

Klasifikasi Tingkat Risiko Kerugian Kecelakaan berdasarkan Karakteristik Pengemudi dengan Analisis Regresi Logistik Ordinal

FIDA FATHIYAH ADDINI¹, DWI HARYANTO¹, RUKAESIH A. MAOLANI²

¹ Program Studi Aktuaria, Sekolah Tinggi Manajemen Asuransi Trisakti

² Program Studi Asuransi Kerugian, Sekolah Tinggi Manajemen Asuransi Trisakti

Jl. Jend. Ahmad Yani No. 85, DKI Jakarta 13210

Email: fidaaddini@gmail.com, haryantodwi2011@gmail.com

Abstrak

Pengemudi kendaraan bermotor menghadapi risiko kecelakaan yang dapat mengakibatkan kerugian, khususnya kerugian material. Kecelakaan pengemudi kendaraan dipengaruhi oleh faktor manusia (internal) maupun faktor kendaraan dan lingkungan (eksternal). Faktor internal contohnya usia, jenis kelamin dan pekerjaan, sedangkan faktor eksternal contohnya jenis kendaraan. Kerugian material yang dialami oleh pengemudi dapat berbeda-beda dan dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal, yang selanjutnya disebut sebagai karakteristik pengemudi. Kerugian material dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tingkatan, seperti kerugian material ringan, sedang, atau berat. Penelitian ini menggunakan analisis regresi logistik ordinal untuk memprediksi klasifikasi tingkat kerugian material kecelakaan berdasarkan karakteristik pengemudi. Prediksi klasifikasi yang diperoleh adalah nilai peluang, yaitu peluang seorang pengemudi diklasifikasikan ke tingkat kerugian ringan, sedang atau berat berdasarkan karakteristiknya. Variabel dependen yang digunakan adalah tingkat kerugian material. Selain itu digunakan variabel independen jenis kendaraan, jenis kelamin, tingkat pendidikan, pekerjaan, agama dan usia. Analisis dilakukan menggunakan data kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Klungkung Provinsi Bali. Berdasarkan hasil penelitian, variabel independen jenis kendaraan, jenis kelamin, tingkat pendidikan, agama dan usia berpengaruh terhadap tingkat kerugian material. Model yang diperoleh kemudian digunakan untuk memprediksi klasifikasi tingkat kerugian material dari data kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Klungkung Provinsi Bali. Prediksi dikatakan tepat apabila tingkat kerugian material dari data sesuai dengan tingkat kerugian material hasil prediksi. Hasil analisis menunjukkan ketepatan prediksi klasifikasi sebesar 76,27%.

Kata kunci: Regresi Logistik Ordinal, Klasifikasi Risiko, Kerugian Kecelakaan, Karakteristik Pengemudi.

Abstract

Motor vehicle drivers face the risk of accidents that can result in losses, especially material losses. Vehicle driver accidents are influenced by human factors (internal) as well as vehicle and environmental factors (external). Internal factors include age, gender, and occupation, while external factors include the type of vehicle. Material losses experienced by drivers vary and are influenced by internal and external factors, hereinafter referred to as driver characteristics. Material losses can be classified into several levels, such as light, moderate, or heavy material losses. This study uses ordinal logistic regression analysis to predict the classification of the level of accident material losses based on the characteristics of the driver. The prediction of the classification obtained is the opportunity value, which is the probability that a driver is classified into a light, medium, or heavy loss level based on its characteristics. The dependent variable used is the level of material loss. In addition, the independent variables used are vehicle type, gender, education level, occupation, religion, and age. The analysis was carried out using traffic accident data in Klungkung Regency, Bali Province. Based on the results of the study, the independent variables of vehicle type, gender, education level, religion, and age affect the level of material losses. The model obtained is then used to predict the classification of the level of material loss from traffic accident data in Klungkung Regency, Bali Province. Prediction is said to be correct if the level of material loss from the data is by the level of material loss predicted. The results of the analysis show the accuracy of the classification prediction is 76.27%.

Keywords: Ordinal Logistic Regression, Risk Classification, Accident Losses, Driver Characteristics.

1. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor mempermudah seseorang dalam bepergian dan melakukan aktivitas. Kepemilikan suatu kendaraan bermotor dapat menimbulkan berbagai risiko, seperti risiko kecelakaan, kebakaran, kehilangan atau risiko lainnya. Kecelakaan dapat menimbulkan kerugian fisik, finansial dan mental kerugian bagi semua orang yang terlibat. Pengemudi dan penumpang dapat menderita luka ringan dan memar pada anggota badan yang patah, tergores, cedera punggung dan cedera tulang belakang, kelumpuhan dan bahkan kematian (Kaplan, [10]). Risiko yang terjadi dapat menimbulkan kerugian material, yang dapat diklasifikasikan menjadi beberapa tingkat, seperti kerugian material ringan, sedang atau berat. Penyebab kecelakaan didominasi dari faktor manusia (internal) dibandingkan faktor kendaraan dan lingkungan (eksternal) (Luthfiyani, [12]). Faktor-faktor tersebut dapat dipandang sebagai karakteristik pengemudi kendaraan bermotor.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi risiko kecelakaan kendaraan bermotor adalah karakteristik pengemudi. Faktor internal berupa usia dan tingkat pendidikan serta faktor eksternal berupa kecepatan perjalanan adalah karakteristik yang berpeluang menyebabkan pengemudi mengalami kecelakaan di Kota Malang (Ambarwati, [3]). Faktor internal berupa kecakapan dan kebiasaan pengemudi, yang mempengaruhi pola berkendara, dapat mengindikasikan terjadinya kecelakaan di Jalur Perlintasan 325 Lamongan (Luthfiyani, [12]). Pada penelitian Putri [17], usia pengemudi yang terlibat kecelakaan di Kota Kayu Agung sebagian besar berusia kurang dari 17 tahun. Kemudian pada penelitian Ratnasari [18], terdapat hubungan antara jenis kelamin remaja dengan kejadian kecelakaan lalu lintas pada komunitas di Manado. Hal-hal tersebut sejalan dengan penelitian

Herawati [16], dimana karakteristik pelaku dan korban kecelakaan di Indonesia didominasi oleh usia produktif, berjenis kelamin laki-laki, berprofesi sebagai karyawan swasta dan tingkat pendidikan SLTA. Dapat disimpulkan bahwa faktor internal dan eksternal mempengaruhi risiko kecelakaan, yang dapat menimbulkan tingkat kerugian material tertentu.

Pengemudi yang mengalami kerugian material akibat kecelakaan, bisa memperoleh ganti rugi apabila kendaraannya diasuransikan. Asuransi kendaraan bermotor adalah suatu pertanggung-janaan yang memberikan perlindungan kepada pemilik kendaraan bermotor atau yang berkepentingan terhadap kerugian yang timbul secara fisik pada kendaraan bermotor (Suliyanto, [21]). Semakin besar kerugian yang akan ditanggung menyebabkan semakin besar kemungkinan ganti rugi yang dibayarkan, sehingga premi dari polis asuransi tentunya akan semakin tinggi. Salah satu pertanyaan dasar dalam bisnis asuransi adalah bagaimana memilih satu nilai premi agar supaya dapat menutup kerugian di masa yang akan datang (Awaloedin, [4]), sebagai bentuk dari proses manajemen risiko. Namun pada kenyataannya, penentuan premi pada suatu polis asuransi kendaraan bermotor tidak didasarkan pada karakteristik pengemudi. Padahal karakteristik pengemudi yang berbeda menyebabkan kemungkinan terjadinya tingkat kerugian material yang juga berbeda. Prediksi tingkat kerugian material sebaiknya menjadi salah satu bahan pertimbangan penentuan premi asuransi.

Penelitian mengenai hubungan kecelakaan dan karakteristik pengemudi menggunakan analisis deskriptif dan/atau uji *Chi-Square* telah dilakukan oleh Ratnasari [18], Herawati [6] dan Putri [17]. Namun pada penelitian tersebut belum dilakukan prediksi terkait terjadinya kecelakaan atau risiko kerugian material akibat kecelakaan. Prediksi terjadinya kecelakaan berdasarkan faktor karakteristik pengemudi telah diteliti oleh Luthfiyani, [12], Ambarwati [3], Permanawati [16] dan Nugroho [15]. Analisis yang digunakan pada penelitian tersebut adalah analisis regresi logistik dengan 2 kategori variabel dependen yaitu terjadi kecelakaan atau tidak terjadi kecelakaan. Terlihat bahwa sejauh ini belum ada penelitian yang dilakukan untuk memprediksi tingkat kerugian material akibat terjadinya kecelakaan.

Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi klasifikasi tingkat kerugian material kecelakaan berdasarkan karakteristik pengemudi. Tingkat kerugian material digunakan karena asuransi kendaraan bermotor hanya memberikan ganti rugi atas kerugian material kendaraan, tidak termasuk kerugian fisik dari pengemudi. Hal ini akan menjadi batasan masalah pada penelitian yang dilakukan.

Tingkat kerugian material yang diprediksi diklasifikasikan ke dalam 3 kategori, kerugian material ringan, sedang atau berat, sehingga skala variabel dependen adalah skala ordinal. Model yang sesuai untuk variabel dependen dengan skala ordinal adalah model regresi logistik ordinal. Model yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung prediksi peluang klasifikasi tingkat kerugian material dari pengemudi dengan karakteristik tertentu. Dalam penelitian ini klasifikasi tingkat kerugian dan karakteristik pengemudi yang digunakan dibatasi pada informasi yang diperoleh dari data kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Klungkung Provinsi Bali pada bulan Januari 2019 hingga Januari 2022.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan data kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Klungkung bulan Januari 2019 hingga Januari 2022 berjumlah 108 kecelakaan. Variabel yang digunakan berupa variabel dependen (Y) dan independen (X). Variabel dependen merupakan klasifikasi tingkat kerugian material dari kecelakaan, yaitu kerugian material ringan, sedang dan berat. Variabel dependen terlihat dalam Tabel 1.

Adapun variabel independen yang digunakan adalah karakteristik pengemudi (internal dan eksternal), yaitu jenis kendaraan (motor, mobil, truk), jenis kelamin, tingkat pendidikan (tidak kuliah dan kuliah), pekerjaan (tidak bekerja atau bekerja), agama (Hindu dan selain Hindu) dan usia. Variabel-variabel tersebut terlihat dalam Tabel 2.

Metode yang dilakukan untuk meneliti prediksi klasifikasi tingkat kerugian kendaraan bermotor berdasarkan karakteristik pengemudi adalah metode regresi logistik ordinal. Metode

TABEL 1. Variabel dependen penelitian.

Variabel	Notasi	Keterangan
Kerugian material (Y)	Y_{1a}	Kerugian material ringan, kerugian < Rp 1.000.000
	Y_{1b}	Kerugian material sedang, Rp 1.000.000 < kerugian < Rp 5.000.000
	Y_{1c}	Kerugian material berat, kerugian > Rp 5.000.000

TABEL 2. Variabel independen penelitian.

Variabel	Notasi	Keterangan
Kendaraan (X_1)	X_{1a}	Motor
	X_{1b}	Mobil
	X_{1c}	Truk
Jenis Kelamin (X_2)	X_{2a}	Perempuan
	X_{2b}	Laki-laki
Tingkat pendidikan (X_3)	X_{3a}	Tidak kuliah
	X_{3b}	Kuliah
Pekerjaan (X_4)	X_{4a}	Tidak bekerja
	X_{4b}	Bekerja
Agama (X_5)	X_{5a}	Hindu
	X_{5b}	Selain Hindu
Usia (X_6)	X_6	

regresi ini umum digunakan untuk melakukan pengklasifikasian berdasarkan persamaan regresi, seperti pada Ndangi *et al.* [13] dan Ningsih & Dukalang [14]. Analisis regresi logistik ordinal dilakukan menggunakan perangkat lunak *RStudio 2022.02.0 Build 443*, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Uji multikolinieritas pada variabel independen
2. Estimasi parameter pada metode regresi logistik ordinal
3. Uji signifikansi parameter (uji simultan dan uji parsial)
4. Perhitungan ketepatan klasifikasi
5. Interpretasi hasil

2.1. Karakteristik Pengemudi. Faktor seperti usia, jenis kelamin, kecakapan dan kebiasaan pengemudi, profesi dan tingkat pendidikan telah terbukti terkait dengan berbagai risiko kecelakaan di jalan (Ambarwati, [3]; Luthfiyani, [12]; Putri, [17]; Ratnasari, [18]; dan Herawati, [6]). Oleh karena itu, terlepas dari upaya oleh organisasi atau pemerintah untuk meningkatkan keselamatan mengemudi, mungkin melalui pelatihan, penilaian risiko, atau penyediaan panduan untuk mengemudi yang aman, beberapa individu lebih cenderung menunjukkan perilaku mengemudi yang aman dibandingkan yang lain (Hu *et al.*, [8]).

Penelitian oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Darat menunjukkan bahwa sebanyak 55,95% kecelakaan lalu lintas dialami oleh masyarakat yang berusia 16-30 tahun (Aisyah, [2]). Sedangkan masyarakat berusia lebih dari 40 tahun tidak terlalu berkontribusi besar. Hal ini diduga karena adanya tingkat kesadaran dan kedisiplinan yang meningkat sering dengan bertambahnya usia. Selanjutnya juga diperoleh hasil bahwa sebagian besar kecelakaan lalu lintas dialami pengemudi yang memiliki tingkat pendidikan SD sampai SMA, dengan persentase SD 13,13%, SMP 25%, dan SMA 40,53% (Aisyah, [2]).

Selain itu jenis kelamin juga telah dilaporkan sebagai faktor signifikan dalam kecelakaan. Penelitian melaporkan bahwa kelompok laki-laki dan perempuan memiliki perbedaan yang signifikan sehubungan dengan tingkat keparahan cedera akibat kecelakaan (Kim *et al.*, [11]). Perbedaan seperti itu adalah hal yang penting karena kecelakaan yang melibatkan pengemudi laki-laki lebih mungkin berakibat fatal daripada pengemudi perempuan.

Lebih lanjut, tingkat kecelakaan kendaraan berdasarkan perbedaan jenis kelamin juga dipengaruhi oleh status pekerjaan. Penelitian menyebutkan bahwa tingkat kecelakaan pengendara laki-laki dewasa yang memiliki pekerjaan secara signifikan lebih tinggi daripada mereka yang tidak memiliki pekerjaan (Hu *et al.*, [8]). Sedangkan pengendara perempuan dewasa yang memiliki pekerjaan memiliki tingkat kecelakaan yang jauh lebih rendah daripada mereka yang tidak memiliki pekerjaan. Walaupun begitu pengaruh status pekerjaan terhadap tingkat kecelakaan kendaraan pengendara perempuan dewasa adalah kecil.

2.2. Regresi Logistik Ordinal. Metode regresi adalah analisis data untuk mencari hubungan antara variabel dependen (Y) dengan satu atau lebih variabel independen (X). Tujuan metode ini adalah mendapatkan suatu persamaan yang menggambarkan variabel dependen berdasarkan sekumpulan variabel independen. Regresi logistik adalah kasus khusus dari metode regresi, yaitu saat variabel dependen bersifat kategorik (dengan dua atau lebih kategori) dan variabel independen bersifat kontinu atau kategorik (Hosmer *et al.*, [7]). Regresi logistik ordinal merupakan regresi logistik dengan variabel dependen bersifat kategorik skala ordinal. Metode regresi logistik ordinal tidak memperbolehkan adanya hubungan atau korelasi linier antar variabel independen. Untuk mengetahui hal tersebut digunakan uji multikolinieritas. Variabel independen dengan skala ordinal dan interval dilihat hubungan liniernya menggunakan koefisien korelasi Spearman (rho-spearman). Variabel independen dengan skala nominal dilihat hubungannya menggunakan uji berdasarkan koefisien kontingensi.

Persamaan regresi logistik ordinal yang digunakan dinyatakan dalam persamaan berikut (Hosmer *et al.*, [7])

$$P(|Y \leq r| x_i) = \frac{\exp(\beta_{0r} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}{1 + \exp(\beta_{0r} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}, \tag{1}$$

dengan $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})$ adalah nilai pengamatan ke- i , $i = 1, 2, \dots, n$, dari variabel independen ke- p (Agresti, [1]) dan r adalah banyak kategori dari variabel dependen. Estimasi parameter model dilakukan dengan transformasi logit dari persamaan (1)

$$g_r(x) = \text{Logit}P(|Y \leq r| x_i) = \ln \left(\frac{P(|Y \leq r| x_i)}{1 - P(|Y \leq r| x_i)} \right). \tag{2}$$

Substitusi persamaan (1) ke persamaan (2), diperoleh persamaan (3) berikut

$$g_r(x) = \text{Logit}P(|Y \leq r| x_i) = \beta_{0r} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik}, \tag{3}$$

dengan nilai koefisien β_k , $k = 1, 2, \dots, p$, yang sama untuk setiap model regresi logistik ordinal. Persamaan (3) adalah persamaan linier dari nilai konstanta β_{0r} dan nilai-nilai koefisien β_k . Berbeda dengan koefisien regresi linier, nilai koefisien β_k pada regresi logistik ordinal cukup sulit diinterpretasikan. Sehingga diperkenalkan istilah *odds ratio*, yaitu nilai eksponen dari koefisien β_k atau $\exp(\beta_k)$, $k = 1, 2, \dots, p$, yang merupakan rasio peluang suatu kategori variabel independen termasuk dalam kategori variabel dependen, dibandingkan peluang dari kategori variabel independen yang sama (Agresti, [1]).

Variabel dependen dari model yang diteliti terdiri dari tiga kategori, sehingga $r = 1, 2, 3$, dan persamaan peluang kumulatif dari variabel dependen ke- r adalah sebagai berikut.

$$g_1(x) = P(|Y \leq 1| x_i) = \frac{\exp(\beta_{01} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}{1 + \exp(\beta_{01} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})} \tag{4}$$

$$g_2(x) = P(|Y \leq 2| x_i) = \frac{\exp(\beta_{02} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}{1 + \exp(\beta_{02} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}. \tag{5}$$

Berdasarkan persamaan peluang kumulatif (4) dan (5), didapatkan peluang untuk masing-masing kategori variabel dependen. Untuk kategori 1 atau $r = 1$, diperoleh $P(Y = 1) = P(|Y \leq 1| x_i)$. Untuk kategori 2 atau $r = 2$, diperoleh $P(Y = 2) = P(|Y \leq 2| x_i) - P(|Y \leq 1| x_i)$.

Untuk kategori terakhir atau $r = 3$, diperoleh $P(Y = 3) = 1 - P(|Y \leq 2| x_i)$. Secara lengkap persamaan peluang untuk masing-masing kategori adalah

$$P(Y = 1) = \frac{\exp(\beta_{01} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}{1 + \exp(\beta_{01} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})} \quad (6)$$

$$P(Y = 2) = \frac{\exp(\beta_{02} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}{1 + \exp(\beta_{02} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})} - \frac{\exp(\beta_{01} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}{1 + \exp(\beta_{01} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})} \quad (7)$$

$$P(Y = 3) = 1 - \frac{\exp(\beta_{02} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}{1 + \exp(\beta_{02} + \sum_{k=1}^p \beta_k x_{ik})}. \quad (8)$$

2.3. Pengujian Parameter Regresi Logistik Ordinal. Hasil estimasi parameter persamaan regresi logistik ordinal perlu diuji signifikansinya, dengan uji simultan dan uji parsial. Uji simultan dilakukan untuk menentukan apakah model yang diperoleh valid (signifikan) dan melihat signifikansi dari keseluruhan estimasi parameter (Hosmer *et al.*, [7]). Uji simultan memiliki hipotesis berikut.

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

$$H_1 : \text{minimal terdapat satu } \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p.$$

Pada uji ini digunakan likelihood ratio test dengan statistik uji G .

$$G = 2 \left\{ \sum_{i=1}^p [y_i \ln(\hat{\pi}_i) + (1 - y_i) \ln(1 - \hat{\pi}_i)] - [n_1 \ln(n_1) + n_0 \ln(n_0) - n \ln(n)] \right\}, \quad (9)$$

dengan n_1 = jumlah observasi kategori 1 dan n_0 = jumlah observasi kategori 0. Jika $G > \chi_{(v, \alpha)}^2$ dengan v derajat bebas, maka statistik uji G masuk dalam daerah penolakan H_0 (Agresti, [1]).

Sementara uji parsial dilakukan untuk melihat signifikansi masing-masing parameter variabel independen. Uji parsial memiliki hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_k = 0$$

$$H_1 : \beta_k \neq 0, k = 1, 2, \dots, p.$$

Pada uji ini digunakan uji Wald dengan statistik uji W . Jika $|W| > Z_{\frac{\alpha}{2}}$ atau $W^2 > \chi_{(v, \alpha)}^2$ dengan v derajat bebas, maka statistik uji W masuk daerah penolakan H_0 (Agresti, [1]).

$$W = \frac{\widehat{(\beta_k)}}{SE(\widehat{(\beta_k)})}. \quad (10)$$

Estimasi parameter koefisien regresi logistik $\hat{\beta}_k$ diperoleh menggunakan metode maksimum *likelihood*. Turunan parsial pertama dari fungsi *likelihood* koefisien regresi logistik ordinal tidak memiliki bentuk analitik, sehingga diperlukan optimasi secara numerik (Rifada *et al.*, [20]; Febrianti *et al.*, [5]). Pada penelitian ini digunakan package *Regression Modelling Strategies* (rms) pada perangkat lunak *RStudio 2022.02.0 Build 443* untuk menghitung estimasi parameter tersebut. Analog dengan estimasi parameter koefisien regresi logistik ordinal, *standard error* dari koefisien tersebut juga dihitung secara numerik.

2.4. Ketepatan Klasifikasi Regresi Logistik Ordinal. Ketepatan klasifikasi berdasarkan model dapat dilihat menggunakan salah satu tingkat ketepatan klasifikasi yaitu *Apparent Correct Classification Rate* (Rencher, [19]). Perhitungan ACCR diperoleh dari hasil tabel klasifikasi. Contoh tabel klasifikasi untuk klasifikasi tiga kelompok terlihat dalam Tabel 3.

dengan n_r = jumlah observasi (asli) di kelompok r , $r = 1, 2, 3$, n_{11} = jumlah observasi kelompok 1 yang tepat diklasifikasikan ke kelompok 1, n_{12} = jumlah observasi kelompok 1 yang diklasifikasikan ke kelompok 2, dan n_{13} = jumlah observasi kelompok 1 yang diklasifikasikan

TABEL 3. Tabel klasifikasi untuk 3 kelompok

Kelompok (asli)	Banyak observasi	Klasifikasi (prediksi)		
		1	2	3
1	n_1	n_{11}	n_{12}	n_{13}
2	n_2	n_{21}	n_{22}	n_{23}
3	n_3	n_{31}	n_{32}	n_{33}

ke kelompok 3. Definisi yang serupa berlaku untuk n_{21} , n_{22} , n_{23} , n_{31} , n_{32} , dan n_{33} . Persentase ketepatan klasifikasi model dihitung menggunakan *Apparent Correct Classification Rate* (ACCR) sebagai berikut

$$ACCR = \frac{n_{11} + n_{22} + n_{33}}{n_1 + n_2 + n_3}. \tag{11}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Multikolinieritas. Uji multikolinieritas dilakukan antar variabel independen. Untuk variabel independen dengan skala ordinal dan interval, uji multikolinieritas dilakukan dengan melihat hubungan linier antar variabel menggunakan koefisien korelasi Spearman (rho-spearman). Untuk variabel independen dengan skala nominal, uji multikolinieritas dilakukan dengan melihat ada atau tidaknya hubungan antara variabel skala nominal, menggunakan uji berdasarkan koefisien kontingensi.

Perhitungan koefisien korelasi Spearman dilakukan antara variabel jenis kendaraan (X_1), tingkat pendidikan (X_3), pekerjaan (X_4), dan usia (X_6). Apabila nilai korelasi antar variabel independen tinggi, maka diduga terjadi kasus multikolinieritas. Tabel 4 menunjukkan bahwa sebagian besar nilai korelasi antar variabel independen adalah rendah. Namun terlihat adanya korelasi yang tinggi antara variabel independen pekerjaan dan usia, artinya kedua variabel tidak dapat digunakan secara bersamaan dalam model regresi logistik ordinal. Sehingga pada model regresi logistik ordinal variabel pekerjaan tidak akan digunakan.

TABEL 4. Korelasi antara variabel independen (skala ordinal dan interval)

	X_1	X_3	X_4	X_6
X_1	1	-0,01370914	0,25946388	0,160072962
X_3		1	0,08834783	0,016751164
X_4			1	0,611090386
X_6				1

Perhitungan koefisien kontingensi dilakukan antara variabel jenis kelamin (X_2) dan agama (X_5). Tabel 5 menunjukan bahwa nilai signifikansi dari koefisien kontingensinya adalah $0,228 > 0,05$, yang artinya bahwa tidak terdapat hubungan antara jenis kelamin dengan agama. Sehingga kedua variabel tersebut dapat digunakan dalam pemodelan menggunakan regresi logistik ordinal.

TABEL 5. Korelasi antara variabel independen (skala nominal)

	Value	Approximate Significance
Contingency Coefficient	0,110	-0,01370914

Berdasarkan hasil Tabel 4 dan Tabel 5, variabel independen yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel jenis kendaraan (motor, mobil, truk), jenis kelamin, tingkat pendidikan (tidak kuliah dan kuliah), agama (Hindu dan selain Hindu) dan usia.

3.2. Estimasi dan Uji Parameter. Uji simultan dan uji parsial dilakukan pada model regresi logistik ordinal yang menggunakan semua variabel independen, kecuali variabel pekerjaan. Hasil uji simultan terlihat dalam Tabel 6. Perhatikan bahwa $\chi^2_{(5,5\%)} = 64$ sehingga nilai $G > \chi^2_{(5,5\%)}$ atau statistik uji G jatuh dalam daerah penolakan H_0 . Hal ini menunjukkan bahwa paling tidak terdapat satu variabel independen (kendaraan, jenis kelamin, pendidikan, agama atau usia) yang berpengaruh secara signifikan terhadap klasifikasi kerugian material.

TABEL 6. Uji simultan.

Model	G	Chi-square	df	p-value	Keterangan
Final	144,4109	13,82	5	0,0168	Tolak H_0

Selanjutnya dilakukan uji parsial dari variabel independen. Uji ini dilakukan bersamaan dengan estimasi parameter regresi logistik ordinal. Pada hasil uji parsial diuji signifikansi parameter terhadap alpha 10% (ditandai dengan tanda *). Hasil uji parsial dan estimasi parameter β terlihat dalam Tabel 7.

TABEL 7. Uji simultan.

Variabel	Koefisien	Odds ratio	p-value
Konstanta 1	1,089455	-	
Konstanta 2	3,035820	-	
X_{1b}	1,519615	4,570465	0,083530*
X_{1c}	2,331348	10,291805	0,000387*
X_{2b}	0,320390	1,377665	0,061349*
X_{3b}	0,130020	1,138851	0,087661*
X_{5b}	-1,346616	0,260119	0,011492*
X_6	-0,020487	0,979722	0,022676*

Perhatikan bahwa nilai koefisien variabel independen yang diperoleh adalah sejumlah kategori independen dikurangi 1. Contohnya pada variabel independen kendaraan yang dikategorikan menjadi 3 (motor, mobil, truk) koefisien yang diperoleh adalah sejumlah 2, masing-masing untuk kategori mobil dan truk. Hal tersebut berarti pengaruh dari kategori kendaraan motor sudah terangkum dalam konstanta 1 dan 2 sehingga tidak perlu ada nilai koefisien untuk kategori kendaraan motor. Pengertian yang serupa berlaku untuk variabel independen lainnya.

Nilai *odds ratio* pada model ini dapat digunakan untuk melihat perbandingan peluang pengemudi dengan suatu karakteristik (suatu nilai variabel independen) diklasifikasikan ke kategori pertama atau risiko kerugian material ringan. Contohnya nilai *odds ratio* jenis kelamin laki-laki sebesar 1,377665 berarti bahwa laki-laki memiliki peluang 1,377665 kali lebih besar dibandingkan perempuan untuk mengalami kerugian material ringan. Nilai *odds ratio* kendaraan truk sebesar 10,291805 berarti bahwa kendaraan truk memiliki peluang 10,291805 lebih besar dibandingkan kendaraan mobil untuk mengalami kerugian material ringan. Sedangkan kendaraan mobil sendiri memiliki peluang 4,570465 kali lebih besar dibandingkan kendaraan motor untuk mengalami kerugian material ringan.

Berdasarkan koefisien pada Tabel 7 dan mengacu pada persamaan (3), diperoleh persamaan logit pertama dari model regresi logistik ordinal adalah

$$\hat{g}_1(x) = 1,089455 + 1,519615X_{1b} + 2,331348X_{1c} + 0,320390X_{2b} + 0,130020X_{3b} - 1,346616X_{5b} - 0,020487X_6, \quad (12)$$

dan mengacu pada persamaan (3) diperoleh persamaan logit kedua dari model regresi logistik ordinal adalah

$$\hat{g}_2(x) = 3,035820 + 1,519615X_{1b} + 2,331348X_{1c} + 0,320390X_{2b} + 0,130020X_{3b} - 1,346616X_{5b} - 0,020487X_6. \quad (13)$$

Persamaan (12) dan (13) digunakan untuk menentukan prediksi peluang pengemudi dengan karakteristik tertentu akan mengalami tingkat kerugian material ringan, sedang atau berat.

3.3. Ketepatan Klasifikasi. Ketepatan klasifikasi model dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi klasifikasi kerugian material yang dihitung menggunakan persamaan (12) dan (13) dengan klasifikasi kerugian material dari data awal yang dimiliki (data asli). Ketepatan klasifikasi menggunakan regresi logistik ordinal terlihat dalam Tabel 8.

TABEL 8. Matriks ketepatan klasifikasi

Kelompok (asli)	Banyak observasi	Klasifikasi (prediksi)		
		Ringan	Sedang	Berat
Ringan	90	86	4	0
Sedang	22	18	4	0
Berat	6	4	2	0

Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa terdapat 90 pengemudi yang diklasifikasikan secara benar dengan rincian 86 klasifikasi kerugian ringan dan 4 klasifikasi kerugian sedang. Sedangkan semua data klasifikasi risiko kerugian berat memiliki hasil prediksi yang salah karena seluruhnya diprediksi ke klasifikasi risiko kerugian ringan atau sedang. Persentase ketepatan klasifikasi model adalah sebagai berikut

$$ACCR = \frac{86 + 4 + 0}{90 + 22 + 6} = 76,27\%. \tag{14}$$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa model dari persamaan (12) dan (13) dapat memprediksi ketepatan klasifikasi kerugian material sebesar 76,27%.

3.4. Interpretasi Hasil. Pada interpretasi hasil dilakukan perhitungan prediksi peluang pengemudi dengan karakteristik tertentu diklasifikasikan ke kategori kerugian material ringan, sedang atau berat. Perhatikan bahwa pada persamaan (12) dan (13) telah diperoleh persamaan logit dari model regresi logistik ordinal. Kategori dari variabel independen yang terdapat dalam persamaan logit adalah sebagai berikut: jenis kendaraan mobil X_{1b} , jenis kendaraan truk X_{1c} , jenis kelamin laki-laki X_{2b} , pendidikan kuliah X_{3b} , agama selain Hindu X_{5b} dan usia X_6 .

Misalkan diketahui karakteristik pengemudi A adalah sebagai berikut: jenis kendaraan mobil, jenis kelamin laki-laki, pendidikan tidak kuliah, beragama Hindu dan berusia 34 tahun. Prediksi peluang untuk klasifikasi tingkat kerugian material pengemudi A dapat dihitung menggunakan persamaan (12) dan (13). Perhatikan bahwa pengemudi A akan memiliki nilai variabel independen $X_{1b} = 1$ karena memiliki kendaraan mobil, $X_{1c} = 0$ karena tidak memiliki kendaraan truk, $X_{2b} = 1$ karena jenis kelamin laki-laki, $X_{3b} = 0$ karena pendidikannya tidak kuliah, $X_{5b} = 0$ karena beragama Hindu dan $X_6 = 34$ karena berusia 34 tahun. Substitusi nilai variabel-variabel independen ke dalam persamaan (12), akan diperoleh $\hat{g}_1(x) = 2,23314$. Sehingga prediksi peluang pengemudi A termasuk dalam klasifikasi kerugian material ringan adalah sebagai berikut

$$P(Y = 1) = \frac{\exp(2,23314)}{1 + \exp(2,23314)} = 0,903. \tag{15}$$

Selanjutnya substitusi nilai variabel-variabel independen ke dalam persamaan (13), akan diperoleh $\hat{g}_1(x) = 4,179505$. Sehingga prediksi peluang pengemudi A termasuk dalam klasifikasi kerugian material sedang adalah sebagai berikut

$$P(Y = 2) = \frac{\exp(4,179505)}{1 + \exp(4,179505)} - P(Y = 1) = 0,985 - 0,903 = 0,082, \tag{16}$$

dan prediksi peluang pengemudi A termasuk dalam klasifikasi kerugian material berat adalah sebagai berikut

$$P(Y = 3) = 1 - P(Y = 1) - P(Y = 2) = 1 - 0,903 - 0,082 = 0.015. \tag{17}$$

Hasil perhitungan pada persamaan (15), (16), dan (17) ditampilkan dalam Tabel 9. Berdasarkan Tabel 9 terlihat bahwa pengemudi A memiliki peluang sebesar 0,903 untuk diklasifikasikan ke kerugian material ringan. Sedangkan peluang pengemudi A diklasifikasikan ke kerugian sedang atau berat adalah sebesar 0,082 dan 0,015.

TABEL 9. Prediksi peluang klasifikasi pengemudi A

Klasifikasi	Ringan	Sedang	Berat
Peluang	0,903	0,082	0,015

4. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa regresi logistik ordinal dapat digunakan dalam pengklasifikasian tingkat kerugian material akibat kecelakaan kendaraan bermotor berdasarkan karakteristik pengemudi. Model yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung prediksi peluang klasifikasi tingkat kerugian material dari pengemudi dengan karakteristik tertentu. Persentase ketepatan hasil klasifikasi sebesar 76,27% artinya model yang diperoleh dapat memprediksi klasifikasi tingkat kerugian material dengan ketepatan sebesar 76,27%. Karakteristik pengemudi yang secara signifikan mempengaruhi pengklasifikasian tingkat kerugian material akibat kecelakaan kendaraan bermotor adalah jenis kendaraan, jenis kelamin, tingkat pendidikan, agama dan usia.

Ucapan Terimakasih.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. C. I Made Indra P., AMK., SKM., MPH. yang telah membantu dalam pengambilan data anatomi laka lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agresti, A., 2019, *An Introduction to Categorical Data Analysis*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- [2] Aisyah, 2013, Karakteristik pasien korban kecelakaan lalu lintas yang dirawat di UGD RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar periode Juli-Desember 2012. *Thesis, Ilmu Kesehatan Masyarakat & Ilmu Kedokteran Komunitas Fakultas Kedokteran, Universitas Hasanudin*.
- [3] Ambarwati, L., Sulistio, H., Hendika Negara, G., and Hariadi, Z., 2010, Karakteristik dan peluang kecelakaan pada mobil pribadi di wilayah perkotaan, *REKAYASA SIPIL, Volume 4, Issue 2, June 2010, Pages 124-135*.
- [4] Awaloedin, M., 2021, Analisis kualitatif bisnis asuransi mikro di Indonesia, *Jurnal Entrepreneur Dan Manajemen Sains, Volume 2, Issue 2, July 2021, Pages 123-141*.
- [5] Febrianti, R., Widyarningsih, Y., and Soemartojo, S., 2021, The parameter estimation of logistic regression with maximum likelihood method and score function modification, *Journal of Physics: Conference Series, Volume 1725, Issue 1, Pages 1-7*.
- [6] Herawati, 2014, Karakteristik dan Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas di Indonesia Tahun 2012, *Warta Penelitian Perhubungan, Volume 26, Issue 3, June 2014, Pages 133-142*.
- [7] Hosmer, D.W., Lemeshow, S., and Sturdivant, R.X., 2013, *Applied Logistic Regression*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc, Canada.
- [8] Hu, P.S., Trumble, D.A., Foley, D.J., Eberhard, J.W., and Wallace, R.B., 1998, Crash risks of older drivers: a panel data analysis, *Accident Analysis & Prevention, Volume 30, Issue 5, September 1998, Pages 569-581*.
- [9] Indra, I.M.P., Wahyuari, Septivani, C.N., and Kusdani, D., 2021, Gambaran Jenis Risiko Pengelolaan Bantuan Sosial Selama Pandemi Covid-19 di Indonesia, *PREMIUM Insurance Business Journal, Volume 8, Issue 1, June 2021, Pages 8-17*.
- [10] Kaplan, S., Guvensan, M.A., Yavuz, A.G., and Karalurt, Y., 2015, Driver Behavior Analysis for Safe Driving: A Survey, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Volume 16, Issue 6, August 2015, Pages 30173032*.

- [11] Kim, J.-K., Ulfarsson, G.F., Kim, S., and Shankar, V.N., 2013, Driver-injury severity in single-vehicle crashes in California: A mixed logit analysis of heterogeneity due to age and gender, *Accident Analysis & Prevention*, Volume 50, January 2013, Pages 10731081.
- [12] Luthfiyani, F.P., and Ahyudanari, E., 2021, Karakteristik Pengemudi Sepeda Motor Dalam Model Peluang Kecelakaan, *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, Volume 19, Issue 2, December 2021, Pages 151-158.
- [13] Ndangi, W.R.A., Resmawan, R., and Djakaria, I., 2019, Perbandingan Analisis Diskriminan dan Regresi Logistik Multinomial, *Jambura Journal of Mathematics*, Volume 1, Issue 2, July 2019, Pages 5463.
- [14] Ningsih, S., and Dukalang, H., 2019, Penerapan Metode Suksesif Interval pada Analisis Regresi Linier Berganda, *Jambura Journal of Mathematics*, Volume 1, Issue 1, January 2019, Pages 43-53.
- [15] Nugroho, L.A., Sulistio, H., Kusuma, A., 2012, Karakteristik Pengemudi Dan Model Peluang Terjadinya Kecelakaan Bus Antar Kota Antar Propinsi, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 6, Issue 1, Pages 4254.
- [16] Permanawati, T., Sulistio, H., and Wicaksono, A., 2010, Model Peluang Kecelakaan Sepeda Motor Berdasarkan Karakteristik Pengendara (Studi Kasus: Surabaya, Malang dan Sragen), *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 4, Issue 3, December 2010, Pages 185194.
- [17] Putri, C.E., 2014, Analisis Karakteristik Kecelakaan dan Faktor Penyebab Kecelakaan Pada Lokasi Blackspot di Kota Kayu Agung, *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, Volume 2, Issue 1, March 2014, Pages 154161.
- [18] Ratnasari, F., Kumaat, L.T., and Mulyadi, 2014, Hubungan Karakteristik Remaja Dengan Kejadian Kecelakaan Lalu Lintas Pada Komunitas Motor Sulut King Community (SKC) Manado, *Jurnal Keperawatan*, Volume 2, Issue 2, December 2014, Pages 111.
- [19] Rencher, A.C., Christensen, W.F., 2002, *Methods of Multivariate Analysis*, John Wiley & Sons, Inc., Utah.
- [20] Rifada, M., Chamidah, N., Ratnasari, V., and Purhadi, 2021, Estimation of nonparametric ordinal logistic regression model using local maximum likelihood estimation, *Communications in Mathematical Biology and Neuroscience*, Volume 2021, Issue 1, September 2021, Pages 1-9.
- [21] Sulyanto, A., Subrata, A., Parera, A., Suhendar, B., Dalimunthe, D. A. S., Novika, F., Padli, H., Indra, I.M.P., Awaloedin, M., Harahap, N., Maolani, R.A., Suhartono, and Ardiansyah, T., 2021, *Pengetahuan Seputar Asuransi*, Tahta Media Group, Kendal.

