.059 \times 10^{-5}$$

$$G = 23.73$$

iv. Daerah Kritis

H_0 ditolak jika nilai $P_{value} \leq \alpha$ atau $G \geq \chi_{0.05;2}^2$

v. Keputusan

Karena $P_{value} (9.059 \times 10^{-5}) < \alpha (0.05)$ atau $G (23.73) > \chi_{0.05;2}^2 (5.991)$ maka dapat diputuskan bahwa H_0 ditolak

vi. Kesimpulan

Berdasarkan hasil keputusan dengan tingkat signifikansi 5% yaitu H_0 ditolak maka dapat disimpulkan bahwa paling sedikit satu variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen yaitu lama waktu pasien mengalami eksaserbasi asma

2. Uji Parameter Secara Parsial

Apabila uji parameter secara serentak (*overall*) sudah memenuhi maka dapat dilakukan uji tahap selanjutnya yaitu uji parameter secara parsial untuk mengetahui apakah variabel independen tersebut benar memberikan pengaruh secara signifikan terhadap

variabel dependen. pengujian parsial menggunakan uji *wald* yang statistik ujinya mengikuti distribusi *Chi-Square*, dengan rangkaian uji sebagai berikut:

- i. Hipotesis
 - $H_0: \beta_i = 0$ (variabel usia tidak berpengaruh terhadap lama waktu pasien mengalami eksaserbasi)
 - $H_1: \beta_i \neq 0$ (variabel usia berpengaruh terhadap lama waktu pasien mengalami eksaserbasi)
- ii. Tingkat Signifikansi
 - $\alpha = 5\%$
- iii. Statistik Uji
 - Statistik Uji: $Z = \frac{\hat{\beta}_p}{Se(\hat{\beta}_p)}$

Tabel 5 Pengujian Signifikansi Parameter

Variabel	Z	Nilai Kritis	p-value	Keputusan
Usia(Dewasa)	2.002	1.96	0.04524	Tolak H_0
Usia(Remaja)	1.983	1.96	0.04734	Tolak H_0
JK(Perempuan)	-2.922	1.96	0.00348	Tolak H_0
Kasus(Lama)	2.464	1.96	0.01374	Tolak H_0

iv. Daerah Kritis

H_0 ditolak jika nilai $P_{value} \leq \alpha$ atau $|Z_{hit}| > Z_{\alpha/2}$

Berdasarkan **Tabel 4** variabel yang signifikan yaitu usia, jenis kelamin, dan kasus. Sehingga model akhir yang terbentuk untuk metode pendekatan *Counting Process* adalah

$$h(t, x) = h_0(t) \exp(0.9899X_{1(dewasa)} + 0.9517X_{1(remaja)} - 0.9355X_{2(perempuan)} + 1.0659X_{3(lama)}) \quad (12)$$

Setelah dilakukan analisis *survival* yaitu Regresi Cox *Proportional Hazard* dengan menggunakan metode pendekatan *Counting Process* maka didapatkan persamaan terbaik sebagai berikut:

$$h(t, x) = (h_0(t) \exp + 0.9899X_{1(dewasa)} + 0.9517X_{1(remaja)} - 0.9355X_{2(perempuan)} + 1.0659X_{3(lama)}) \quad (13)$$

- a. Jika variabel kategori usia anak sebagai pembandingnya, maka dapat diketahui nilai *hazard ratio* variabel ini

$$HR = \exp \beta_1 X$$

$$HR = \exp(0.9899) = 2.691$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa resiko kekambuhan untuk pasien penderita asma yang memiliki kategori usia dewasa adalah 2.691 kali lebih besar dibandingkan pasien penderita asma yang memiliki kategori usia anak.

- b. Jika variabel kategori usia remaja sebagai pembandingnya, maka dapat diketahui nilai *hazard ratio* variabel ini

$$HR = \exp \beta_2 X$$

$$HR = \exp(0.9517) = 2.5773$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa resiko kekambuhan untuk pasien remaja terhadap kategori usia anak adalah 2.5773 kali lebih besar dibandingkan pasien penderita asma yang memiliki kategori usia remaja.

- c. Jika variabel jenis kelamin laki-laki sebagai pembandingnya, maka dapat diketahui nilai *hazard ratio* variabel ini

$$HR = \exp \beta_3 X$$

$$HR = \exp(-0.9355) = 0.3924$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa resiko kekambuhan untuk pasien penderita asma yang memiliki jenis kelamin perempuan 0.3924 kali lebih kecil dibandingkan pasien penderita asma yang memiliki jenis kelamin laki-laki.

- d. Jika variabel jenis kasus baru sebagai pembandingnya, maka dapat diketahui nilai *hazard ratio* variabel ini

$$HR = \exp \beta_4 X$$

$$HR = \exp(1.0659) = 2.9034$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa resiko kekambuhan untuk pasien penderita asma yang memiliki jenis kasus lama 2.9034 kali lebih besar dibandingkan dibandingkan pasien penderita asma yang memiliki jenis kasus baru.

5. KESIMPULAN

Persamaan Regresi *Cox Proportional Hazard* terbaik yang diperoleh menggunakan metode pendekatan *Counting Process* dalam kasus lama waktu eksaserbasi pasien asma adalah

$$h(t, x) = h_0(t) \exp(0.9899X_{1(dewasa)} + 0.9517X_{1(remaja)} - 0.9355X_{2(perempuan)} + 1.0659X_{3(lama)})$$

dengan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap lama waktu pasien mengalami eksaserbasi adalah kategori usia, jenis kelamin, dan jenis kasus.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen, P. K. *et al.* (2012) *Statistical models based on counting processes*. Springer Science & Business Media.
- Collett, D. (1994) *Modelling survival data, Modelling Survival Data in Medical Research*. doi: 10.1007/978-1-4899-3115-3_3.
- Cook, R. J. and Lawless, J. F. (2007) *The statistical analysis of recurrent events*. Springer.
- Kleinbaum, D. G. and Klein, M. (2012) *Survival Analysis: A Self-Learning Text*. Spinger.
- Maruddani, D. A. I. *et al.* (2021) *Survival Analysis*. Semarang: UNDIP Press.