

ANALISIS LOKASI KEJADIAN KECELAKAAN LALU LINTAS DI KOTA YOGYAKARTA MENGGUNAKAN ANALISIS SURVIVAL PARAMETRIK DAN SEMI PARAMETRIK

Inna Prawesti¹, Jaka Nugraha²

^{1, 2)} Program Studi Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Islam Indonesia

Email: 15611004@students.uui.ac.id, jnugraha@uui.ac.id

Abstrak

Kota Yogyakarta memiliki jumlah penduduk 427.498,00 jiwa dengan pemakai kendaraan bermotor $\pm 1.600.000$ -an. Banyaknya kendaraan bermotor berpengaruh terhadap tingginya kecelakaan lalu lintas di Kota Yogyakarta. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor yang berperan mempengaruhi lama waktu sampai kembali terjadi kecelakaan lalu lintas di Kota Yogyakarta. Data yang digunakan yaitu data periode Januari-Desember 2018, dengan metode analisis regresi survival Weibull dan regresi Cox Proportional Hazard. Hasil dari karakteristik zona rawan kecelakaan menunjukkan terdapat 274 titik kecelakaan lalu lintas yang dikelompokkan menjadi 3 zona yaitu zona hijau, zona kuning, dan zona merah. Di zona hijau dengan tingkat kecelakaan rendah terdapat 78 titik lokasi kecelakaan dengan 80 kejadian dan 31 tipe kecelakaan, di zona kuning dengan tingkat kecelakaan sedang terdapat 40 kejadian di 10 lokasi dengan 16 tipe kecelakaan, sedangkan untuk zona merah dengan tingkat kecelakaan tinggi terdapat 53 kejadian di 5 lokasi dengan 18 tipe kecelakaan. Analisis regresi Weibull memiliki nilai AIC kecil yaitu 903.3051 yang lebih baik dibanding regresi Cox Proportional Hazard. Dalam model Weibull, faktor risiko yang mempengaruhi lama waktu sampai kembali terjadi kecelakaan lalu lintas yaitu kondisi cahaya, tipe jalur jalan, dan bentuk geometri. Dari persamaan model regresi Weibull diperoleh hasil tipe jalan 4 jalur dan kondisi cahaya sore hari memiliki peluang kecil terhadap terjadinya kecelakaan lalu lintas, sedangkan bentuk geometri kategori others memiliki peluang yang besar terhadap terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Kata Kunci: Kota Yogyakarta; Tipe Kecelakaan; AIC; Regresi Weibull; Regresi Cox Proportional Hazard.

1. PENDAHULUAN

Kota Yogyakarta merupakan kota dengan jumlah penduduk 427.498,00 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 13.153,780 orang/km² (Bappeda, 2019). Jumlah penduduk di Kota Yogyakarta mengalami peningkatan setiap tahunnya. Dengan bertambahnya jumlah penduduk penggunaan kendaraan bermotor juga meningkat. Tahun 2018 pemakaian kendaraan bermotor di Yogyakarta sekitar $\pm 1.600.000$ -an (Adhy, 2018). Tingginya jumlah kendaraan bermotor berpengaruh terhadap ancaman kecelakaan lalu lintas. Di Yogyakarta dalam dua tahun terakhir yaitu 2017 dan 2018 jumlah kecelakaan meningkat cukup tinggi, dari 373 kasus menjadi 562 kasus (Suluh,

2018). Kenaikan jumlah kecelakaan tahun 2018 terindikasi terjadi berulang di lokasi yang sama mengingat beberapa lokasi di kota Yogyakarta memiliki ruas jalan yang sempit dan memiliki banyak tikungan.

Tikungan merupakan kategori dari desain geometri yang termasuk faktor jalan penyebab kecelakaan lalu lintas. Selain desain geometri faktor lain penyebab kecelakaan lalu lintas adalah kemiringan jalan, kondisi cahaya, kondisi permukaan jalan, fungsi jalan, tipe jalan, dan kelas jalan. Selain itu faktor lingkungan dan pengguna jalan (pengendara) yang lengah menyebabkan berbagai macam jenis kecelakaan di jalan raya yang mengakibatkan kerugian bagi diri sendiri maupun orang lain, juga dapat menimbulkan korban baik itu manusia atau benda yang berakibat trauma, cedera, bahkan kematian. Oleh karena itu upaya pemerintah dalam melakukan penanganan untuk mengurangi kejadian kecelakaan yang terjadi di Kota Yogyakarta melalui bantuan pihak kepolisian yaitu Satuan Lalu lintas (Satlantas) dan Unit Kecelakaan (Unitlaka) sangatlah diperlukan agar kecelakaan lalu lintas dapat diminimalisir.

Berdasarkan permasalahan yang ada untuk membantu Satlantas maka perlu dilakukan analisis yang membahas tentang faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan lalu lintas di Kota Yogyakarta. Agar faktor-faktor penyebab kecelakaan lalu lintas mudah untuk dilakukan penanganan maka dilakukan pemetaan dengan menggunakan *Webgis* terlebih dahulu, tujuannya adalah untuk mendeskripsikan lokasi terjadinya kecelakaan lalu lintas. Setelah pemetaan maka dilakukan analisis agar faktor-faktor penyebab kecelakaan dapat diketahui. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis survival, dengan metode analisis yang digunakan yaitu analisis survival parametrik (regresi Weibull) karena merupakan salah satu distribusi yang umum digunakan (Imani, 2018) dan analisis survival semi parametrik (regresi *Cox Proportional Hazard*) karena dapat digunakan untuk melihat faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya suatu peristiwa (biasanya dikenal dengan nama *time-dependent covariate*) dengan peubah responnya adalah waktu ketahanan hidup. Penentuan regresi *Cox* dilakukan dengan tiga cara yaitu eliminasi *Backward*, seleksi *forward*, dan prosedur *stepwise*. Apabila dalam melakukan analisis survival terdapat kejadian *ties* (kejadian bersama) maka yang perlu dilakukan adalah melakukan pendekatan *efron*, *Breslow*, atau *exact* agar permasalahan dalam membentuk *partial likelihood* bisa dihindari.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, maka dalam makalah ini dibahas (a) karakteristik zona rawan kecelakaan lalu lintas pada tahun 2018 di kota Yogyakarta. (b) persamaan model terbaik dari hasil analisis menggunakan regresi weibull dan regresi Cox.

(c) faktor-faktor yang mempengaruhi lama waktu sampai kembali terjadi kecelakaan lalu lintas menggunakan regresi Weibull dan regresi Cox.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di kantor Polresta bagian Satlantas pada unit Laka Lantas kota Yogyakarta pada bulan Februari hingga April 2019. Populasi pada penelitian ini adalah lokasi kejadian kecelakaan lalu lintas pada bulan Januari hingga Desember 2018 sebanyak 430 kasus, dengan jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 274 lokasi kecelakaan lalu lintas. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari data lokasi waktu korban mengalami kejadian kecelakaan lalu lintas dengan variabel respon (variabel terikat) yang digunakan adalah waktu survival lokasi terjadinya kecelakaan lalu lintas dimulai dari terjadinya kecelakaan lalu lintas dengan satuan bulan. Untuk variabel prediktor (variabel bebas) yang digunakan yaitu variabel yang tersedia dari data laporan setiap kejadian kecelakaan lalu lintas, antara lain: kondisi cahaya (X_1), cuaca (X_2), fungsi jalan (X_3), kelas jalan (X_4), tipe jalur jalan (X_5), tipe arah jalan (X_6), bentuk geometri (X_7), kondisi permukaan jalan (X_8), batas kecepatan dilokasi (X_9), kemiringan jalan (X_{10}), dan status jalan (X_{11}). Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis survival parametrik regresi Weibull dan analisis survival semi parametrik regresi *Cox Proportional hazard*. Regresi Weibull yang digunakan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel independen dengan fungsi survival:

$$S(t|X) = \exp(-(\exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_i x_i) t)^c).$$

$S(t)$ merupakan fungsi Survival yang menyatakan peluang bertahan hidup suatu individu dengan waktu survival sampai waktu $t(t, 0)$ (Lawless, 2007).

Persamaan regresi *Cox Proportional hazard* dapat ditulis sebagai berikut:

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

$h(t)$ merupakan fungsi *hazard* yang merupakan laju kegagalan dari suatu individu untuk mampu bertahan di dalam interval waktu $(t, t + \Delta t)$ dengan diketahui bahwa individu tersebut telah hidup selama waktu t (Klein dan Kleinbaum, 2005).

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis Deskriptif

Untuk memudahkan dalam menganalisis lokasi kecelakaan lalu lintas maka zona rawan kecelakaan lalu lintas dikelompokkan menjadi tiga zona seperti pada **Tabel 1**. Penentuan zona rawan kecelakaan ditentukan berdasarkan tingkat seberapa sering lokasi tersebut terjadi kecelakaan lalu lintas, tujuannya agar setiap zona kecelakaan dapat diketahui karakteristiknya. Pada **Tabel 1** diketahui ada 274 titik kecelakaan lalu lintas yang telah dikelompokkan kedalam 3 zona rawan kecelakaan lalu lintas yaitu zona hijau, zona kuning, dan zona merah. Dari ketiga zona tersebut zona hijau merupakan zona dengan intensitas kecelakaan di setiap titik-titik lokasi sangat jarang. Kejadian kecelakaan di zona hijau ada sebanyak 78 titik dengan 80 kejadian kecelakaan dan sebanyak 31 tipe kejadian kecelakaan. Dominasi tipe kecelakaan di zona hijau adalah tipe dengan kode 3 (kecelakaan lain dengan penyebrang pejalan kaki dari kiri ke kanan).

Tabel 1. Karakteristik Zona Rawan Kecelakaan Lalu lintas.

Zona	Lokasi Kecelakaan Lalu Lintas	Tipe Kecelakaan Lalu Lintas	Jumlah Kejadian Kecelakaan
Hijau	Jl. Abu Bakar, Jl. Alun-Alun Kidul, Jl. Atmosukarto, Jl. Babaran, Jl. Beskalan, Jl. Bayangkara, Jl. Bumijo Kidul, Jl. Cendana, Jl. Dr. Wahidin Sudirohusodo, Jl. Faridan Muridan Noto, Jl. Flyover Doktor Sutomo, Jl. Gandekan, Jl. Gedongkuning Sel, Jl. Glagahsari, Jl. Gowongan Kidul, Jl. H. Agus Salim, Jl. Ireda, Jl. Iromejan, Jl. Jambon, Jl. Kadipaten Kidul, Jl. Kadipaten Lor, Jl. Kapas, Jl. Karanglo, Jl. Karangwaru Lor, Jl. Karel Sasuit Tubun, Jl. Kemasari, Jl. Kementrian Kidul, Jl. Kementrian Lor, Jl. Kenari, Jl. Ki Ageng Pemanahan, Jl. Ki Mangunsarkoro, Jl. Kolonel Sugiyono, Jl. Krasak Timur, Jl. Kricak Kidul, Jl. Laksada Adisucipto, Jl. Lempuyangan, Jl. Letkol Subadri, Jl. Mangkuyudan, Jl. Malioboro, Jl. Mas Suharto Jambu, Jl. Mataram, Jl. Melati Wetan, Jl. Menteri Supeno, Jl. Manukan, Jl. Mojo, Jl. Mondorakan, Jl. Negan Kulon, Jl. Namburan Lor, Jl. Nasional III, Jl. Ngeksigondo, Jl. Nyi Pembayun, Jl. Pakuningratan, Jl. Panembahan Mangkurat, Jl. Panembahan Senopati, Jl. Pangurakan, Jl. Pasar Kembang, Jl. Patangpuluhan, Jl. Patehan Kidul, Jl. Patimura, Jl. P. Mangkubumi, Jl. Patimura, Jl. Prof. Herman Yohanes, Jl. R.W. Monginsidi, Jl. Wolter monginsidi, Jl. Rejowinangun, Jl. Reksobayan, Jl. Ringin Putih, Jl. Salakan, Jl. Sriwedani, Jl. Suhartono, Jl. Suroto, Jl. Suryodiningratan, Jl. Tegal Gendu, Jl. Tohpati, Jl. Tunjung Baru, Jl. Wates, Jl. Yos Sudarso, Jl. Yogya Wates.	3,4,5,14,21,41,42,4 3,44,51,52,53,55,61 ,62,63,64,66,71,73, 74,75,76,81,92,93,9 4	80
Kuning	Jl. AM Sangaji, Jl. Batikan, Jl. C SImanjuntak, Jl. Cik Di Tiro, Jl. Di Panjaitan, Jl. Gambiran, Jl. Hayam Wuruk, Jl. Imogiri Timur, Jl. Jlagran Lor, Jl. Kapten Piere tendean, Jl. KH. Ahmad Dahlan, Jl. KH Wahid Hasim, Jl. Ki Panjawi, Jl. Kyai Mojo, Jl. Letjen S. Parman, Jl. Lowanu, Jl. Mayor Suryotomo, Jl. MT. Haryono, Jl. Pangeran Diponegoro, Jl. Parangtritis, Jl. Pembela Tanah Air, Jl. Perintis Kemerdekaan, Jl. Prof. Dr. Sardjito, Jl. Ringroad Selatan, Jl. Sugeng Jeroni, Jl. Sultan Agung, Jl. Tentara Pelajar, Jl. Tritunggal	3,4,5,6,14,21,31,41, 42,43,44,51,52,53,6 1,62,63,64,66,71,74 ,75,76,81,93	83
Merah	Jl. Bantul, Jl. Brigjen Katamso, Jl. HOS Cokroaminoto, Jl. Jendral Sudirman, Jl. Kusumanegara, Jl. Letjen Suprpto, Jl. Magelang, Jl. Mayjend Sutoyo, Jl. R.E. Martadinata, Jl. Raya Jogja, Jl. Sisingamangaraja, Jl. Taman Siswa, Jl. Tentara Rakyat Mataram, Jl. Urip Sumoharjo, Jl. Veteran	1,3,4,31,41,42,43,4 4,51,52,53,61,62,63 ,64,65,66,71,74,75, 76,81,93,94	111

Selanjutnya untuk memperjelas deskriptif setiap lokasi kecelakaan maka dilakukan pemetaan dengan *Webgis*, agar setiap lokasi kecelakaan lalu lintas lebih mudah untuk dilakukan penanganan setelah diketahui faktor-faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas.



Gambar 1. Peta Titik Lokasi Kecelakaan Lalu Lintas Zona Kuning.

Dari hasil *Webgis* sebagaimana pada Gambar 1 diketahui bahwa pada zona kuning untuk lokasi yang intensitas kecelakaan cukup tinggi terdapat sebanyak 40 kejadian kecelakaan lalu lintas di 10 lokasi dengan jumlah tipe kecelakaan 16, dan tipe paling

dominan yaitu tipe dengan kode 41 (dalam persimpangan, tabrakan dimana kendaraan B berasal dari kiri).



Gambar 2. Peta Titik Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas Zona Merah.

Pada hasil *Webgis Gambar 2* untuk titik-titik lokasi di zona merah dengan kejadian kecelakaan lalu lintas yang sangat tinggi terdapat sebanyak 53 kejadian dimana kejadian tersebut terjadi di 5 lokasi dengan tipe kecelakaan sebanyak 18 tipe, dan tipe kecelakaan paling dominan yaitu tipe dengan kode 51 (tabrakan saat menyalip) dan tipe kode 63 (tabrakan dari belakang). Kode yang digunakan berasal dari code IRSMS (*Integrated Road Safety Management System*).

Uji Distribusi Data

Pengujian distribusi data dilakukan dengan menggunakan 3 distribusi yaitu distribusi Normal, Eksponensial, dan Weibull.

Tabel 2. Hasil Uji Distribusi Data.

Regresi Distribusi	<i>D</i> hitung	<i>P</i> -value	α	Keputusan
Normal	0.17002	0.000000264	\leq	Tolak H_0
Eksponensial	0.096982	0.01155	\leq	Tolak H_0
Weibull	0.06045	0.2693	\geq	Gagal Tolak H_0

Dari hasil **Tabel 2** diketahui bahwa dengan menggunakan uji *kolmogorov-smirnov* data mengikuti sebaran Weibull. Sehingga dalam penelitian model yang digunakan adalah model Weibull untuk regresi survival parametrik dan sebagai pembanding digunakan regresi survival semi parametrik yaitu model regresi *Cox Proportional Hazard* karena dari hasil uji distribusi data diketahui bahwa data tidak berdistribusi Normal dan tidak berdistribusi Eksponensial. Tahap selanjutnya yaitu melakukan analisis untuk keseluruhan data karena setiap lokasi kecelakaan lalu lintas diasumsikan sama, selain itu juga karena keterbatasan waktu penelitian.

Analisis Regresi Weibull

Pada tahap analisis regresi Weibull beberapa uji perlu dilakukan untuk memastikan bahwa model yang digunakan layak, sehingga didapatkan model regresi Weibull terbaik untuk mengetahui pengaruh dari setiap variabel independen.

Pada tahap awal diselidiki variabel-variabel bebas berpengaruh signifikan didalam model. Hasil estimasi parameter yang melibatkan semua variabel independen disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Estimasi Parameter Regresi Weibull.

Variabel	Koefisien	P-value	α	Keputusan
Intercept	0.4114	7.66e-01	0.05	Gagal tolak H_0
X ₁ (Sora)	-0.6049	9.54e-02		Gagal tolak H_0
X ₂ (Barawan)	-1.1319	3.57e-01		Gagal tolak H_0
X ₂ (Hujan)	18.3885	9.94e-01		Gagal tolak H_0
X ₃ (Pengumpul)	-0.1465	8.81e-01		Gagal tolak H_0
X ₃ (Lokal)	-0.0257	9.79e-01		Gagal tolak H_0
X ₄ (Jalan sedang)	2.8229	1.12e-01		Gagal tolak H_0
X ₄ (Jalan kecil)	2.5922	1.48e-01		Gagal tolak H_0
X ₅ (4 Jalur)	-1.1409	1.25e-07		Tolak H_0
X ₅ (Others)	-0.5761	3.96e-01		Gagal tolak H_0
X ₆ (2 Arah tidak terbagi)	0.1973	6.61e-01		Gagal tolak H_0
X ₆ (2 Arah terbagi)	0.7612	1.31e-01		Gagal tolak H_0
X ₇ (Tikungan Z)	-4.8049	5.44e-05		Tolak H_0
X ₇ (Terhuyung)	-1.5493	3.00e-04		Tolak H_0
X ₇ (Others)	0.1488	4.35e-01		Gagal tolak H_0
X ₈ (Basah)	0.3086	7.99e-01		Gagal tolak H_0
X ₉ (50km)	-0.5117	6.07e-02		Gagal tolak H_0
X ₉ (Others)	0.7338	1.54e-01	Gagal tolak H_0	
X ₁₀ (Menanjak atau menurun)	0.3811	3.34e-01	Gagal tolak H_0	
X ₁₁ (provinsi)	-1.1232	4.31e-01	Gagal tolak H_0	
X ₁₁ (Kabupaten)	-1.2999	3.76e-01	Gagal tolak H_0	
Scale = 1.16				
Chisq = 70.78 on 20 degrees of freedom, p = 1.4e-07				

Berdasarkan hasil pada **Tabel 3** menggunakan hipotesis $H_0: \beta_i = 0$ (Koefisien regresi tidak signifikan dalam model untuk variabel ke-i) dan $H_1: \beta_i \neq 0$ (koefisien regresi signifikan dalam model untuk variabel ke-i), dengan tingkat signifikansi 5% atau 0.05 tolak H_0 jika $p\text{-value} \leq \alpha$ maka dapat diketahui bahwa terdapat 17 kategori yang tidak signifikan dalam model dengan kesimpulan koefisien variabel independen tidak berpengaruh terhadap waktu survival, sehingga perlu dilakukan tahap eliminasi dengan mengeluarkan satu persatu variabel yang memiliki $p\text{-value}$ paling besar untuk mendapatkan model terbaik.

Tabel 4. Hasil Etimasi Parameter Terbaik menggunakan Regresi Weibull setelah beberapa variabel dikeluarkan.

Variabel	Koefisien	P-Value	α	Keputusan
Intercept	1.946	1.95e-26	0.05	Tolak H_0
X ₁ (Sora)	-0.632	4.81e-02		Tolak H_0
X ₅ (4 Jalur)	-1.140	1.40e-08		Tolak H_0
X ₅ (Others)	-0.858	6.34e-02		Gagal tolak H_0
X ₇ (Tikungan Z)	-4.312	3.56e-04		Tolak H_0
X ₇ (Terhuyung)	-1.377	8.69e-04		Tolak H_0
X ₇ (Others)	0.197	2.92e-01		Gagal tolak H_0
Scale = 1.2 Shape (c) = 1/Scale = 0.83				
Chisq = 51.24 on 6 degrees of freedom, p = 2.7e-09				

Dari hasil **Tabel 4**, diperoleh kesimpulan yaitu dengan menggunakan tingkat signifikansi 5% atau 0.05 maka H_0 ditolak sehingga koefisien regresi yang signifikan dalam model adalah *Intercept*, X₁, X₅, dan X₇. Walaupun terdapat 2 kategori yang tidak signifikan, namun menurut prespektif peneliti 2 kategori gagal tolak H_0 tetap masuk kedalam model karena terdapat salah satu kategori yang signifikan. Kemudian pada hasil akhir AIC model akhir regresi weibull merupakan model terbaik karena memiliki nilai yang lebih kecil yaitu 903.3051 dibanding model awal yaitu 911.7568. Oleh

karena itu model akhir mampu menunjukkan seberapa tepat model tersebut dengan data yang dimiliki peneliti. Sehingga model akhir yang terbentuk untuk regresi Weibull adalah sebagai berikut:

$$S(t|X) = \exp(-(\exp(-1.946 + 0.632 X_1(\text{Sore}) + 1.140 X_5(4 \text{ Jalur}) + 0.858 X_5(\text{Others}) + 4.312 X_7(\text{Tikungan Z}) + 1.377 X_7(\text{Terhuyung}) - 0.197 X_7(\text{Others}))t)^{0.83})$$

Pada pengujian yang dilakukan secara serentak (*overall*) untuk semua parameter yang masuk dalam model regresi, hipotesisnya adalah

$$H_0: \beta_1(\text{Sore}) = \beta_5(4 \text{ Jalur}) = \beta_5(\text{Others}) = \beta_7(\text{Tikungan Z}) = \beta_7(\text{Terhuyung}) = \beta_7(\text{Others}) = 0$$

(Variabel independen X_1 , X_5 dan X_7 tidak berpengaruh terhadap variabel dependen)

$$H_1: \exists \beta_i \neq 0, \text{dimana } i = 1, 5, 7 \text{ (Minimal ada salah satu variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen)}$$

Diperoleh nilai statistik Chi-Square 51.24 dengan derajat bebas 6 atau menghasilkan nilai $p\text{-value} = 2.7e-09$. Dengan menggunakan tingkat signifikansi 5% maka H_0 ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi layak digunakan karena terdapat minimal ada satu dari variabel independen yang berpengaruh terhadap variabel dependen. Kemudian untuk pengujian secara parsial berdasarkan hasil dari **Tabel 4** dengan menggunakan tingkat signifikansi 5% maka dapat disimpulkan bahwa variabel X_1 , X_5 , dan X_7 berpengaruh secara signifikan terhadap lama waktu sampai terjadi kecelakaan kembali di lokasi kejadian.

Interpretasi pendugaan model Regresi Weibull pada beberapa kondisi sebagai berikut :

- Lokasi kecelakaan lalu lintas dengan tipe jalan 4 jalur, kondisi cahaya sore hari dan bentuk geometri tikungan Z atau tikungan jepit rambut: $S(t=1) = 3,384 \times 10^{-14}$
- Lokasi kecelakaan lalu lintas dengan tipe jalur others, kondisi cahaya sore hari, dan bentuk geometri tikungan Z atau tikungan jepit rambut: $S(t=1) = 2,193 \times 10^{-11}$
- Lokasi kecelakaan lalu lintas dengan tipe jalur others, kondisi cahaya sore hari, dan bentuk geometri tikungan TL atau terhuyung-huyung: $S(t=1) = 0.116$
- Lokasi kecelakaan lalu lintas dengan tipe jalur others, kondisi cahaya sore hari, dan bentuk geometri others: $S(t=1) = 0.559$
- Lokasi kecelakaan lalu lintas dengan tipe jalur others, kondisi cahaya siang hari, dan bentuk geometri others: $S(t=1) = 0.709$

Dari hasil interpretasi di atas diketahui bahwa lokasi kecelakaan dengan tipe jalan 4 jalur memiliki peluang kecil terhadap terjadinya kecelakaan lalu lintas. Selanjutnya untuk lokasi kecelakaan lalu lintas dengan bentuk geometri others lebih tinggi dibandingkan bentuk geometri Z (tikungan jepit rambut) dan tikungan TL (terhuyung-huyung) dengan kondisi faktor lain sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa bentuk geometri others memiliki peluang yang besar terhadap terjadinya kecelakaan lalu lintas. Nilai fungsi survival untuk lokasi kecelakaan lalu lintas dengan kondisi cahaya sore hari memiliki peluang kecil terhadap terjadinya kecelakaan lalu lintas.

Analisis Regresi Cox

Langkah pertama yang dilakukan adalah pengujian untuk melihat apakah masing-masing variabel prediktor berpengaruh terhadap variabel respon. Hasil pengujian ini dilakukan dengan uji *Wald* yang disajikan pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Hasil Pengujian Parameter Regresi *Cox* Secara Parsial.

Variabel	Coef	P-value	Uji Wald	α	Keputusan
X ₁ (Sore)	0.2917	0.262	0.2619	0.05	Gagal tolak H_0
X ₂ (Barawan)	1.661e+00	0.100	0.259		Gagal tolak H_0
X ₃ (Tujan)	-1.552e+01	0.993			Gagal tolak H_0
X ₄ (Pengumpul)	0.23813	0.623	0.7694		Gagal tolak H_0
X ₅ (Lokal)	0.09847	0.828			
Variabel	Coef	P-value	Uji Wald	α	Keputusan
X ₄ (Jalan sedang)	0.1013	0.878	0.9803	0.05	Gagal tolak H_0
X ₄ (Jalan kecil)	0.1142	0.844	4.145e-06		Tolak H_0
X ₅ (4 Jalur)	0.8257	6.53e-07			Gagal tolak H_0
X ₅ (Others)	0.5736	0.134	0.8509		Gagal tolak H_0
X ₆ (Arah tidak terbagi)	0.13023	0.640			
X ₆ (Arah terbagi)	0.05897	0.854	7.753e-06		Tolak H_0
X ₇ (Tikungan Z)	4.81090	2.5e-05			Gagal tolak H_0
X ₇ (Terhuyung)	1.00469	0.00387	0.00784		Tolak H_0
X ₇ (Others)	-0.07577	0.61636			Gagal tolak H_0
X ₈ (Basah)	0.2384	0.812	0.5045		Gagal tolak H_0
X ₉ (50km)	0.4629	0.0209			Gagal tolak H_0
X ₉ (Others)	-0.6506	0.0570	0.8733	Gagal tolak H_0	
X ₁₀ (Menunjuk/Menurun)	-0.2065	0.503			
X ₁₁ (Provinsi)	0.3862	0.604			
X ₁₁ (Kabupaten)	0.3413	0.631			

Berdasarkan hasil **Tabel 5** menggunakan hipotesis $H_0: \beta_i = 0$ (variabel independen tidak berpengaruh terhadap variabel dependen) dan $H_1: \beta_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, p$ (variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen), dengan tingkat signifikansi 5% atau 0.05 tolak H_0 jika $p\text{-value} \leq \alpha$, maka didapatkan kesimpulan untuk variable yang signifikan adalah sebagai berikut: Variabel tipe jalur jalan berpengaruh terhadap waktu survival, karena memiliki nilai $p\text{-value}$ uji *Wald* ($4.145e-06 \leq \alpha (0.05)$), dengan kategori yang berpengaruh terhadap variabel dependen adalah tipe jalan 4 jalur; Bentuk geometri berpengaruh terhadap waktu survival karena memiliki nilai $p\text{-value}$ uji *Wald* ($7.753e-06 \leq \alpha (0.05)$), dengan kategori yang berpengaruh terhadap variabel dependen adalah tikungan Z (tikungan jepit rambut) dan tikungan TL (terhuyung-huyung); Variabel batas kecepatan dilokasi berpengaruh terhadap waktu survival karena memiliki nilai $p\text{-value}$ uji *Wald* ($0.00784 \leq \alpha (0.05)$) dengan kategori yang berpengaruh terhadap variabel dependen adalah batas kecepatan 50 km.

Analisis Regresi Cox Proportional Hazard

Dalam melakukan analisis regresi *Cox Proportional Hazard* tentunya perlu dilakukan beberapa uji untuk memastikan bahwa model yang digunakan layak. Hasil pembentukan pendugaan model dan estimasi parameter Regresi *Cox Proportional Hazard* dengan pendekatan *Efron* disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Estimasi Parameter Regresi Cox Dengan Pendekatan Efron.

Variabel	Coef	P-value	α	Keputusan
X ₁ (core)	4.469e-01	0.15552	0.05	Gagal Tolak H ₀
X ₂ (Derawan)	1.063e+00	0.31720		Gagal Tolak H ₀
X ₂ (Hujan)	-1.467e+01	0.99180		Gagal Tolak H ₀
X ₃ (Pengumpul)	1.278e-01	0.87862		Gagal Tolak H ₀
X ₃ (Lokal)	-4.561e02	0.95709		Gagal Tolak H ₀
X ₄ (Jalan sedang)	-2.129e+00	0.16272		Gagal Tolak H ₀
X ₄ (Jalan kecil)	-1.934e+00	0.20836		Gagal Tolak H ₀
X ₅ (Jalur)	9.052e-01	1.25e-06		Tolak H ₀
X ₅ (Others)	4.614e-01	0.42700		Gagal Tolak H ₀
X ₆ (2 Arah tidak terbagi)	-1.664e-01	0.66490		Gagal Tolak H ₀
X ₆ (2 Arah terbagi)	-6.115e-01	0.15662		Gagal Tolak H ₀
X ₇ (Tikungan Z)	5.092e+00	1.14e-05		Tolak H ₀
X ₇ (Terhuyung)	1.300e+00	0.00052		Tolak H ₀
X ₇ (Others)	-1.095e-01	0.50251		Gagal Tolak H ₀
X ₈ (Banah)	-2.664e-01	0.79824		Gagal Tolak H ₀
X ₉ (5km)	4.146e-01	0.07824		Gagal Tolak H ₀
X ₉ (Others)	-5.273e-01	0.23205		Gagal Tolak H ₀
X ₁₀ (Manajak atau meminum)	-3.489e-01	0.30192	Gagal Tolak H ₀	
X ₁₁ (Provinsi)	9.284e-01	0.45011	Gagal Tolak H ₀	
X ₁₁ (Kabupaten)	1.083e+00	0.39185	Gagal Tolak H ₀	

Dari hasil **Tabel 6** dengan hipotesis $H_0: \beta_i = 0$ (koefisien regresi tidak signifikan dalam model untuk variabel ke-i) dan $H_1: \beta_i \neq 0$ (koefisien regresi signifikan dalam model untuk variabel ke-i), sehingga dengan tingkat signifikansi 5% atau 0.05 maka diperoleh 3 kategori yang signifikan dalam model dan 17 kategori yang tidak signifikan dalam model, oleh karena itu perlu dilakukan eliminasi untuk menentukan model terbaik. Sehingga diperoleh estimasi terbaik seperti pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil Estimasi Parameter Terbaik Menggunakan Regresi Cox Dengan Pendekatan Efron Setelah Beberapa Variabel Dikeluarkan.

Variabel	Coef	P-value	α	Keputusan
X ₅ (4 Jalur)	0.8402	4.52e-07	0.05	Tolak H ₀
X ₅ (others)	0.5868	0.12717		Gagal Tolak H ₀
X ₇ (Tikungan Z)	4.6216	5.17e-05		Tolak H ₀
X ₇ (Terhuyung)	1.0672	0.00224		Tolak H ₀
X ₇ (Others)	-0.1180	0.43898		Gagal Tolak H ₀

Dari hasil **Tabel 7** dengan menggunakan tingkat signifikansi 5% atau 0.05 maka dapat disimpulkan bahwa variabel X₅ dan X₇ signifikan dalam model, walaupun terdapat 2 kategori yang tidak signifikan, namun menurut perspektif peneliti 2 kategori gagal tolak H₀ tetap masuk kedalam model karena terdapat salah satu kategori yang signifikan. Kemudian berdasarkan hasil akhir AIC model akhir regresi Cox merupakan model terbaik karena memiliki nilai yang lebih kecil yaitu 2148.043 dibanding model awal yaitu 2157.98. Maka model regresi Cox *Proportional Hazard* yang terbentuk adalah sebagai berikut:

$$h(t, X) = h_0(t) \exp(0.8402 X_5(4 \text{ jalur}) + 0.5868 X_5(\text{others}) + 4.6216 X_7(\text{tikungan Z}) + 1.0672 X_7(\text{terhuyung}) - 0.1180 X_7(\text{others}))$$

Uji serentak (*Overall*) yang hanya melibatkan variabel X₅ dan X₇ mempunyai hipotesis

$$H_0 : \beta_5(4 \text{ Jalur}) = \beta_5(\text{Others}) = \beta_7(\text{Tikungan Z}) = \beta_7(\text{Terhuyung}) = \beta_7(\text{Others}) = 0 \text{ (Variabel independen } X_5 \text{ dan } X_7 \text{ tidak berpengaruh terhadap variabel dependen)}$$

$$H_1 : \exists \beta_i \neq 0, \text{ dimana } i = 5, 7 \text{ (Minimal ada salah satu variabel independen berpengaruh terhadap variabel dependen)}$$

Diperoleh statistik G = 43.196 dengan *p-value* 3.373e-08. Dengan menggunakan tingkat signifikansi 5% maka H₀ ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa model regresi layak digunakan karena terdapat minimal ada satu dari variabel independen yang berpengaruh terhadap variabel dependen (waktu survival). Kemudian untuk pengujian secara parsial berdasarkan hasil dari **Tabel 7** dengan menggunakan tingkat

signifikansi 5%, maka dapat disimpulkan bahwa variabel X_5 dan X_7 berpengaruh secara signifikan terhadap lama waktu sampai terjadi kecelakaan kembali.

Pada pengujian asumsi *proportional hazard* dilakukan dengan menggunakan metode *goodness of fit* berdasarkan nilai *residual Schoenfeld*. Harapannya model yang diuji dapat memenuhi asumsi *Proportional Hazard*. Hipotesisi untuk uji asumsi *proportional hazard* adalah

$H_0 : \rho = 0$ (Asumsi *proportional hazard* variabel independen terpenuhi)

$H_1 : \rho \neq 0$ (Asumsi *proportional hazard* variabel independen tidak terpenuhi)

Hasil pengujian disajikan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Uji Asumsi *Proportional Hazard*.

Variabel	p-value	α	Keputusan
$X_5(4 \text{ Jalur})$	0.566	≥	Gagal Tolak H_0
$X_2(\text{Others})$	0.963	≥	Gagal Tolak H_0
$X_7(\text{Tikungan Z})$	0.963	≥	Gagal Tolak H_0
$X_7(\text{Terhuyung})$	0.395	≥	Gagal Tolak H_0
$X_7(\text{Others})$	0.860	≥	Gagal Tolak H_0

Dengan menggunakan tingkat signifikansi 5%, maka Gagal Tolak H_0 sehingga dapat disimpulkan bahwa Variabel X_5 dan X_7 memenuhi asumsi *proportional hazard*.

Selanjutnya prediksi *Cox Proportional Hazard* pada beberapa kondisi sebagai berikut :

a) Interpretasi untuk Variabel Tipe Jalur Jalan dengan Kategori 4 Jalur ($X_{5(4 \text{ jalur})}$)

$$HR = \frac{h_0(t) \exp(0.8402(1) + 0.5868(0) + 4.6216(0) + 1.0672(0) - 0.1180(0))}{h_0(t) \exp(0.8402(0) + 0.5868(1) + 4.6216(0) + 1.0672(0) - 0.1180(0))} = 1.288399$$

Dari hasil perhitungan jika terjadi kecelakaan lalu lintas di tipe jalan 4 jalur maka risiko terjadi kecelakaan kembali sebesar 1.288399 kali dibanding tipe jalur jalan *others*.

b) Interpretasi untuk Variabel Bentuk Geometri dengan Kategori Tikungan Z (Tikungan Jepit Rambut) ($X_{7(\text{tikungan Z})}$)

$$HR = \frac{h_0(t) \exp(0.8402(0) + 0.5868(0) + 4.6216(1) + 1.0672(0) - 0.1180(0))}{h_0(t) \exp(0.8402(0) + 0.5868(0) + 4.6216(0) + 1.0672(1) - 0.1180(0))} = 34.96683$$

Apabila terjadi kecelakaan lalu lintas di tikungan Z (tikungan jepit rambut) maka risiko kembali terjadi kecelakaan sebesar 34.96683 kali dibanding jika kecelakaan berada di tikungan TL (Terhuyung-huyung).

c) Interpretasi untuk variabel Bentuk Geometri dengan Kategori Tikungan Z (Tikungan Jepit Rambut) ($X_{7(\text{tikungan Z})}$)

$$HR = \frac{h_0(t) \exp(0.8402(0) + 0.5868(0) + 4.6216(1) + 1.0672(0) - 0.1180(0))}{h_0(t) \exp(0.8402(0) + 0.5868(0) + 4.6216(0) + 1.0672(0) - 0.1180(1))} = 114.3884$$

Diketahui jika terjadi kecelakaan lalu lintas di tikungan Z (tikungan jepit rambut) maka risiko kembali terjadi kecelakaan sebesar 114.3884 kali dibanding jika kecelakaan lalu lintas di jalan dengan bentuk geometri tikungan *others*.

d) Interpretasi untuk Variabel Bentuk Geometri dengan Kategori TL (Terhuyung-huyung) ($X_{7(\text{terhuyung})}$)

$$HR = \frac{h_0(t) \exp(0.8402(0) + 0.5868(0) + 4.6216(0) + 1.0672(1) - 0.1180(0))}{h_0(t) \exp(0.8402(0) + 0.5868(0) + 4.6216(0) + 1.0672(0) - 0.1180(1))} = 3.271341$$

Jika terjadi kecelakaan lalu lintas di jalan berbentuk TL (Terhuyung-huyung) maka risiko kembali terjadi kecelakaan lalu lintas sebesar 3.271341 kali lebih berisiko dibanding jika kecelakaan berada di jalan dengan bentuk tikungan *others*.

Perbandingan Model Regresi Weibull dan Regresi Cox Proportional Hazard

Berdasarkan hasil AIC model regresi Weibull lebih baik dari pada model regresi Cox, karena nilai regresi Weibull lebih kecil yaitu 903.3051 dibanding dengan regresi Cox yaitu 2148.043. Sehingga faktor yang mempengaruhi lama waktu sampai kembali terjadi kecelakaan lalu lintas di lokasi kejadian kecelakaan di Kota Yogyakarta adalah Kondisi Cahaya, Tipe Jalur Jalan, dan Bentuk Geometri.

4. SIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan dalam studi kasus pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan:

1. Zona hijau memiliki karakteristik jumlah kejadian sebanyak 80 kejadian di 78 lokasi dan sebanyak 31 tipe kejadian kecelakaan dengan tipe dominan yaitu tipe kode 3. Kemudian Zona kuning terdapat 40 kejadian kecelakaan lalu lintas di 10 lokasi kecelakaan dengan jumlah tipe kecelakaan 16, dan tipe paling dominan yaitu tipe kode 41. Sedangkan karakteristik untuk zona merah terdapat 53 kejadian kecelakaan lalu lintas yang terjadi di 5 lokasi dengan tipe kecelakaan sebanyak 18 tipe, dan tipe paling dominan yaitu tipe kode 51 dan tipe kode 63.
2. Berdasarkan hasil dari nilai AIC regresi Weibull lebih baik dari regresi Cox karena nilai AIC weibull lebih kecil yaitu 903.3051. Sehingga diperoleh persamaan model terbaik regresi Weibull dengan menggunakan eliminasi *backward* pada kejadian *ties* adalah sebagai berikut:

$$S(t|X) = \exp \left(- \left(\exp(-1.946 + 0.632 X_{1(\text{Sore})} + 1.140 X_{5(4 \text{ jalur})} + 0.858 X_{5(\text{Others})} + 4.312 X_{7(\text{Tikungan z})} + 1.377 X_{7(\text{Terhuyung})} - 0.197 X_{7(\text{Others})} \right) t \right)^{0.03}$$

3. Faktor-faktor yang signifikan secara statistik mempengaruhi lama waktu sampai kembali terjadi kecelakaan lalu lintas di lokasi kejadian kecelakaan di kota Yogyakarta adalah kondisi cahaya, tipe jalur jalan, dan bentuk geometri. Dari hasil interpretasi persamaan model dapat diketahui bahwa dengan menggunakan perhitungan waktu t di tiap kondisi maka dapat diketahui bahwa tipe jalan 4 jalur dan kondisi cahaya sore hari memiliki peluang kecil terhadap terjadinya kecelakaan lalu lintas, sedangkan bentuk geometri *others* memiliki peluang yang besar terhadap terjadinya kecelakaan lalu lintas.

5. DAFTAR PUSTAKA

Adhy, B. 2018. *Wow, Jumlah Kendaraan di Yogya Naik 150 Ribu Unit per Tahun.* (Tribunjogja.com) Dipetik september 19, 2019, dari <https://jogja.tribunnews.com/2018/01/27/wow-jumlah-kendaraan-di-yogya-naik-150-ribu-unit-per-tahun>.

- Bappeda. 2019. *Jumlah Penduduk DIY*. (DATAKU DIY) Dipetik pada tanggal 19 september 2019 dari [http://bappeda.jogjaprov.go.id/dataku/data dasar/index/361-jumlah-penduduk-diy](http://bappeda.jogjaprov.go.id/dataku/data_dasar/index/361-jumlah-penduduk-diy).
- Imani, N. 2018. *Implementasi Model Regresi Weibull Terhadap Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Perbaikan Kondisi Klinis Penderita Stroke (Studi Kasus Pasien Penderita Stroke di RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta Tahun 2017)*. Skripsi. Program Studi Statistika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Islam Indonesia.
- Iskandar, B. M. 2014. *Model Cox Proportional Hazard pada kejadian Bersama*. Skripsi Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kleinbaum D. G., dan Klein M. 2005. *Survival Analysis: A Self-Learning Text Second Edition*. Springer.
- Cook, R. J. dan Lawless, J. F. 2007. *The Statistical Analysis of Recurrent Events*. Springer, New York.
- Suluh. 2018. *Kasus Laka Lantas di Kota Yogyakarta Naik 189 Kasus pada 2018*. Dipetik pada tanggal 10 Oktober 2019 dari https://jogja.tribunnews.com/2018/12/30/kasus-laka-lantas-di-kota_yogyakarta-naik-189-kasus-pada-2018.