

# PENGEMBANGAN MODEL UNTUK MENENTUKAN VARABEL UTAMA PENYEBAB KECELAKAAN PEJALAN KAKI DI KOTA MAGELANG

**Furry Ayu Agustiyani**

Departemen Teknik Sipil  
Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI Depok

[furryayuagustiyani@gmail.com](mailto:furryayuagustiyani@gmail.com)

**Tri Tjahjono**

Departemen Teknik Sipil  
Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI Depok

[tri.tjahjono@yahoo.com](mailto:tri.tjahjono@yahoo.com)

**Nahry**

Departemen Teknik Sipil  
Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI Depok

[nahry@eng.ui.ac.id](mailto:nahry@eng.ui.ac.id)

## Abstract

Pedestrians are vulnerable road users, especially elderly pedestrians. In Indonesia, pedestrians accounted for 15 % of total deaths in world traffic accidents, while millions more suffered minor or severe injuries. In the city of Magelang, 22 % of traffic accidents in 2014 – 2018 were pedestrian accidents. Pedestrians accounted for 28 % of total deaths in traffic accidents. Observations on variables that affect the severity of pedestrian accidents in Magelang City were carried out using Ordered Probit Model. This method is often used for ordinal regression analysis which the dependent variable used is data with a multi-level category scale (severity). The results of the analysis show that the variables that affect the severity of pedestrian accidents are light and age. Darkness and elderly pedestrians have a significant effect on increasing severity in pedestrian accidents.

**Keywords:** pedestrian, accident, severity, ordered probit model

## Abstrak

Pejalan kaki merupakan pengguna jalan yang rentan dalam berlalulintas khususnya pejalan kaki lanjut usia (lansia). Di Indonesia, pejalan kaki berkontribusi sebesar 15 % dari total kematian dalam kecelakaan lalu lintas dunia, sedangkan jutaan orang lainnya mengalami cedera ringan maupun berat. Di Kota Magelang, 22 % kecelakaan lalu lintas pada tahun 2014 – 2018 merupakan kecelakaan pejalan kaki. Pejalan kaki menyumbang 28 % dari total kematian dalam kecelakaan lalu lintas. Pengamatan terhadap variabel yang memengaruhi tingkat keparahan kecelakaan pejalan kaki di Kota Magelang dilakukan menggunakan Metode Ordered Probit Model. Metode ini sering digunakan untuk analisis regresi ordinal dimana variabel dependen yang digunakan adalah data berskala kategorik bertingkat (tingkat keparahan). Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel yang berpengaruh terhadap tingkat keparahan kecelakaan pejalan kaki adalah cahaya dan usia. Pencahayaan yang kurang dan pejalan kaki dengan usia lanjut berpengaruh dalam meningkatkan fatalitas dalam kecelakaan pejalan kaki.

**Kata Kunci:** pejalan kaki, kecelakaan, tingkat keparahan, ordered probit model

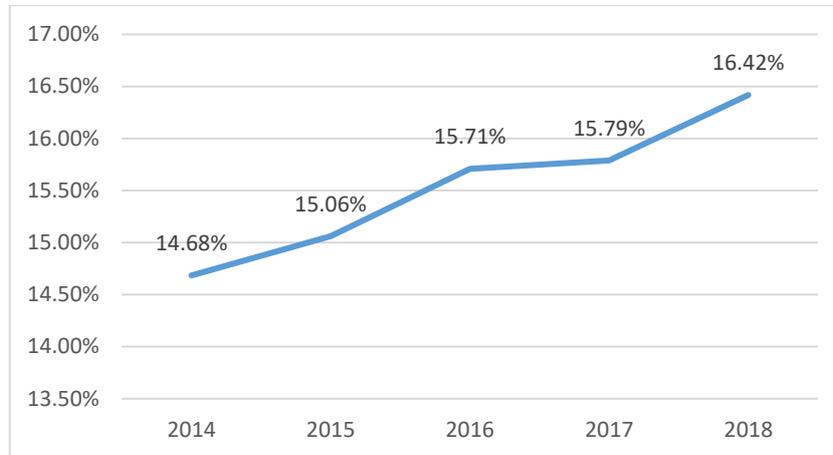
## PENDAHULUAN

WHO memperkirakan kecelakaan lalu lintas jalan menjadi penyebab kematian nomor lima di dunia pada tahun 2030 setelah penyakit jantung, stroke, paru-paru dan infeksi saluran pernapasan (WHO, 2013). Pemerintah Indonesia telah mengamanatkan untuk Penetapan Rencana Umum Nasional Keselamatan (RUNK) Jalan dengan target menurunkan fatalitas korban kecelakaan lalu lintas sebesar 80% pada tahun 2035 berbasis data tahun 2010.

Pejalan kaki merupakan pengguna jalan yang rentan dalam berlalulintas. Berdasarkan data *Integrated Road Safety Management System* (IRSMS) Kepolisian Republik Indonesia, jumlah kecelakaan lalu lintas di Indonesia dalam lima tahun terakhir (2014 – 2018) adalah sebanyak 504.446 kecelakaan dengan jumlah korban sebanyak 812.017 jiwa, dimana 15 % dari total kecelakaan merupakan kecelakaan dengan melibatkan pejalan kaki.

Secara global, pejalan kaki berkontribusi sebesar 22 % dari total kematian dalam kecelakaan lalu lintas di dunia. Jutaan orang lainnya mengalami cedera ringan maupun berat dalam

kecelakaan lalu lintas ketika sedang berjalan kaki (WHO, 2013). Di Indonesia, persentase pejalan kaki meninggal dunia terhadap total korban meninggal dunia dalam kecelakaan lalu lintas menunjukkan angka yang meningkat disetiap tahunnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Persentase Pejalan Kaki Meninggal Dunia Terhadap Total Seluruh Korban Meninggal Dunia Dalam Kecelakaan Lalu Lintas (Sumber: IRSMS Polri)

Di pulau jawa, Provinsi Jawa Tengah merupakan provinsi dengan jumlah penduduk terbanyak ketiga setelah Provinsi Jawa Barat dan Provinsi Jawa Timur. Secara administratif Provinsi Jawa Tengah terdiri dari 29 kabupaten dan 6 kota. Pejalan kaki merupakan salah satu bentuk transportasi yang penting di Kawasan perkotaan. Berdasarkan hasil pengamatan kecelakaan pejalan kaki pada 6 kota di Provinsi Jawa Tengah, Kota Magelang berada di posisi pertama untuk nilai persentase pejalan kaki meninggal dunia terhadap total kematian dalam kecelakaan lalu lintas.

Di Kota Magelang, sebesar 22 % dari kecelakaan lalu lintas pada tahun 2014 – 2018 merupakan kecelakaan dengan melibatkan pejalan kaki. Pejalan kaki menyumbang 28 % dari total kematian dalam kecelakaan lalu lintas. Nilai fatalitas ini 13 % lebih besar dari nilai rata-rata Indonesia. Kota Magelang merupakan kota dengan persentase jumlah kecelakaan dan jumlah kematian pejalan kaki tertinggi dibandingkan dengan persentase di kota-kota lainnya di Provinsi Jawa Tengah. Sehingga, kajian variabel utama penyebab kecelakaan pejalan kaki dilakukan di Kota Magelang. Berikut merupakan peta sebaran data kecelakaan pejalan kaki di Kota Magelang.



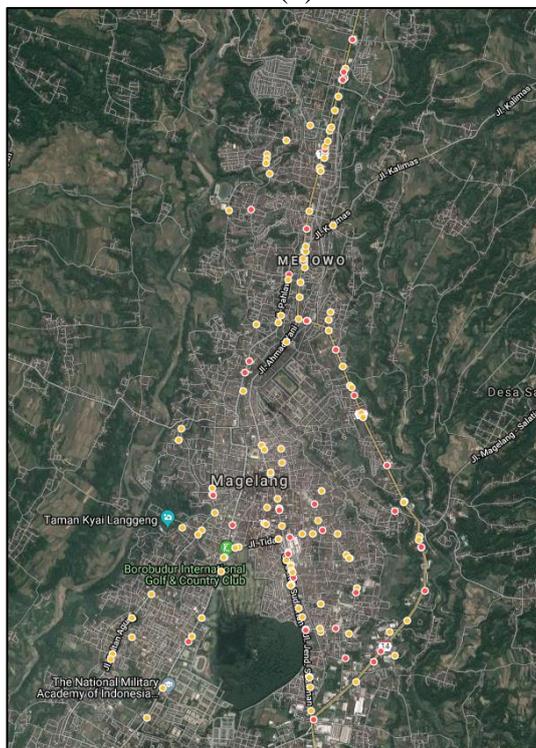
(a)



(b)



(c)

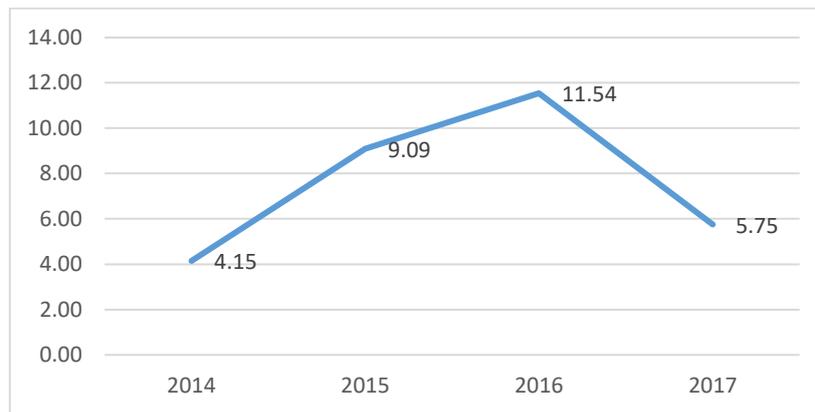


(d)

- Luka-luka
- Meninggal Dunia

Gambar 2. (a) Lokasi Provinsi Jawa Tengah, (b) Lokasi Kabupaten Magelang, (c) Lokasi Kota Magelang, (d) Sebaran Data Kecelakaan Pejalan Kaki di Magelang Berdasarkan data kecelakaan diketahui bahwa 40 dari 158 orang pejalan kaki meninggal dunia saat kecelakaan atau setara dengan 25,31 %. Bila diamati dari rasio pejalan kaki

meninggal dunia terhadap 100.000 jumlah populasi penduduk di Kota Magelang, tahun 2016 merupakan tahun dengan rasio pejalan kaki meninggal dunia tertinggi dalam kurun waktu tahun 2014 – 2017 yaitu sebesar 11,56. Hal tersebut dapat diartikan bahwa terdapat setidaknya 11 pejalan kaki meninggal dunia dalam kecelakaan lalu lintas dalam 100.000 penduduk di Kota Magelang. Gambar 3 merupakan grafik rasio pejalan kaki meninggal dunia per 100.000 penduduk di Kota Magelang pada tahun 2014 – 2017, dikarenakan data statistik jumlah penduduk Kota Magelang tahun 2018 belum tersedia dalam database Badan Pusat Statistik (BPS).



Gambar 3. Rasio Pejalan Kaki Meninggal Dunia /100.000 Penduduk

## METODOLOGI

Metode Ordered Probit Model telah digunakan oleh Tjahjono dkk., (2019) untuk menganalisis variabel yang berkontribusi terhadap tingkat keparahan kecelakaan di perlintasan sebidang. Berbeda dengan Fountas dan Anastasopoulos, (2017), mereka mengamati variabel yang berkontribusi terhadap tingkat keparahan kecelakaan di jalan raya. Variabel yang mempengaruhi tingkat keparahan kecelakaan truk besar pernah dilakukan oleh Lemp dkk., (2011). Pada beberapa penelitian tersebut, belum terdapat adanya penelitian yang menekankan pada variabel yang berkontribusi terhadap tingkat keparahan kecelakaan pejalan kaki. Hal tersebut dikarenakan data kecelakaan tidak tersedia atau tidak dapat diakses secara umum oleh masyarakat. Di Indonesia, data kecelakaan terdapat di database kecelakaan IRSMS Polri. Detail dari IRSMS dapat dilihat di Yahya (2013). Ordered Probit Model dianggap sesuai untuk digunakan pada penelitian, dikarenakan perbedaan antara kategori ordinal dari variabel dependen (tingkat keparahan) tidak dianggap sama.

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data laporan kecelakaan pejalan kaki yang didapat dari IRSMS Polri dan kondisi eksisting lokasi kecelakaan melalui tinjauan citra satelit atau *google street view*. Kronologis kecelakaan juga diamati untuk memahami bagaimana setiap kecelakaan pejalan kaki dapat terjadi. Hal-hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan solusi berupa rekomendasi peningkatan keselamatan pejalan kaki yang sesuai dengan kebutuhan berdasarkan hasil analisa. Variabel kontrol yang memengaruhi tingkat keparahan kecelakaan pejalan kaki diantaranya sebagai berikut.

Tabel 1. Variabel Kontrol yang Memengaruhi Tingkat Keparahannya Kecelakaan Pejalan Kaki

Variabel	Deskripsi
Waktu	Saat malam dan larut malam meningkatkan keparahan kecelakaan (Verzosa dan Miles, (2016); Pour-Rouholamin dan Zhou, (2016); Eluru dkk., (2008))

Lokasi kecelakaan	Persimpangan meningkatkan keparahan kecelakaan (Haleem dkk., (2015); Pour-Rouholamin dan Zhou, (2016); Clifton dkk., (2009))
Kondisi cahaya	Kondisi gelap meningkatkan keparahan (Kim dkk., (2016); Haleem dkk., (2015); Olsewski dkk., (2015))
Kondisi cuaca	Hujan meningkatkan keparahan kecelakaan (Haleem dkk., (2015); Zhai dkk., (2019))
Usia	Pejalan kaki dengan usia diatas 65 tahun meningkatkan keparahan kecelakaan (Charters dkk (2018); Kim dkk., (2008); Kim dkk., (2017); Verzosa dan Miles, (2016); Haleem dkk., (2015); Clifton dkk., (2009))
Jenis kelamin	Pejalan kaki laki-laki meningkatkan keparahan kecelakaan (Charters dkk., (2018); Clifton dkk., (2009))

Penelitian ini menggunakan Metode Ordered Probit Model (OPM) dalam menguji dan menjelaskan variabel-variabel dalam permodelan. OPM merupakan salah satu jenis dari regresi ordinal. Regresi ordinal adalah salah satu dari berbagai jenis analisis yang digunakan jika variabel dependen adalah data berskala kategorik bertingkat dimana ada yang lebih baik atau buruk dan tinggi atau rendah. Regresi ordinal mensyaratkan skala data variabel dependen adalah ordinal dan skala data variabel independen boleh kategorik ataupun kuantitatif (numerik).

Keuntungan menggunakan OPM adalah semua tingkatan atau opsi kejadian dalam bentuk ordinal (0, 1, ..., n) dapat masing-masing dapat diketahui nilai probabilitasnya [Prob (y = 0), Prob (y = 1), ..., Prob (y = n)]. Tingkat keparahan kecelakaan pejalan kaki diklasifikasikan menjadi dua kategori: (0) luka-luka, (1) meninggal dunia. Spesifikasi fungsional dari OPM adalah sebagai berikut.

$$y_i^* = \beta X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

Dimana  $y_i^*$  adalah tingkat keparahan yang diprediksi oleh pejalan kaki  $i$ ,  $\beta$  merupakan vektor parameter yang diperkirakan,  $x_i$  vektor dari variabel penjelas non-acak yang diamati untuk mengukur atribut korban kecelakaan  $i$ , dan  $\varepsilon_i$  istilah kesalahan acak yang mengikuti distribusi normal (*error*). Tingkat keparahan diklasifikasikan menggunakan kriteria berikut.

$$y_i^* = \begin{cases} 0, & \text{Jika } \mu_0 < y_i^* \leq \mu_1, \text{ (Luka - luka)} \\ 1, & \text{Jika } \mu_1 < y_i^* \leq \mu_2, \text{ (Meninggal Dunia)} \end{cases} \quad (2)$$

Dimana  $\mu_1$  dan  $\mu_2$  adalah nilai ambang batas untuk semua tingkat keparahan cedera pejalan kaki yang menentukan nilai  $y_i^*$ . Prinsip yang digunakan dalam regresi ordinal adalah prinsip *General Least Square*. Prinsip *General Least Square* yaitu metode pemodelan yang memprediksikan probabilitas kumulatif dari tiap kategori yang ada. Model regresi ordinal akan memberikan penjelasan dalam bentuk sebuah persamaan yang menjelaskan prediksi probabilitas kumulatif pejalan kaki akan mengalami meninggal dunia dan luka-luka saat terjadi kecelakaan. Dimana meninggal dunia dan luka-luka merupakan sebuah kesatuan yang utuh yang jumlah probabilitas kumulatifnya pasti 1 (satu) atau seratus persen (100%). Sehingga, regresi ini tidak membentuk model persamaan yang dapat memprediksi seberapa besarnya pejalan kaki dapat meninggal dunia atau luka-luka saat terjadi kecelakaan. Ordered Probit Model dianalisis menggunakan Software R Program Versi 3.4.3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diamati berasal dari database kecelakaan IRSMS Polri, data kecelakaan disortir berdasarkan tipe kecelakaan. Pada penelitian ini, data kecelakaan yang digunakan dalam

pengamatan merupakan kecelakaan yang melibatkan pejalan kaki. Berdasarkan data yang tersedia, diketahui bahwa terdapat 156 kecelakaan melibatkan pejalan kaki dengan jumlah korban pejalan kaki sebanyak 158 orang pada tahun 2014 – 2018 di Kota Magelang. Berikut merupakan frekuensi dan persentase baik variabel dependen maupun variabel independen.

Tabel 2. Deskripsi Korban Kecelakaan Pejalan Kaki ( $n = 158$ )

Deskripsi		Jumlah Data	Persentase
Dependen Variabel			
Tingkat Luka (Y)	0 = Luka-Luka	120	76%
	1 = Meninggal Dunia	38	24%
Independen Variabel			
Hari (X1)	0 = Hari Libur	48	30%
	1 = Hari Kerja	110	70%
Waktu (X2)	0 = 04.00 - 05.59 (Subuh)	3	2%
	1 = 06.00 - 10.59 (Pagi)	29	18%
	2 = 11.00 - 14.59 (Siang)	41	26%
	3 = 15.00 - 18.59 (Sore)	36	23%
	4 = 19.00 - 03.59 (Malam)	49	31%
Lokasi Kecelakaan (X3)	0 = Simpang	10	6%
	1 = Ruas Jalan	148	94%
Kondisi Cahaya (X4)	0 = Terang (jelas terlihat)	134	85%
	1 = Redup (tidak jelas terlihat)	20	13%
	2 = Gelap (tidak terlihat)	4	3%
Kondisi Cuaca (X5)	0 = Cerah	141	89%
	1 = Hujan	17	11%
Usia (X6)	0 = 0 - 65 tahun	114	72%
	1 = Lebih dari 65 tahun	44	28%
Jenis Kelamin (X7)	0 = Laki-laki	87	55%
	1 = Perempuan	71	45%

Tabel 2 menunjukkan bahwa dari 158 data korban kecelakaan pejalan kaki, kecelakaan pejalan kaki paling sering terjadi pada hari kerja, lokasi di ruas jalan, kondisi pencahayaan yang terang, dan cuaca yang cerah. Kecelakaan pejalan kaki dapat terjadi pada kategori waktu kapan saja, namun berdasarkan tabel tersebut kecelakaan pejalan kaki sering terjadi pada malam dan siang hari. Persentase korban kecelakaan pejalan kaki terdiri dari 55 % laki-laki dan 45 % perempuan. Sedangkan, berdasarkan kategori usia, 72 % korban kecelakaan pejalan kaki berusia dibawah 65 tahun.

Pada penelitian ini, model dianalisis menggunakan *Ordered Generalized Linear Models* (OGLM) dengan bantuan perangkat Software R Program. Berikut merupakan hasil model estimasi variabel dan efek marginal korban kecelakaan pejalan kaki.

Tabel 3. Hasil Model Estimasi dan Efek Marginal Korban Kecelakaan Pejalan Kaki

Variabel	Parameter Estimate	P-Value	Marginal Effect	
			Luka-Luka	Meninggal Dunia
Hari (X1)	-0.15	0.56	0.04	-0.04
Waktu (X2)	-0.05	0.63	0.01	-0.01
Lokasi Kecelakaan (X3)	-0.51	0.24	0.15	-0.15
Kondisi Cahaya (X4)	0.65	0.03 *	-0.19	0.19
Kondisi Cuaca (X5)	-0.46	0.29	0.14	-0.14

Usia (X6)	0.63	0.01 *	-0.19	0.19
Jenis Kelamin (X7)	-0.22	0.36	0.06	-0.06

Berdasarkan Tabel 3, maka diketahui fungsi utilitas yang didapatkan dari hasil analisa OPM sebagai berikut.

$$y_1 = 0,65x_4 + 0,63x_6 + \varepsilon \quad (3)$$

Kecelakaan dengan korban fatal difokuskan dalam penelitian ini sejalan dengan target dari RUNK Jalan yaitu mengurangi tingkat fatalitas kecelakaan. Tabel 3 menunjukkan prediksi probabilitas kumulatif pejalan kaki akan mengalami meninggal dunia dan luka-luka saat terjadi kecelakaan. Nilai negatif dan positif menunjukkan arah dari nilai ordered variabel (contoh: tanda positif pada kondisi cuaca menunjukkan bahwa pejalan kaki memiliki probabilitas lebih tinggi untuk mengalami luka-luka dalam kecelakaan lalu lintas ketika cuaca hujan). Dari ketujuh variabel independen yang diamati, kondisi cahaya dan usia memiliki tingkat probabilitas yang lebih tinggi terhadap kecelakaan fatal pejalan kaki. Pejalan kaki memiliki kemungkinan lebih tinggi meninggal dunia dalam kecelakaan lalu lintas ketika kondisi cahaya gelap atau tidak terlihat. Nilai koefisien  $\beta_4$  sebesar 0,65 menunjukkan bahwa apabila variabel standar deviasi kondisi cahaya ( $x_4$ ) mengalami perubahan sebesar 1 tingkat, maka tingkat keparahan pejalan kaki meninggal dunia ( $y_1$ ) akan mengalami peningkatan sebesar 65 %, jika variabel lainnya tetap. Pejalan kaki dengan usia lanjut yaitu usia 65 tahun ke atas juga memiliki kemungkinan lebih tinggi meninggal dunia dalam kecelakaan lalu lintas. Nilai koefisien  $\beta_6$  sebesar 0,63 menunjukkan bahwa apabila variabel standar deviasi usia ( $x_6$ ) mengalami perubahan sebesar 1 tingkat, maka tingkat keparahan pejalan kaki meninggal dunia ( $y_1$ ) akan mengalami peningkatan sebesar 63 %, jika variabel lainnya tetap. Hal ini dapat di simpulkan bahwa cuaca gelap dan pejalan kaki lansia akan meningkatkan tingkat fatalitas kecelakan pejalan kaki.

## KESIMPULAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variabel utama penyebab kecelakaan pejalan kaki. Berdasarkan analisis order probit model, diketahui bahwa variabel cuaca dan usia berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat keparahan kecelakaan pejalan kaki. Jika variabel standar deviasi kondisi cahaya ( $x_4$ ) mengalami perubahan sebesar 1 tingkat, maka tingkat keparahan pejalan kaki meninggal dunia ( $y_1$ ) akan mengalami peningkatan sebesar 65 %, jika variabel lainnya tetap. Berlaku hal yang sama dengan usia pejalan kaki yaitu, jika variabel standar deviasi usia ( $x_6$ ) mengalami perubahan sebesar 1 tingkat, maka tingkat keparahan pejalan kaki meninggal dunia ( $y_1$ ) akan mengalami peningkatan sebesar 63 %, jika variabel lainnya tetap. Kondisi pencahayaan yang gelap meningkatkan tingkat fatalitas kecelakan pejalan kaki, hal ini relevan terhadap hasil dari penelitian sebelumnya (Haleem dkk., (2015); Olsewski dkk., (2015); Pour-Rouholamin dan Zhou, (2016)). Begitupun dengan variabel usia, pejalan kaki dengan usia lebih dari 65 tahun atau lansia meningkatkan tingkat fatalitas kecelakaan pejalan kaki (Verzosa dan Miles, (2016); Charters dkk., (2018); Gitelman dkk., (2019)).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah PITTA dengan Nomor: NKB – 0794/UN2. R3.1/HKP.05.00/2019 dan kepada Korps Lalu Lintas Polri yang telah memberikan izin untuk mengakses database kecelakaan IRSMS.

## DAFTAR PUSTAKA

- Charters, K. E., Gabbe, B. J., & Mitra, B. (2018). Pedestrian traffic injury in Victoria. Australia. *Injury, Int. J. Care Injured* 49, 256-260.
- Clifton, K. J., V, C., Burnier, & Akar, G. (2009). Severity resulting from pedestrian-vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment? *Transportation Research Part D* 14, 245-436.
- Eluru, N., Bhat, C. R., & Hensher, D. A. (2008). A mixed generalized ordered response model for examining pedestrian and bicyclist injury severity level in traffic crashes. *Accident Analysis and Prevention* 40, 1033-1054.
- Fountas, G., & Anastasopoulos, P. C. (2017). A random thresholds random parameters hierarchical ordered probit analysis of highway accident injury-severities. *Analytic Methods in Accident Research* 15, 1-16.
- Gitelman, V., Levi, S., Carmel, R., Korchatov, A., & Hakkert, S. (2019). Exploring patterns of child pedestrian behaviors at urban intersections. *Accident Analysis and Prevention*, 36-47.
- Haleem, K., Alluri, P., & Gan, A. (2015). Analyzing pedestrian crash injury severity at signalized and non signalized location. *Accident Analysis and Prevention* 110, 14-23.
- Kim, J.-K., Ulfarsson, G. F., Shankar, V. N., & Kim, S. (2008). Age and pedestrian injury severity in motor-vehicle crashes: A heteroskedastic logit analysis. *Accident Analysis and Prevention* 40, 1695-1702.
- Kim, J.-K., Ulfarsson, G. F., Shankar, V. N., & Mannering, F. L. (2010). A note on modeling pedestrian-injury severity in motor-vehicle crashes with the mixed logit model. *Accident Analysis and Prevention* 42, 1751-1758.
- Kim, M., Kho, S.-Y., & Kim, D.-K. (2017). Hierarchical ordered model for injury severity of pedestrian crashes in South Korea. *Journal of Safety Research* 61, 33-40.
- Lemp, J. D., Kockelman, K. M., & Unnikrishnan, A. (2011). Analysis of large truck crash severity using heteroskedastic ordered probit models. *Accident Analysis and Prevention* 43, 370-380.
- Olsewski, P., Szagala, P., Wolanski, M., & Zielinska, A. (2015). Pedestrian fatality risk in accidents at unsignalized zebra crosswalks in Poland. *Accident Analysis and Prevention* 84, 83-91.
- Pour-Rouholamin, M., & Zhou, H. (2016). Investigating the risk factors associated with pedestrian injury severity in Illinois. *Journal of Safety Research* 57, 9-17.
- Savitri, W. P. (2012). Estimasi Risiko Pada Lanjut Usia Yang Mengalami Kecelakaan Lalu Lintas Di Kota Surabaya. *Jurnal Biometrika dan Kependudukan*, 1-60.
- Tjahjono, T., Kusuma, A., Pratiwi, Y. Y., & Purnomo, R. Y. (n.d.). Identification determinant variables of the injury severity crashes at road-railway level crossing in Indonesia.
- Verzosa, N., & Miles, R. (2016). Severity of road crashes involving pedestrians in Metro Manila. *Accident Analysis and Prevention* 94, 216-226.
- Zhai, X., Huang, H., Sze, N. N., Song, Z., & Hon, K. K. (2019). Diagnostic analysis of the effects of weather condition on pedestrian crash severity. *Accident Analysis and Prevention* 122, 318-324.
- Yahya, M. N., Faulks, I. J., Hambleton, P., & Wass, C. (2013). Development of an integrated road safety management system in Indonesia: traffic police as lead agents in a safe system approach. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 24(2), 28-38.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 43 Tahun 1993 Tentang Prasarana dan Lalu Lintas Jalan.  
Rencana Umum Nasional Keselamatan (RUNK) Jalan 2011-2035. Forum lalu Lintas dan Angkutan Jalan Departemen Perhubungan.