

## ANALISIS SURVIVAL DENGAN MODEL REGRESI COX PROPORTIONAL HAZARD TERHADAP KESEMBUHAN TUBERKULOSIS DI RS PKU MUHAMMADIYAH GAMPING

Evy Kristin Angkat<sup>1</sup>, Noeryanti<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Statistika, FST, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta  
E-mail:evykristinangkat18@gmail.com

**Abstract.** *Survival analysis or survival analysis is one of the branches of statistics studying survival data analysis techniques. The goal is to estimate the probability of survival, recurrence, death, and other events up to a certain period of time. Tuberculosis is a disease that if not get the right treatment can be an extraordinary event, because it can cause death. To reduce the death rate from tuberculosis, this study will model the survival time with case study in tuberculosis patients treated at PKU Muhammadiyah Gamping Hospital in 2012 until 2016. The method used is Survival Analysis with cox regression model. The results of this research is to find out what factors affect the rate of recovery of tuberculosis patients. Based on Cox PH analysis, it is found that the variables that influence the duration of tuberculosis healing in RS PKU Muhammadiyah Gamping are age variable and diagnostic variable.*

**Keywords:** *survival analysis, tuberculosis, kaplan-meier, Cox PH*

**Abstrak.** Analisis survival atau analisis kelangsungan hidup merupakan cabang statistika yang mempelajari teknik analisis data survival. Tujuannya untuk menaksir probabilitas kelangsungan hidup, kekambuhan, kematian, dan peristiwa-peristiwa lainnya sampai pada periode waktu tertentu. Tuberkulosis merupakan suatu penyakit yang jika tidak mendapatkan penanganan yang tepat akan bisa menjadi sebuah kejadian luar biasa, karena dapat menyebabkan kematian. Untuk mengurangi angka kematian akibat tuberkulosis, maka penelitian ini akan memodelkan waktu survival dengan studi kasus pada pasien tuberkulosis yang dirawat di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Gamping tahun 2012 sampai tahun 2016. Metode yang digunakan adalah Analisis *Survival* dengan model regresi cox. Adapun hasil yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah mengetahui faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap laju kesembuhan penderita tuberkulosis. Berdasarkan analisis Cox PH diperoleh bahwa variabel yang berpengaruh terhadap lama penyembuhan penyakit tuberkulosis di RS PKU Muhammadiyah Gamping adalah variabel umur dan variabel diagnosa.

**Kata kunci:** analisis survival, tuberkulosis, kaplan-meier, Cox PH

### 1. Pendahuluan

Analisis *survival* atau analisis kelangsungan hidup merupakan salah satu cabang statistika yang mempelajari teknik analisis data survival. Tujuannya untuk menaksir probabilitas kelangsungan hidup, kekambuhan, kematian, dan peristiwa-peristiwa lainnya sampai pada periode waktu tertentu. Data survival adalah data waktu bertahan sampai munculnya kejadian tertentu. Misalnya waktu terjadinya infeksi terhadap penyakit tertentu, waktu yang dibutuhkan seorang pasien untuk memberikan respon setelah dilakukan terapi, waktu bertahan hidup bagi penderita leukemia, dan sebagainya.

Secara inferensial analisis data survival dapat menggunakan regresi. Salah satunya yaitu Regresi Cox yang merupakan model nonparametrik. Regresi Cox yang biasa juga dikenal dengan nama Hazard Propotional Cox (Cox PH) karena asumsi proporsional pada fungsi hazardnya. Secara umum, model regresi Cox dihadapkan pada situasi dimana kemungkinan kegagalan individu pada suatu waktu yang dipengaruhi oleh satu atau lebih variabel penjelas [2].

Tuberkulosis (Tuberculosis) disingkat TBC atau Tb (singkatan dari "Tubercle bacillus") merupakan penyakit menular yang umum, dan dalam banyak kasus bersifat mematikan. Penyakit ini disebabkan oleh berbagai strain mikobakteria, umumnya *Mycobacterium tuberculosis* (disingkat "MTb" atau "MTbc"). Tuberkulosis biasanya menyerang paru-paru, namun juga bisa berdampak pada bagian tubuh lainnya. Penelitian ini menggunakan analisis

regresi Cox PH atau hazard propotional Cox untuk mengetahui faktor-faktor (lamanya hari rawat, proses masuk, status menikah, usia, pendidikan, jenis kelamin, indikasi rawat, diagnosis pasien) yang mempengaruhi kecepatan kesembuhan penderita tuberkulosis di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Gamping.

## 2. Metodologi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Gamping, Yogyakarta. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Gamping tahun 2012-2016. Data tersebut adalah data lama rawat inap pasien tuberkulosis. Variabel – variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

### a. Variabel Dependen

Kecepatan kesembuhan penderita Tuberkulosis adalah probabilitas kecepatan pasien selama masa pengamatan, sejak didiagnosa menderita Tuberkulosis sampai pengamatan berakhir. Pada akhir penelitian dilihat status pasien apakah terjadi *event* atau tidak. Status pasien dikategorikan menjadi: 0 = Sensor, 1 = *Event*

### b. Variabel Independen

Umur ( $X_1$ ) dikategorikan menjadi: 1= 5 – 14 Tahun ( $X_{11}$ ), 2 = 15 – 24 Tahun ( $X_{12}$ ), 3 = 25 – 44 Tahun ( $X_{13}$ ), 4 = 45 – 64 Tahun ( $X_{14}$ ), 5 = 65+ Tahun ( $X_{15}$ ). Jenis Kelamin dikategorikan menjadi: 0 = Perempuan ( $X_{21}$ ), 1= Laki-laki ( $X_{22}$ )

Diagnosa dikategorikan menjadi: 1 = Tuberculosis of lung ( $X_{31}$ ), 2 = Tuberculous pleurisy ( $X_{32}$ ), 3 = Respiratory tuberculosis unspecified ( $X_{33}$ ). Langkah - langkah yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sebagai berikut: Mengambil data pasien penderita Tuberkulosis yang di peroleh dari Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Gamping Menghitung Nilai Kaplan Meiner. Pemodelan Cox PH (estimasi parameter regresi, pengujian model secara serentak, uji parsial, uji asumsi model Cox PH). Mengambil kesimpulan

### Analisis Survival

Analisis *survival* adalah salah satu metode statistik yang dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan apakah dan kapan suatu kejadian (*event*) menarik terjadi [5]. Analisis *survival* adalah suatu metode yang berhubungan dengan waktu, mulai dari *time origin* atau *start point* sampai dengan terjadinya suatu kejadian khusus atau *end point*. Data yang diperoleh di bidang kesehatan merupakan pengamatan terhadap pasien yang diamati dan dicatat waktu terjadinya kegagalan dari setiap individu [2]. Analisis *survival* atau analisis kelangsungan hidup atau analisis kesintasan bertujuan menaksir probabilitas kelangsungan hidup, kekambuhan, kematian, dan peristiwa-peristiwa lainnya sampai pada periode waktu tertentu. Dalam menentukan waktu survival, terdapat tiga faktor yang harus diperhatikan, yaitu:

- Waktu awal adalah waktu dimulainya suatu pengamatan.
- Waktu akhir adalah waktu berakhir suatu pengamatan.waktuini menjadi kejadian inti dari pengamatan.
- Interval waktu adalah interval dari dimulainya pengamatan sampai berakhirnya suatu pengamatan atau terjadinya suatu kejadian tertentu.

Misalkan  $T$  adalah variabel random kontinu nonnegative yang menunjukkan waktu hidup dari suatu individu. Fungsi tahan hidup  $S(t)$  didefenisikan sebagai probabilitas bertahan hidup di atas waktu  $t$  yang dinyatakan dengan (1).

$$S(t) = P[T > t] = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt, \quad (1)$$

Fungsi *hazard* dinyatakan sebagai:

$$h(t) = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (2)$$

Model Cox dapat dituliskan sebagai berikut.

$$h(t, x) = h_0(t).exp(\beta_1x_1+ \beta_2x_2+ \dots + \beta_px_p) \tag{3}$$

dengan memisalkan,

$h_0(t)$  = fungsi dasar *hazard*

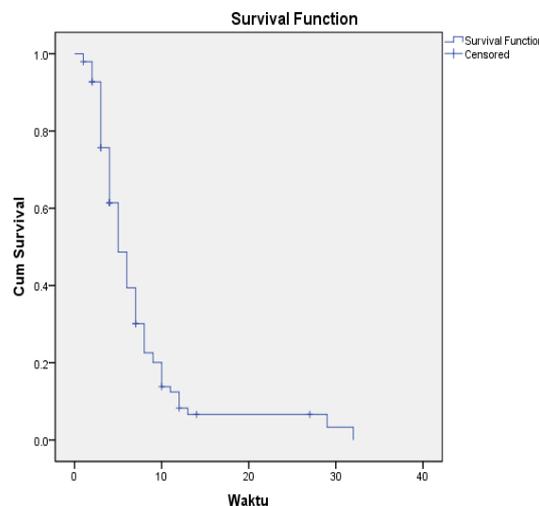
$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  = parameter regresi

$x_1, x_2, \dots, x_p$  = nilai dari variabel bebas  $x_1, x_2, \dots, x_p$

### 3. Pembahasan

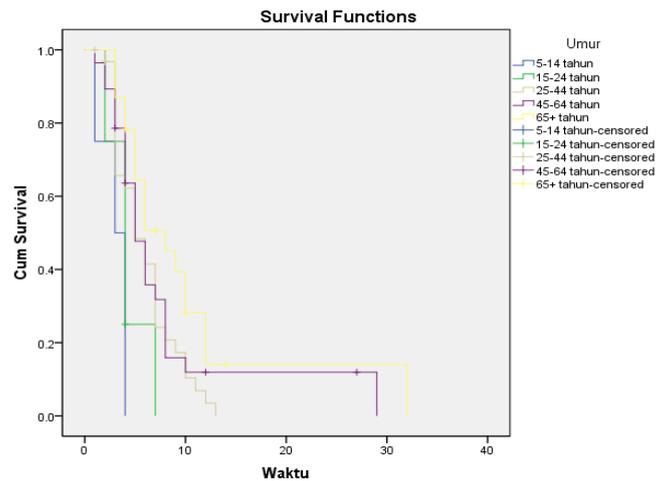
#### 3.1 Kaplan Meiner

Analisis Kaplan Meier digunakan untuk mengestimasi fungsi survival dan mengetahui karakteristik kurva survival yaitu kurva yang menunjukkan hubungan antara estimasi fungsi survival sebagai sumbu vertikal dan waktu survival sebagai sumbu horizontal dari pasien penderita tuberkulosis. Berikut akan dijelaskan karakteristik dan perbedaan kurva survival kanker serviks berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya.



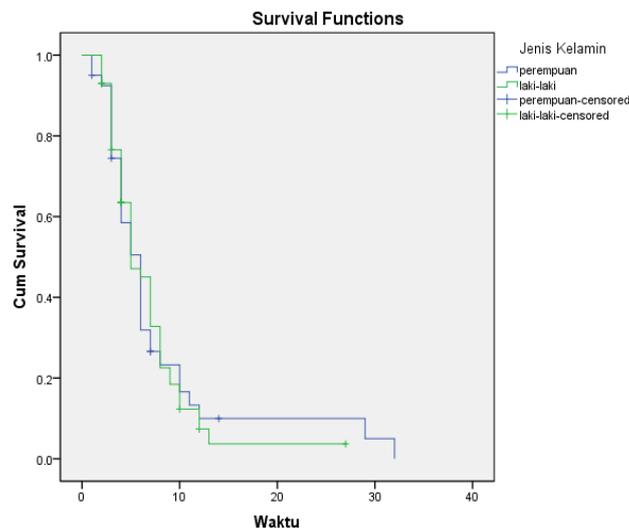
Gambar 1. Kurva Survival Lama Rawat Inap

Dari gambar diatas dapat disimpulkan bahwa semakin lama pasien menginap di Rumah Sakit PKU Muhammadiyah Gamping maka peluang pasien sembuh semakin kecil. Misalkan pada saat  $t=32$  mempunyai  $\hat{S}(t) = 0$  yang menunjukkan bahwa peluang pasien untuk sembuh setelah dirawat lebih dari 32 hari sebesar 0%. Sedangkan untuk  $t=1$  mempunyai  $\hat{S}(t) = 0,979$  yang menunjukkan bahwa peluang pasien untuk sembuh setelah dirawat lebih dari 1 hari sebesar 97,9%.



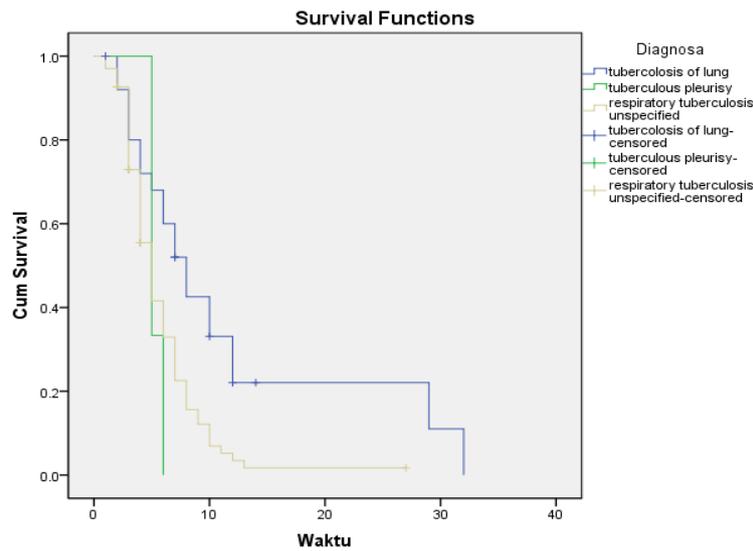
Gambar 2. Kurva Survival Umur

Dengan melihat Kurva Survival variabel Umur dapat dibandingkan bahwa untuk  $t > 1$ , pasien dengan umur 5 – 14 tahun memiliki peluang sebesar 75%, 15 – 24 tahun memiliki peluang sebesar 85%, 25 – 44 tahun memiliki peluang sebesar 96,8%, 45 – 64 tahun memiliki peluang sebesar 96,4%, 65+ tahun memiliki peluang sebesar 100%. Ini berarti semakin tua umur pasien maka semakin lama proses penyembuhannya atau masa rawat inapnya.



Gambar 3. Kurva Survival Jenis Kelamin

Dengan melihat Kurva Survival variabel Jenis Kelamin dapat dibandingkan bahwa untuk  $t > 4$ , pasien dengan jenis kelamin perempuan memiliki peluang sebesar 92,4%, pasien dengan jenis kelamin laki-laki memiliki peluang sebesar 93%. Ini berarti bahwa pasien dengan jenis kelamin laki-laki lebih lama menjalani masa rawat inap dibanding dengan pasien perempuan. Atau dengan kata lain pasien perempuan lebih cepat sembuh di banding dengan pasien laki-laki.



Gambar 4. Kurva Survival Diagnosa

Dengan melihat Kurva Survival variabel Diagnosa dapat dibandingkan bahwa untuk  $t > 2$ , pasien dengan diagnosa Tuberculos Pleurisy memiliki peluang 33,3%, pasien dengan diagnosa Tuberculosis of lung memiliki peluang 80%, dan pasien dengan diagnosa Respiratory tuberculosis unspecified memiliki peluang 72,9%. Dengan demikian dapat di simpulkan bahwa pasien dengan diagnosa Tuberculosis of lung lebih lama menjalani rawat inap dibanding dengan pasien dengan diagnosa tuberculous pleurisy dan respiratory tuberculosis unspecified.

### 3.2 Regresi Cox Proportional Hazard

Model Cox PH merupakan model berdistribusi semiparametrik karena dalam model Cox PH tidak memerlukan informasi tentang distribusi yang mendasari waktu *survival* dan untuk mengestimasi parameter regresi dari model Cox PH tanpa harus menentukan fungsi *hazard* dasar. Melalui model Cox PH dapat dilihat hubungan antara variabel bebas (variabel independen) terhadap variabel terikat (variabel dependen) yaitu waktu *survival* melalui fungsi *hazardnya*. Dengan bantuan *software* R diperoleh estimasi parameter setiap variabel pada data pasien penderita tuberkulosis sebagai berikut:

Tabel 1. Estimasi Paramater Model Cox PH

Variabel	$\hat{\beta}$	$se(\hat{\beta})$	Hazard ratio ( $(e^{\hat{\beta}})$ )
$X_{12}$	-0,6264	0,6335	0,5345
$X_{13}$	-1,2972	0,5666	0,2733
$X_{14}$	-1,2877	0,5760	0,2759
$X_{15}$	-1,7421	0,5940	0,1751
$X_{22}$	-0,2506	0,2472	0,7783
$X_{32}$	0,8737	0,6672	2,3957
$X_{33}$	0,7324	0,3090	2,0800

Diamsusikan semua variabel berpengaruh terhadap model, maka semua variabel dimasukkan dalam persamaan umum model Cox PH, sehingga diperoleh estimasi model Cox PH sebagai berikut:

$$h(t,x) = h_0(t) \exp (-0.6264X_{12} - 1.2972 X_{13} - 1.2877 X_{14} - 1.7421 X_{15} - 0.2506 X_2 + 0.8737 X_{32} + 0.7324 X_{33})$$

Nilai estimasi  $\hat{\beta}$  yang positif menunjukkan bertambahnya resiko lama rawat inap pasien dan berkurangnya peluang untuk sembuh. Sebaliknya nilai estimasi yang negatif menunjukkan berkurangnya resiko lama rawat inap dan bertambahnya peluang untuk sembuh.

### 3.3 Uji Signifikan Parameter Secara Serentak

Guna mengetahui apakah model diatas sudah tepat, maka dilakukan uji signifikan secara serentak sebagai berikut:

1. Hipotesis

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j = 0$  (semua koefisien regresi tidak signifikan berpengaruh terhadap model)

$H_1: \beta_j \neq 0$  (minimal terdapat satu  $\beta_j$  tidak signifikan berpengaruh terhadap model)

2. Taraf signifikansi  $\alpha = 0.05$

3. Statistik Uji  $G = -2 \log L_0 - (-2 \log \beta_j)$

4. Daerah penolakan  $H_0$  ditolak jika  $G \geq X^2_{(0,05;7)}$

5. Perhitungan

Dari hasil output software R diperoleh nilai likelihood ratio test adalah 21,08

$$G = -2 \log L_0 - (-2 \log \beta_j)$$

$$G = 21,08$$

Karena  $G = 21,08 > X^2_{(0,05;7)} = 14,067$  sehingga  $H_0$  ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_1, X_2, X_3$  atau umur, jenis kelamin dan diagnosa pasien berpengaruh dalam model.

### 3.4 Uji Signifikan Parameter Secara Parsial

Uji Wald dapat dipergunakan untuk mengetahui variabel bebas yang signifikan mempengaruhi model. Langkah analisis Uji Wald untuk kategori umur  $X_{12}$  adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis:

$H_0: \beta_j = 0$  (variabel prediktor ke-j tidak berpengaruh signifikan terhadap model)

$H_1: \beta_j \neq 0$  (variabel prediktor ke-j berpengaruh signifikan terhadap model)

2. Taraf signifikansi :  $\alpha = 0,05$

3. Statistik uji:

$$Wp = \left[ \frac{\beta_j}{se(\beta_j)} \right]^2$$

4. Kriteria keputusan

$H_0$  ditolak jika  $Wp \geq X^2_{(0,05;1)}$  atau p-value  $\leq \alpha$ , dengan  $p$  adalah banyaknya variabel bebas

5. Perhitungan

$$Wp = \left[ \frac{-0,6264}{0,6335} \right]^2$$

$$= 0,977$$

Karena  $Wp = 0,977 < X^2_{(0,05;1)} = 3,841$  sehingga  $H_0$  tidak ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_{12}$  tidak berpengaruh dalam model.

Sedangkan untuk kategori lainnya akan di sajikan dalam Tabel 2

Tabel 2. Uji Wald

Kategori	$\beta$	se( $\beta$ )	Wald	$X^2_{5\%}$
$X_{13}$	-1,2972	0,5666	5,241	3,841
$X_{14}$	-1,2877	0,5760	4,997	3,841
$X_{15}$	-1,7421	0,5940	8,601	3,841
$X_{22}$	-0,2506	0,2472	1,027	3,841
$X_{32}$	0,8737	0,6672	1,714	3,841
$X_{33}$	0,7324	0,3090	5,617	3,841

Dengan menggunakan cara yang sama untuk variabel  $X_{13}$ ,  $X_{14}$ , dan  $X_{15}$  maka untuk  $X_{13}$  diperoleh kesimpulan  $5,241 > 3,841$  sehingga  $H_0$  ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_{13}$  berpengaruh dalam model. Dan untuk  $X_{14}$  diperoleh  $4,997 > 3,841$  sehingga  $H_0$  ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_{14}$  berpengaruh dalam model. Untuk  $X_{15}$  diperoleh  $8,601 > 3,841$  sehingga  $H_0$  ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_{15}$  berpengaruh dalam model. Maka dari keempat kategori dari variabel umur yang berpengaruh terhadap model adalah kategori  $X_{13}$ ,  $X_{14}$  dan kategori  $X_{15}$ . Berdasarkan variabel jenis kelamin diperoleh  $Wp = 1,027 < X^2_{(0,05;1)} = 3,841$  sehingga  $H_0$  tidak ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel jenis kelamin tidak berpengaruh dalam model. Berdasarkan variabel diagnosa tuberculosis pleurisy diperoleh  $Wp = 1,714 < X^2_{(0,05;1)} = 3,841$  sehingga  $H_0$  tidak ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel diagnosa dengan kategori  $X_{32}$  tidak berpengaruh dalam model. Berdasarkan diagnosa respiratory tuberculosis unspecified diperoleh  $Wp = 5,617 > X^2_{(0,05;1)} = 3,841$  sehingga  $H_0$  ditolak dan dapat disimpulkan bahwa variabel diagnose dengan kategori  $X_{33}$  berpengaruh dalam model.

**3.5 Uji Asumsi Model Cox Proportional Hazard**

Untuk mengecek asumsi proportional hazard ini dapat dilihat dari Uji *Goodness of fit*. Untuk mendapatkan hasil yang lebih objektif dibandingkan dengan metode pendekatan grafik, maka akan dilakukan pengecekan asumsi proportional hazard dengan pengujian *Goodness of fit*. Fasilitas '*cox.zph*' yang tersedia pada library '*survival*' dapat digunakan pengecekan asumsi proportional hazard dengan pengujian *Goodness of fit*. Diperoleh output sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil uji statistik proportional hazard

Variabel	rho	Chisq	p
$X_{12}$	-0,00449	0,001656	0,9675
$X_{13}$	-0,04601	0,181808	0,6698
$X_{14}$	-0,04174	0,146960	0,7015
$X_{15}$	-0,00745	0,004698	0,9454
$X_2$	-0,00127	0,000148	0,9903
$X_{32}$	0,18199	2,970649	0,0848
$X_{33}$	0,12668	1,670501	0,1962

Berikut adalah hasil uji asumsi pada variabel umur:

1. Hipotesis:
  - $H_0$ : Variabel memenuhi asumsi Ph
  - $H_1$ : Variabel tidak memenuhi asumsi Ph
2. Taraf signifikansi :  $\alpha = 0,05$

3. Statistik uji :  $X^2$
4. Kriteria keputusan: Tolak  $H_0$  jika  $X^2 > X_{0,05}$
5. Kesimpulan

Dari tabel dapat dilihat bahwa nilai dari  $X^2 = 0,001656$  atau  $X^2 < X_{0,05} = 3,841$  oleh sebab itu gagal tolak  $H_0$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel umur kategori  $X_{12}$  tersebut memenuhi asumsi proportional hazard.

Dengan menggunakan cara yang sama untuk variabel umur kategori  $X_{13}$ ,  $X_{14}$ , dan  $X_{15}$  maka untuk  $X_{13}$  diperoleh kesimpulan  $0,181808 < 3,841$  sehingga gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_{13}$  memenuhi asumsi proportional hazard. Dan untuk  $X_{14}$  diperoleh  $0,146960 < 3,841$  sehingga gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_{14}$  memenuhi asumsi proportional hazard. Untuk  $X_{15}$  diperoleh  $0,004698 < 3,841$  sehingga gagal tolak  $H_0$  dan dapat disimpulkan bahwa variabel  $X_{15}$  memenuhi asumsi proportional hazard. Maka dari keempat kategori dari variabel umur dapat disimpulkan bahwa keseluruhan memenuhi asumsi proportional hazard. Dari tabel dapat dilihat bahwa nilai dari  $X^2 = 0,000148$  atau  $X^2 < X_{0,05} = 3,841$  oleh sebab itu gagal tolak  $H_0$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel jenis kelamin kategori  $X_{22}$  tersebut memenuhi asumsi proportional hazard. Dari tabel dapat dilihat bahwa nilai dari  $X^2 = 2,970649$  atau  $X^2 < X_{0,05} = 3,841$  oleh sebab itu gagal tolak  $H_0$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel diagnosa kategori  $X_{32}$  tersebut memenuhi asumsi proportional hazard. Dari tabel dapat dilihat bahwa nilai dari  $X^2 = 1,670601$  atau  $X^2 < X_{0,05} = 3,841$  oleh sebab itu gagal tolak  $H_0$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel umur kategori  $X_{12}$  tersebut memenuhi asumsi proportional hazard.

## 5. Kesimpulan

- a. Berdasarkan Kaplan-Meier maka diperoleh untuk variabel umur semakin tua umur pasien maka semakin lama proses penyembuhannya atau masa lama rawat inapnya. Untuk variabel laki-laki pasien dengan jenis kelamin laki-laki lebih lama menjalani masa rawat inap dibanding dengan pasien perempuan. Atau dengan kata lain pasien perempuan lebih cepat sembuh di banding dengan pasien laki-laki. Variabel diagnosa pasien dengan diagnosa tuberculosis of lung lebih lama menjalani rawat inap dibanding dengan pasien dengan diagnosa tuberculous pleurisy dan respiratory tuberculosis unspecified
- b. Maka diperoleh estimasi model Cox PH sebagai berikut:

$$h(t,x) = h_0(t) \exp (-0.6264X_{12} - 1.2972 X_{13} - 1.2877 X_{14} - 1.7421 X_{15} - 0.2506 X_2 + 0.8737 X_{32} + 0.7324 X_{33})$$

Nilai estimasi  $\hat{\beta}$  yang positif menunjukkan bertambahnya resiko lama rawat inap pasien dan berkurangnya peluang untuk sembuh. Sebaliknya nilai estimasi yang negatif menunjukkan berkurangnya resiko lama rawat inap dan bertambahnya peluang untuk sembuh. Berdasarkan uji signifikan secara parsial diperoleh bahwa variabel yang berpengaruh terhadap lama penyembuhan penyakit tuberculosis di RS PKU Muhammadiyah Gamping adalah variabel umur dan variabel diagnosa.

## Ucapan Terimakasih

Dalam penyusunan tulisan ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan kepada penulis. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih

kepada seluruh dosen dan pimpinan Jurusan Statistika Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

#### Daftar Pustaka

- [1] Aini Q, 2004, *Analisis Data Ketahanan Hidup Bayi Baru Lahir Tidak Normal Di Rumah Sakit Umum Pemerintah DR.Sadjito Daerah Istimewa Yogyakarta*, Skripsi ,Fakultas Sains Terapan Institut Sains dan Teknologi Akprind, Yogyakarta.
- [2] Collet D, 1994, *Modelling Survival Data in Medical Reseach*, Chapman and Hall, London.
- [3] Ernawatiningsih NPL, 2012, *Analisis Survival Dengan Model Regresi Cox(Study Kasus: Pasien Demam Berdarah Dengue di Rumah Sakit Haji Surabaya*, Jurnal Matematika, No.2, Vol.2, 1693-1394, Surabaya.
- [4] Gould & Brooker, 2003, *Mikrobiologi Terapan untuk Perawat*, EGC, Jakarta.
- [5] Guo S, 2009, *Survival Analysis*, Oxford University Press, New York.
- [6] Hermawati N, 2001, *Model Masa Rawat Penderita Tuberkulosis Di RSTP Cisama Bogor*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [7] Hudari M, 2016, *Analisis Daya Tahan Menunggu Kelahiran Anak Pertama Di Provinsi Lampung*, Skripsi, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [8] Iskanda BM, 2015, *Model Cox Proportional Hazard Pada Kejadian Bersama*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- [9] Johnson RCE & Johnson ML, 1980, *Survival Models and Data Analysis*, New York.
- [10] Kleinbaum DG, 1996, *Survival Analysis, A Self Learning Text*, Springer-Verlag, New York
- [11] Kleinbaum DG & Klein M, 2005, *Survival Analysis, A Self-Learning Text Second Edition*, Springer Science+Business Media, USA.
- [12] Lee ET & Wang JW, 2003, *Statistical Methods for Survival Data Analysis, Third Edition*, New Jersey
- [13] Yohannes RT, 2011, *Pengecekan Asumsi Proportional Hazard Pada Model Cox PH*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, Depok.
- [14] Wijaya SU, 2012, *Penentu Peubah-Peubah yang Mempengaruhi Persentase Penderita Tuberkulosis di Kota Bogor Dengan Pendekatan Regresi Spasial*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Bogor.