
KAJIAN REGRESI PROPORSIONAL *HAZARD* UNTUK MENENTUKAN FAKTOR PENYEBAB STROKE MENGUNAKAN METODE EFRON

Sudarno¹, Tiani Wahyu Utami²

¹Departemen Statistika FSM UNDIP, Semarang

²Program Studi Statistika, FMIPA, UNIMUS, Semarang

e-mail: dsghani@gmail.com

ABSTRACT

Cox proportional hazard regression is a regression model that is often used in survival analysis. Survival analysis is phrase used to describe analysis of data in the form of times from a well-defined time origin until occurrence of some particular be death. In analysis survival sometimes find ties, namely there are two or more individual that have together event. The objectives of this research are applied Cox proportional hazard regression on ties event by Efron method and determine factors that affect survival of stroke patients in Tugurejo Hospital Semarang. The response variable is length of stay at hospital, and the predictors are gender, age, type of stroke, history of hypertension, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, blood sugar levels, and body mass index. The factors cause stroke disease by significant are type of stroke, history of hypertension, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, and blood sugar level. By the survivorship function that the patients have been looked after at hospital greater than 20 days, they have probability of healthy be little even go to death. A person in order to be healthy must be healthy life, and prevent some factors cause disease. Healthy life can be reach by no smoking, sport and rest enough.

Keywords : *Stroke, Cox proportional hazard regression, Schoenfeld residual, Efron method.*

PENDAHULUAN

Analisis ketahanan hidup merupakan metode yang digunakan untuk menggambarkan analisis data dalam bentuk waktu yaitu dari waktu asal terdefinisi sampai peristiwa tertentu terjadi [4]. Menurut [12], waktu yang dimaksud adalah waktu dalam satuan hari, minggu, bulan atau tahun dari awal individu yang diamati sampai peristiwa yang diinginkan terjadi. Sedangkan peristiwa atau kejadian yang dimaksud adalah kematian, kejadian penyakit kambuh dari pengobatan, pemulihan atau pengalaman yang ditentukan oleh peneliti untuk kepentingan yang mungkin terjadi pada individu yang

diteliti. Pada analisis ketahanan hidup terdapat konsep penyensoran. Penyensoran terjadi apabila kejadian memiliki informasi tentang waktu hidup individu, tetapi tidak tahu secara pasti waktu matinya, sehingga data tersebut dikatakan tersensor [13].

Untuk menganalisis data ketahanan hidup dapat menggunakan metode regresi ketahanan hidup yang dipergunakan untuk mencari hubungan antara variabel independen (prediktor) dengan waktu tahan hidup (sakit) sebagai variabel dependen (respon). Model regresi yang dipakai adalah model regresi semiparametrik yaitu regresi Cox proporsional *hazard*. Hal ini dikarenakan pada model regresi Cox

proporsional *hazard* tidak memerlukan asumsi tentang distribusi waktu ketahanan hidup [13]. Dalam analisis ketahanan hidup sering dijumpai kejadian bersama yang disebut *ties*, yaitu keadaan ketika terdapat dua individu atau lebih yang mengalami kejadian pada waktu yang bersamaan. Kejadian bersama tersebut dapat menimbulkan permasalahan pada estimasi parameter yang berhubungan dengan penentuan anggota dari himpunan risiko. Karena hasil estimasi parameternya dapat menimbulkan bias, maka solusinya adalah menggunakan metode kesamaan bobot [19].

Beberapa penelitian tentang analisis regresi Cox proporsional *hazard* yang telah dilakukan sebelumnya antara lain yang dilakukan oleh [17] bahwa untuk menduga faktor-faktor yang mempengaruhi lamanya mencari kerja dipengaruhi oleh tempat tinggal, jenis kelamin dan status perkawinan. Pada [15] dijelaskan bahwa lama studi dipengaruhi oleh indeks prestasi semester 2, 3 dan 4 serta jalur masuk mandiri. Sedangkan pada [6] dihasilkan bahwa sitasan pasien diabetes melitus dipengaruhi oleh jenis kelamin, status kadar gula darah, dan penyakit penyerta. Pada [7] dihasilkan penelitian bahwa selang kelahiran anak pertama dipengaruhi oleh usia, pendidikan orang tua dan tingkat ekonomi. Selain itu pada [18] menyimpulkan bahwa faktor penyebab stroke adalah jenis stroke, riwayat hipertensi, tekanan darah sistolik dan diastolik serta kadar gula darah sewaktu.

Dalam penelitian ini digunakan regresi Cox proporsional *hazard* dengan pendekatan menggunakan metode Efron, untuk mencari pengaruh yang signifikan dari prediktor (kovariat) yang terdiri dari status pasien, jenis kelamin, usia, jenis stroke, riwayat hipertensi, tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, kadar

gula darah sewaktu, dan indeks massa tubuh terhadap variabel respon yaitu waktu ketahanan hidup (opnam di rumah sakit). Pada tulisan ini untuk variabel prediktor kontinyu tidak dilakukan pembakuan. Selain itu dibahas fungsi ketahanan hidup yang dipergunakan untuk memprediksi hubungan antara waktu sakit dengan peluang sembuh. Pada metode Efron diasumsikan bahwa ukuran dari himpunan risiko pada kejadian bersama adalah sama [19]. Sampel pasien pada penelitian ini adalah penderita stroke di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Tugurejo Kota Semarang. Kajian ini diharapkan dapat memberikan bentuk model yang dihasilkan dan dapat memberikan informasi faktor-faktor yang signifikan terhadap penyebab penyakit stroke. Dengan diketahui faktor-faktor penyebab stroke, maka seseorang dapat diobati atau mencegah risiko yang menyebabkan faktor timbulnya penyakit agar selalu dapat hidup sehat dengan panjang umur serta bahagia.

METODELOGI PENELITIAN

Sumber Data

Jenis data yang dipergunakan merupakan data sekunder. Data diperoleh dari bagian rekam medis pasien rawat inap penderita stroke di Rumah Sakit Umum Daerah Tugurejo Kota Semarang periode Januari 2018 sampai Desember 2018. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak SAS dalam [1] dan R dalam [8].

Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas untuk variabel terikatnya adalah lama waktu tahan hidup (T) dengan variabel indikator status pasien (Cens), sedangkan variable kovariat yaitu jenis kelamin (X_1), usia (X_2), jenis stroke (X_3), riwayat hipertensi (X_4), tekanan darah sistolik (X_5), tekanan

darah diastolik (X_6), kadar gula darah sewaktu (X_7) dan indeks massa tubuh (X_8). Adapun deskripsi variabel secara lengkap ditulis pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Variabel penelitian

Variabel	Keterangan
T	Lama pasien dirawat (hari)
Cens	0 = pasien tidak meninggal, 1 = pasien meninggal
X_1	0 = wanita, 1 = pria
X_2	Umur (tahun)
X_3	0 = stroke iskemik, 1 = stroke hemoragik
X_4	0 = tidak hipertensi, 1 = hipertensi
X_5	mmHg
X_6	mmHg
X_7	mg/dl
X_8	kg/m ²

Metode Analisis

Langkah-langkah dalam analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengelompokkan variabel bebas (kovariat) jenis kontinyu dan jenis kategorik.
2. Melakukan analisis deskriptif pada masing-masing jenis variabel bebas.
3. Pemodelan regresi Cox proporsional *hazard* dengan menggunakan metode Efron, yaitu:
 - a. Membuat model awal regresi Cox proporsional *hazard*.
 - b. Melakukan uji asumsi Cox proporsional *hazard* menggunakan uji *Goodness of Fit*.
 - c. Melakukan uji signifikansi parameter menggunakan uji serentak dan uji parsial.
 - d. Membentuk model terbaik regresi proporsional *hazard*.
 - e. Menentukan fungsi ketahanan hidup terbaik.

4. Melakukan interpretasi model terbaik regresi proporsional *hazard* yang telah terbentuk.
5. Menyimpulkan hasil penting dari penelitian yang diperoleh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses penelitian dan pembahasan luaran yang dihasilkan disajikan pada uraian berikut ini. Penyajian pembahasan dalam bentuk tabel beserta uraian penjelasannya.

Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif digunakan untuk menunjukkan karakteristik dari pasien stroke di RSUD Tugurejo Kota Semarang. Ukuran sampel pada penelitian ini adalah 288 pasien yang terdiri dari 51 sampel (18%) merupakan data teramati (data tidak tersensor) dan sisanya yaitu 237 sampel (82%) merupakan data tersensor. Analisis deskriptif untuk kovariat kontinyu disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik deskriptif kovariat kontinyu

Kovariat	Mean	Minimum	Maksimum
X_2	59	25	89
X_5	170,26	70	257
X_6	96,94	14	174
X_7	159,98	61	957
X_8	24,21	14,10	39

Analisis deskriptif untuk kovariat kategorik disajikan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Statistik deskriptif kovariat kategorik

Kovariatq	Kategori	Status		Total
		TT	T	
X_1	W	20	90	110
	P	31	147	178
X_3	I	22	197	219
	H	29	40	69
X_4	N	14	33	47
	Y	37	204	241

Keterangan:

TT : Tidak tersensor, T : Tersensor

Y : Yes, N : No

Pemodelan Regresi Cox Proporsional Hazard Menggunakan Metode Efron

• Pemodelan Awal

Model regresi Cox proporsional *hazard* digunakan untuk mengetahui pengaruh prediktor terhadap respon. Pada penelitian ini, kovariat yang digunakan adalah jenis kelamin (X_1), usia (X_2), jenis stroke (X_3), riwayat hipertensi (X_4), tekanan darah sistolik (X_5), tekanan darah diastolik (X_6), kadar gula darah sewaktu (X_7) dan indeks massa tubuh (X_8). Hasil olahan dari proses komputasi data penderita stroke diringkas pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Koefisien regresi dan signifikansi

Kovariat	Koefisien	Z	Pr(> z)
X_1	-0,144814	-0,444	0,65677
X_2	0,061025	0,203	0,83915
X_3	1,978403	5,880	4,11e-09
X_4	-1,417393	-2,721	0,00651
X_5	0,020681	2,472	0,01345
X_6	-0,022308	-1,895	0,05811
X_7	0,001838	1,744	0,08120
X_8	0,304408	0,927	0,35372

Jika diambil taraf signifikansi $\alpha = 10\%$, maka kovariat yang tidak berpengaruh adalah kovariat X_1 , X_2 , dan X_8 , sedang kovariat yang berpengaruh adalah kovariat X_3 , X_4 , X_5 , X_6 , dan X_7 terhadap lama waktu tahan hidup dari pasien penderita penyakit stroke. Sehingga model awal (lengkap) dari regresi Cox proporsional *hazard* yaitu

$$h(t | \mathbf{X}) = h_0(t) \exp(\mathbf{b}'\mathbf{X}) \quad (1)$$

dengan:

$h_0(t)$: fungsi kegagalan dasar

$$\mathbf{b} = \begin{pmatrix} -0,144814 \\ 0,061025 \\ 1,978403 \\ -1,417393 \\ 0,020681 \\ -0,022308 \\ 0,001838 \\ 0,304408 \end{pmatrix} \text{ dan } \mathbf{X} = \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_8 \end{pmatrix}.$$

• Pengujian Asumsi Proporsional Hazard

Setelah diperoleh model awal, selanjutnya dilakukan pengujian asumsi Cox proporsional *hazard*. Pengujian asumsi ini bertujuan untuk mengetahui apakah kovariat independen terhadap waktu ketahanan hidup penderita stroke. Pengujian asumsi ini menggunakan *Schoenfeld residual*.

Hipotesis:

$H_0 : \rho = 0$ (asumsi Cox proporsional *hazard* terpenuhi)

$H_1 : \rho \neq 0$ (asumsi Cox proporsional *hazard* tidak terpenuhi)

Jika diambil taraf signifikansi $\alpha = 10\%$ didapat statistik uji yang berupa hasil pengujian korelasi antara nilai *Schoenfeld residual* dengan waktu *survival* yang tersaji pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Korelasi dan keputusan hipotesis

Kovariat	r_h	Nilai-p	Keputusan
X_1	0,13167	0,321	Terima H_0
X_2	0,01564	0,916	Terima H_0
X_3	0,03090	0,812	Terima H_0
X_4	0,03028	0,824	Terima H_0
X_5	-0,00822	0,949	Terima H_0
X_6	0,09356	0,487	Terima H_0
X_7	-0,07848	0,712	Terima H_0
X_8	-0,15970	0,261	Terima H_0

Berdasarkan nilai koefisien korelasi *Product Moment* dengan uji dua arah, ukuran sampel 288 diperoleh nilai $r_{286;0,05} = 0,195$. Maka keputusan

hipotesis dari semua kovariat adalah H_0 diterima. Sehingga antara nilai *Schoenfeld residual* dengan waktu *survival* tidak berkorelasi. Hal ini berarti semua kovariat memenuhi asumsi Cox proporsional *hazard*.

• Pengujian Parameter

Setelah model awal Cox proporsional *hazard* dan asumsi proporsional *hazard* terpenuhi, maka selanjutnya dilakukan pengujian parameter dari model tersebut secara serentak dan parsial masing-masing menggunakan uji Rasio Likelihood dan uji Wald.

- Pengujian Rasio Likelihood

Hipotesis:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_8 = 0$$

(secara bersama-sama kovariat tidak berpengaruh terhadap respon)

$$H_1 : \text{minimal ada satu } \beta_j \neq 0, \text{ dengan } j = 1, 2, \dots, 8$$

(minimal ada satu kovariat yang berpengaruh terhadap respon)

Jika diambil taraf signifikansi $\alpha = 10\%$ didapat statistik uji

$$G = -2[\ln L(0) - \ln L(\hat{\beta})] \\ = -2[-246,8647 - (-221,0711)] = 51,5872$$

Karena statistik tabel $\chi^2_{8;0,1} = 13,326$ dan nilai $G = 51,5872$ maka H_0 ditolak. Sehingga terdapat paling sedikit ada satu variabel kovariat yang berpengaruh secara signifikan terhadap waktu tahan hidup pasien stroke.

- Pengujian Wald

Untuk mengetahui suatu kovariat yang berpengaruh secara signifikan terhadap waktu tahan hidup pasien stroke maka dilakukan uji parsial menggunakan uji Wald.

Hipotesis:

$$H_0 : \beta_j = 0 \text{ (kovariat ke-} j \text{ tidak berpengaruh terhadap waktu tahan hidup)}$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0, \text{ dengan } j = 1, 2, \dots, 8 \text{ (kovariat ke-} j \text{ berpengaruh terhadap waktu tahan hidup)}$$

Jika diambil taraf signifikansi $\alpha = 10\%$ dan didapat nilai- p dari masing-masing kovariat yang ditabelkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil uji Wald model keseluruhan

Kovariat	Koefisien Regresi	Nilai- p	Keputusan
X_1	- 0,144814	0,65677	Terima H_0
X_2	0,061025	0,83915	Terima H_0
X_3	1,978403	4,11e-9	Tolak H_0
X_4	- 1,417393	0,00651	Tolak H_0
X_5	0,020681	0,01345	Tolak H_0
X_6	- 0,022308	0,05811	Tolak H_0
X_7	0,001838	0,08120	Tolak H_0
X_8	0,304408	0,35372	Terima H_0

Maka berdasarkan Tabel 6 dapat dikatakan bahwa untuk model Cox proporsional *hazard* dengan metode Efron kovariat jenis stroke (X_3), riwayat hipertensi (X_4), tekanan darah sistolik (X_5), dan tekanan darah diastolik (X_6) serta kadar gula darah sewaktu (X_7) secara parsial adalah signifikan terhadap waktu ketahanan hidup. Sedangkan kovariat jenis kelamin (X_1), usia (X_2) dan indeks massa tubuh (X_8) adalah tidak signifikan terhadap model.

Model Regresi Proporsional Hazard dan Fungsi Survivorship Terbaik

• Pengujian Model Regresi Terbaik

Karena ada kovariat yang tidak signifikan terhadap model maka untuk mencari model terbaik dilakukan dengan cara mengeliminir variabel tersebut hingga diperoleh model dengan seluruh kovariatnya adalah signifikan. Hasil olahannya ditampilkan pada Tabel 7, yang merupakan pembangun model regresi Cox proporsional *hazard* terbaik.

Tabel 7. Koefisien dan signifikansi terbaik

Kovariat	Koefisien Regresi	Z	Pr(> z)
X ₃	1,985084	5,926	3,1e-09
X ₄	-1,337733	-2,624	0,00868
X ₅	0,020443	2,566	0,01028
X ₆	-0,022666	-2,076	0,03793
X ₇	0,001975	1,969	0,04892

Selanjutnya menguji parameter secara serentak menggunakan uji Rasio Likelihood dan secara parsial menggunakan uji Wald dari model yang telah didapat tersebut.

- Uji Rasio Likelihood

Hipotesis:

H₀ : β₃ = ... = β₆ = β₇ = 0 (secara bersama-sama kovariat tidak berpengaruh terhadap respon)

H₁ : minimal ada satu β_j ≠ 0 , dengan j = 3, 4, ..., 7 (minimal ada satu kovariat yang berpengaruh terhadap respon)

Jika diambil taraf signifikansi α = 5% dan pada proses komputasi didapat statistik uji

$$G = -2[\ln L(0) - \ln L(\hat{\beta})] = -2[-246,8647 - (-221,5783)] = 50,5728$$

Menurut tabel chi-kuadrat diperoleh nilai χ²_{5;0,05} = 11,070 . Jika dibandingkan dengan nilai G = 50,5728 maka H₀ ditolak. Hal ini berarti bahwa paling sedikit ada satu kovariat dari model yang berpengaruh secara signifikan terhadap waktu tahan hidup pasien stroke.

- Pengujian Wald

Hipotesis:

H₀ : kovariat ke-j tidak berpengaruh terhadap waktu tahan hidup.

H₁ : kovariat ke-j berpengaruh terhadap waktu tahan hidup, j = 3, 4, ..., 7 .

Jika diambil taraf signifikansi α = 5% dan didapat nilai-p maka didapat hasil seperti yang tampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji Wald parameter terbaik

Kovariat	Koefisien Regresi	Nilai-p	Keputusan
X ₃	1,985084	3,1e-09	Tolak H ₀
X ₄	-1,337733	0,00868	Tolak H ₀
X ₅	0,020443	0,01028	Tolak H ₀
X ₆	-0,022666	0,03793	Tolak H ₀
X ₇	0,001975	0,04892	Tolak H ₀

Karena nilai-p lebih kecil dari taraf signifikansi, maka H₀ ditolak. Ternyata semua kovariat mendapatkan keputusan bahwa tolak H₀. Hal ini berarti kovariat jenis stroke (X₃), riwayat hipertensi (X₄), tekanan darah sistolik (X₅), dan tekanan darah diastolik (X₆) serta kadar gula darah sewaktu (X₇) secara parsial signifikan terhadap model. Karena seluruh kovariat pada model telah signifikan maka diperoleh model terbaik regresi proporsional *hazard* menggunakan metode Efron, yaitu

$$h(t | \mathbf{X}) = h_0(t) \exp(\mathbf{b}' \mathbf{X}) \quad (2)$$

dengan:

h₀(t) : fungsi kegagalan dasar

$$\mathbf{b} = \begin{pmatrix} 1,985084 \\ -1,337733 \\ 0,020443 \\ -0,022666 \\ 0,001975 \end{pmatrix} \text{ dan } \mathbf{X} = \begin{pmatrix} X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \end{pmatrix} .$$

• Fungsi Ketahanan Hidup Terbaik

Berdasarkan regresi proporsional *hazard* di atas dapat dibuat fungsi ketahanan hidup terbaik, yaitu

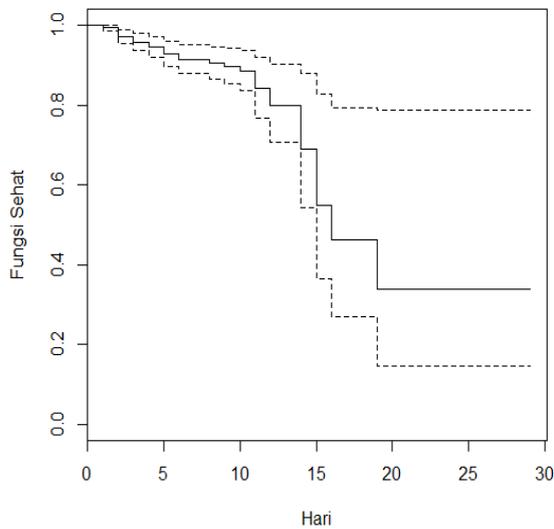
$$S(t | \mathbf{X}) = [S_0(t)]^{\exp(\mathbf{b}' \mathbf{x})} \quad (3)$$

dengan:

S₀(t) : fungsi ketahanan hidup dasar, vektor **b** dan **X** seperti pada persamaan (2).

Jika fungsi ketahanan hidup diterapkan pada data dari penelitian ini didapat gambar hubungan antara waktu

tahan hidup dengan peluang ketahanan hidup pada Gambar 1.



Gambar 1. Fungsi ketahanan hidup pasien Berdasarkan fungsi ketahanan hidup pasien dapat diketahui tentang klasifikasi peluang sehat terhadap waktu lamanya sakit. Makin lama seseorang sakit maka makin kecil peluang untuk tahan hidup. Pada waktu lebih dari 20 hari opnam, terlihat bahwa peluang sehat adalah rendah dan bahkan menuju kematian.

Tabel 9. Peluang sehat pasien

Waktu (hari)	Peluang Sehat	Keterangan
5	0,97	Tinggi
10	0,92	Tinggi
15	0,56	Sedang
20	0,34	Rendah
25	0,34	Rendah

Berikut dibahas tentang sifat-sifat dari fungsi risiko relatif

$$y = \log \frac{h(t | \mathbf{x})}{h_0(t)} = \log x$$

Sifat-sifat dari fungsi risiko relatif disajikan dalam Tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10. Sifat-sifat fungsi risiko

X	Y	Fungsi Risiko
$0 < x < 1$	Negatif	Berisiko negatif
1	Nol	Tanpa risiko
$1 < x$	Positif	Berisiko positif

Interpretasi Model

Model terbaik regresi proporsional hazard yang telah diperoleh adalah seperti pada persamaan (2). Dalam hal ini terdapat nilai $\exp(b_j)$ dengan $j = 3,4,5,6,7$ yang menunjukkan nilai rasio kegagalan (hazard) dari masing-masing kovariat. Rasio kegagalan dihitung hanya untuk kovariat yang berpengaruh terhadap waktu ketahanan hidup penderita stroke. Berdasarkan model terbaik dapat dihitung rasio kegagalan dari model terbaik yang disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Nilai rasio kegagalan

Variabel	Koef. Regresi	Rasio Hazard	Interval Kepercayaan 95%	
			Bawah	Atas
			X ₃	1,9851
X ₄	-1,3377	0,2624	0,097	0,713
X ₅	0,0204	1,0207	1,005	1,037
X ₆	-0,0227	0,9776	0,957	0,999
X ₇	0,0020	1,0020	1,00	1,004

Berikut ini diulas interpretasi dari model terbaik yang didapat.

1. Variabel yang mempengaruhi seseorang dapat terkena penyakit stroke adalah faktor jenis stroke, riwayat hipertensi, tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik, dan kadar gula darah sewaktu.
2. Risiko seseorang terkena stroke iskemik adalah 6,2797 kali lebih tinggi dari seseorang terkena stroke hemoragik. Pasien yang terkena stroke hemoragik mempunyai peluang gagal bertahan hidup 7,2797 kali dari pasien yang terkena stroke iskemik.
3. Risiko pasien stroke yang tidak mempunyai riwayat hipertensi gagal bertahan hidup lebih rendah 0,73756 kali daripada pasien stroke yang memiliki riwayat hipertensi.
4. Dengan bertambahnya tekanan darah sistolik mengakibatkan

seseorang terkena stroke lebih tinggi 0,020654 kali dari seseorang dengan tekanan darah sistolik normal.

5. Dengan menurunnya tekanan darah diastolik mengakibatkan seseorang terkena stroke lebih kecil 2,2411% kali dari seseorang dengan tekanan darah diastolik normal.
6. Dengan naiknya kadar gula darah sewaktu menjadikan seseorang terkena stroke lebih tinggi 0,1977% kali dari seseorang dengan kadar gula darah sewaktu normal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil kajian mengenai regresi proporsional *hazard* menggunakan metode Efron pada data ketahanan hidup pasien stroke di RSUD Tugurejo Kota Semarang dapat disimpulkan bahwa:

1. Faktor-faktor penyebab stroke adalah jenis stroke, riwayat hipertensi, tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik dan kadar gula darah sewaktu.
2. Model regresi proporsional *hazard* terbaik pada persamaan (2).
3. Fungsi ketahanan hidup terbaik pada persamaan (3).
4. Seseorang terkena stoke hemoragik lebih sedikit jumlahnya daripada terkena stroke iskemik, dan daya tahan hidupnya lebih singkat. Seseorang yang mempunyai riwayat hipertensi mempunyai risiko terkena stroke lebih tinggi dari pada yang tidak mempunyai riwayat hipertensi. Dengan bertambahnya tekanan darah sistolik pada penderita stroke mengakibatkan lebih tinggi kegagalan hidupnya. Dengan menurunnya tekanan darah diastolik menjadikan penderita stroke lebih mampu bertahan hidup.
5. Makin lama seseorang sakit maka makin rendah peluang untuk dapat

bertahan hidup. Pada waktu lebih dari 20 hari opnam, terlihat bahwa peluang sehat adalah rendah dan bahkan menuju ke kematian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allison, P.D., 2010. *Survival Analysis Using SAS: A Practical Guide*, Second Edition, North Carolina: SAS Institute Inc.
- [2] Bain, L.J and Engelhardt, M., 1992. *Introduction to Probability and Mathematical Statistics*. California: Duxbury press.
- [3] Bhandare, S.K. and Jain, Y.K., 2014. *Min Max Normalization Based Data Perturbation Method for Privacy Protection*. International Journal of Computer & Communication Technology, Vol. 3, No. 4, pp. 45-50.
- [4] Collett, D., 2015. *Modelling Survival Data in Medical Research*, Third Edition, CRC Press.
- [5] Cox, D.R. and Oaks, D., 1998. *Analysis of Survival Data*. United State of America: Chapman and Hall, Inc.
- [6] Dewi, I.A.P.R., Suciptawati, N.L.P, dan Tastrawati, N.K.T., 2016. Aplikasi Regresi Cox *Proportional Hazard* pada Sitanan Pasien Diabetes Melitus, *E-Jurnal Matematika*, Vol. 7, No. 3, pp. 278-285.
- [7] Faruk, A., 2017. Aplikasi Regresi Cox pada Selang Kelahiran Anak Pertama di Provinsi Sumatera Selatan, *Jurnal Matematika*, Vol. 7, No. 1, pp. 19-29.
- [8] Fox, J. and Weisberg, S., 2018. *Cox Proportional Hazard Regression for Survival Data in R*, Third Edition, Thousand Oaks, CA.

-
-
- [9] Hosmer, D.W., Lemeshow, S., and May, S., 2008. *Applied Survival Analysis: Regression Modelling of Time to Event Data*, Second Edition, New Jersey: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- [10] Jong, P.D., and Heller, G.Z., 2008. *Generalized Linear Models for Insurance Data*, United Kingdom: Cambridge University Press.
- [11] Kementerian Kesehatan RI. 2014. *Info Datin Pusat dan Informasi Kementerian Kesehatan RI, Situasi Kesehatan Jantung*. Jakarta.
- [12] Kleinbaum, D.G., and Klein, M., 2005. *Survival Analysis A Self-Learning Text*, Second Edition, London: Springer.
- [13] Lee, E.T. and Wang, J.W., 2013. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*, Fourth Edition, Canada: JohnWiley & Sons, Inc.
- [14] Lingga, L., 2013. *All About Stroke Hidup Sebelum dan Pasca Stroke*, Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- [15] Marisa, Yozza, H., dan Mayastri, 2016. Model Regresi Cox *Proportional Hazard* pada Laju Tamat Mahasiswa Jurusan Matematika Universitas Andalas, *Jurnal Matematika UNAND*, Vol. VI, No. 1, Hal. 33-46, Jurusan Matematika FMIPA UNAND.
- [16] Nurfain dan Purnami S.W., 2017. *Analisis Regresi Cox Extended pada Pasien Kusta di Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan*. *Jurnal Sains dan Seni ITS* Vol. 6, No. 1, Hal. 94-100.
- [17] Sudana, I.G.A., Suciptawati, N.L.P., dan Harini, L.P.I., 2013. Penerapan Regresi Cox *Proportional Hazard* untuk Menduga faktor-faktor yang Mempengaruhi Lama Mencari Kerja, *E-Jurnal Matematika*, Vol. 2, No. 3, pp. 7-10.
- [18] Sudarno, dan Setiani, E., 2019. Hazard Proportional Regression Study to Determine Stroke Risk Factors Using Breslow Method, *Media Statistika*, Vol. 12, No. 2, pp. 200-2013. DOI: 10.14710/medstat.12.2.200-213.
- [19] Xin, X., Harrocks, J., and Darlington, G.A., 2017. Weighting Methods for Ties between Event Times and Covariate Change Times, *Journal Communication in Statistics-Simulation and Computation*, Vol. 47, Issue 1.