

BAHAYA LONGSOR DI KABUPATEN SUKABUMI BERBASIS METODE *WEIGHT OF EVIDENCE (WoE)*, *LOGISTIC REGRESSION (LR)* DAN KOMBINASI *WoE-LR*

Landslide Hazard in Sukabumi Regency based on Weight of Evidence (WoE), Logistic Regresion (LR) and WoE-LR Combination Methods

Sumardani Kusmajaya^{1)*}, Boedi Tjahjono²⁾ dan Baba Barus²⁾

¹⁾ Program Studi Ilmu Perencanaan Wilayah, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

ABSTRACT

The high frequency of landslides in Sukabumi Regency caused the need for data and information of potential landslides areas. The most widely used method to identify potential landslides is stastical method. Therefore, this study aims to predict landslide hazard in Sukabumi Regency. This research used Weight of Evidence (WoE), Logistic Regression (LR), and WoE-LR combination methods. Results showed that suitable parameters for running the models are distance from road, distance from river, distance from fault, SPI, TWI, elevation and slope. WoE method's results showed elevation <300 m, distance from road >200 m and distance from friver >100 m are bad parameter classes to predict landslides in this study area. Whereas slope 8-15%, distance from road 31-70 m and elevation 700-800 m are good parameters to predict landslide potential. As for LR method, elevation and distance from road have significant effect on landslides. WoE-LR combination method's results showed distance from road and SPI are bad parameters for predicting landslide potential. Conversely, slope and TWI are the best parameters to predict landslide hazards, including elevation, distance from fault and distance from river. Therefore it can be concluded that WoE-LR combination method is the best for predicting landslide hazard in the study area.

Keywords: Landslide, Weight of Evidence, and Logistic Regression

ABSTRAK

Tingginya kejadian longsor di Kabupaten Sukabumi menjadi penyebab diperlukannya data dan informasi kawasan yang memiliki potensi longsor. Identifikasi potensi longsor dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan dimana metode statistik adalah pendekatan yang paling banyak digunakan untuk pemetaan longsor. Maka dari itu, tujuan penelitian ini adalah memprediksi longsor di Kabupaten Sukabumi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Weight of Evidence (WoE)*, *Logistic Regression (LR)*, dan kombinasi *WoE-LR*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter yang layak digunakan menjalankan model adalah jarak dari jalan, jarak dari sungai, jarak dari patahan, SPI, TWI, Elevasi dan Lereng. Hasil metode *WoE* menunjukkan bahwa parameter elevasi <300 m, jarak dari jalan >200 m dan jarak dari sungai >100 m merupakan kelas parameter yang tidak baik untuk memprediksi longsor. Sebaliknya, parameter lereng 8–15%, jarak dari jalan 31–70 m dan elevasi 700–800 baik digunakan untuk memprediksi longsor. Pada metode *LR*, parameter elevasi dan jarak dari jalan secara signifikan berpengaruh terhadap longsor. Hasil metode kombinasi *WoE-LR* menunjukkan bahwa parameter jarak dari jalan dan SPI merupakan parameter yang kurang baik untuk memprediksi longsor. Sebaliknya, parameter lereng dan TWI merupakan parameter yang paling baik untuk memprediksi bahaya longsor. Berdasarkan pengujian ketiga metode tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode kombinasi *WoE-LR* adalah metode yang paling baik dalam memprediksi bahaya longsor di wilayah penelitian.

Kata Kunci: Longsor, *Weight of Evidence*, and *Logistic Regression*

PENDAHULUAN

Tingginya kejadian longsor di Kabupaten Sukabumi menjadi alasan diperlukannya data dan informasi kawasan yang memiliki potensi longsor. Zhou *et al.* (2016) mengungkapkan bahwa identifikasi gerakan tanah adalah cara paling efektif dengan menyediakan data untuk perencanaan tata ruang dan pemanfaatan lahan, adaptasi serta mitigasi bencana.

Identifikasi potensi longsor dapat dilakukan melalui berbagai metode. Terdapat tiga kategori utama dalam metode pemetaan bahaya longsor, yaitu (1) metode heuristik, (2) metode statistik, dan (3) pendekatan

deterministik. Dari ketiga metode tersebut, metode statistik dinilai sebagai metode yang paling memungkinkan untuk diterapkan. Hal tersebut dikarenakan metode heuristik melibatkan pengetahuan ahli dalam penyusunan peta bahaya longsor, sehingga memiliki keterbatasan pada subjektivitas. Sementara pada pendekatan deterministik dibutuhkan data geoteknis dan hidrologis yang rinci. Pada metode statistik dipastikan memiliki subjektivitas yang rendah dan lebih mudah diterapkan pada suatu area yang memiliki karakteristik wilayah yang unik (Caniani *et al.*, 2007).

Metode statistik seperti metode *weight of evidence (WoE)* dan *logistic regression (LR)* banyak digunakan untuk pemetaan bahaya gerakan tanah (Margarint *et al.*,

2013; Heckmann *et al.*, 2014). Barbieri dan Cambuli (2009) mengungkapkan bahwa metode WoE didasarkan pada informasi yang diperoleh dari keterkaitan antara parameter dan data kejadian, sehingga dapat diprediksi wilayah yang berpotensi longsor. Metode LR memiliki kelebihan karena mampu menganalisis hubungan antar variabel tetapi memiliki kekurangan karena tidak mampu mengevaluasi pengaruh antara kelas yang berbeda (Pamela *et al.*, 2018). Samodra (2014) dan Zhou *et al.* (2016) memanfaatkan metode statistik dengan pendekatan baru yaitu menggunakan kombinasi *Weight of Evidence* (WoE) dan *Logistic Regression* (LR) untuk pemetaan bahaya longsor. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi longsor dan membandingkan pendekatan yang paling baik melalui uji *area under curve* (AUC) dari ketiga metode tersebut.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian terletak di Kabupaten Sukabumi Provinsi Jawa Barat (Gambar 1a). Kabupaten Sukabumi memiliki luas wilayah 4,145 km² dengan memiliki 47 (empat puluh tujuh) kecamatan.

Penelitian ini menggunakan data dari berbagai sumber yaitu Peta Rupabumi dengan skala 1:25.000 (BIG), *Digital Elevation Model* (DEM) dengan skala 30 x 30 m (NASA), Peta Tutupan Lahan dengan skala 1:10.000 (Kementerian ATR-BPN), Peta Jenis Tanah dengan skala data 1:50.000 (BBSDLP), Peta Geologi dengan skala 1:100.000 (Kementerian ESDM) dan Peta Curah Hujan dengan skala 5.5 x 5.5 km (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data* (CHIRPS)). Dari

berbagai sumber data tersebut dihasilkan parameter longsor meliputi elevasi, lereng, *aspect*, *plan curvature*, *profile curvature*, *stream power index* (SPI), *Terrain Wetness Index* (TWI), jarak dari sungai, lithologi, jarak dari patahan, bentuklahan (*landform*), jarak dari jalan, penggunaan lahan, curah hujan, dan jenis tanah (Tabel 1).

Data Kejadian Longsor

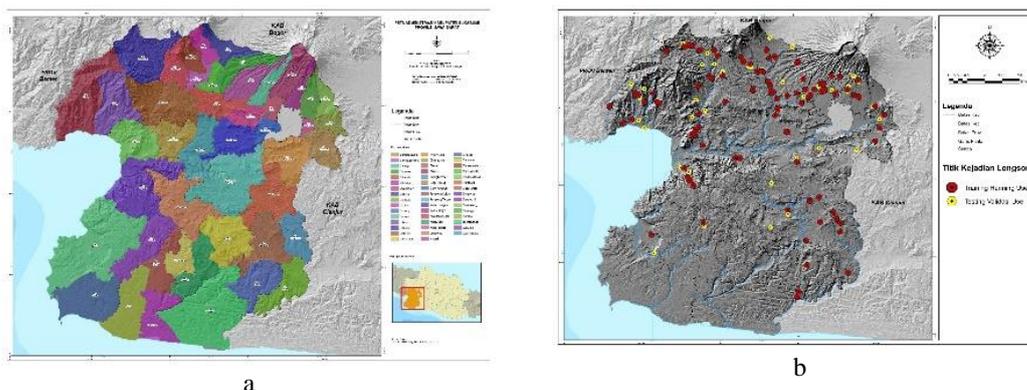
Lokasi kejadian longsor merupakan data utama yang dibutuhkan dalam proses analisis bahaya longsor. Inventarisasi kejadian longsor bersumber dari berbagai instansi pemerintah yaitu BNPB, PVMBG, Kementerian PUPR dan penelitian sebelumnya. Validasi kemudian dilakukan melalui *Google Earth* dan peta lereng. Asumsinya titik yang berada pada lereng dengan kelas landai (<8%) dianggap tidak berpotensi terjadi longsor. Data lokasi kejadian kemudian dibagi menjadi 2 set data, yaitu 70% dari total titik kejadian digunakan dalam model dan pengujian parameter sedangkan 30% dari total titik digunakan untuk pengujian model (Gambar 1b).

Metode *Weight of Evidence* (WoE)

WoE adalah model statistik yang menghitung bobot dari faktor prediktif (faktor pemicu) berdasarkan ada atau tidak adanya longsor pada wilayah penelitian dan berasumsi bahwa faktor-faktor yang diduga memicu longsor tidak memiliki kaitan satu sama lain. Model ini membutuhkan data spasial titik kejadian longsor dan data faktor pemicu longsor.

Tabel 1. Parameter longsor

Tipe Data	Parameter	Sumber
Faktor Topografi	Elevasi	DEM
	Lereng	DEM
	<i>Aspect</i>	DEM
	<i>Plan Curvature</i>	DEM
	<i>Profil Curvature</i>	DEM
	<i>Stream Power Index</i> (SPI)	DEM
Berkaitan dengan Air	<i>Terrain Wetness Index</i> (TWI)	DEM
	Jarak dari Sungai	Peta RBI
Faktor Geologi	Lithologi	Peta Geologi
	Jarak dari Patahan	Peta Geologi
	Landform	DEM
Faktor Manusia	Jarak dari Jalan	Peta RBI
	Penggunaan Lahan	Peta Guna Tanah
Faktor Iklim	Curah Hujan	CHIRPS
Jenis Tanah	Jenis Tanah	Peta Tanah
Kejadian Longsor	Titik Kejadian Longsor	Berbagai instansi dan peneliti sebelumnya



Gambar 1 a. Peta lokasi penelitian; b. Lokasi kejadian longsor

WoE membandingkan distribusi titik kejadian longsor yang ada dengan berbagai faktor pemicu longsor secara terpisah. Model ini diaplikasikan untuk mengevaluasi hubungan setiap variabel yang diprediksi menjadi faktor pemicu longsor terhadap kejadian longsor dengan menggunakan probabilitas sebelumnya (tanpa syarat) dan probabilitas posterior (dengan syarat). Probabilitas sebelumnya adalah probabilitas suatu kejadian yang berasal dari peristiwa yang sama di masa lampau dalam suatu periode waktu.

Probabilitas perubahan yang diakibatkan oleh adanya tambahan informasi disebut probabilitas posterior. Probabilitas bersyarat dari keberadaan longsor dengan mempertimbangkan kehadiran faktor tambahan dapat dirumuskan sebagai berikut (Samodra, 2014):

$$W_{ji}^+ = \ln \left(\frac{P\{F_{ji}|L\}}{P\{F_{ji}|\bar{L}\}} \right) = \frac{\left(\frac{P\{F_{ji} \cap L\}}{P\{L\}} \right)}{\left(\frac{P\{F_{ji} \cap \bar{L}\}}{P\{\bar{L}\}} \right)}$$

Sementara itu, probabilitas bersyarat dari keberadaan longsor yang tidak menghadirkan faktor dapat dirumuskan sebagai berikut (Bonham-Carter, 1994):

$$W_{ji}^- = \ln \left(\frac{P\{\bar{F}_{ji}|L\}}{P\{\bar{F}_{ji}|\bar{L}\}} \right) = \frac{\left(\frac{P\{\bar{F}_{ji} \cap L\}}{P\{L\}} \right)}{\left(\frac{P\{\bar{F}_{ji} \cap \bar{L}\}}{P\{\bar{L}\}} \right)}$$

Dimana P : Probabilitas, F_{ji} : keberadaan faktor j kelas i , \bar{F}_{ji} : tidak ada faktor j kelas i , L : tidak ada longsor, \bar{L} : keberadaan longsor, W_{ji}^+ : rasio kemungkinan yang menyatakan bahwa rasio dalam kasus adanya, faktor F_{ji} maka suatu longsor L terjadi atau tidak terjadi, dan W_{ji}^- : rasio kemungkinan yang menyatakan bahwa rasio dalam kasus tidak adanya faktor F_{ji} maka suatu longsor L terjadi atau tidak terjadi.

Pengukuran korelasi juga dapat diukur dengan kontras bobot sebagai berikut (Samodra, 2014):

$$W_{contrast\ ji} = W_{ji}^+ - W_{ji}^-$$

Metode Logistic Regresion (LR)

Logistic Regresion (LR) adalah regresi multivariat yang membentuk hubungan antara distribusi longsor yang ada sebagai variabel dependen dan berbagai faktor pemicu longsor sebagai variabel independen. Variabel dapat berupa *continuous* atau *discrete*, atau kombinasi apapun dari kedua jenis tersebut. Algoritma *logistic regresion* menerapkan estimasi kemungkinan maksimum setelah mentransformasikan variabel dependen menjadi variabel logit dengan memperkirakan probabilitas suatu kejadian yang terjadi (Atkinson dan Massari, 1998; Dai *et al.*, 2002). Dalam hal ini kehadiran longsor diinput sebagai 1 dan tidak adanya longsor diinput sebagai 0.

Metode multivariat *logistic regresion* membandingkan distribusi longsor yang ada dengan berbagai faktor pemicu longsor secara simultan. Hubungan faktor pemicu dengan longsor yang ada dievaluasi dengan

rumus *logistic regresion*. Analisis *logistic regresion* dapat ditulis sebagai berikut:

$$f(z) = \pi(S = 1|X_1, X_2, \dots, X_n) = \frac{1}{1 + e^{-\left(\beta_0 + \sum_{i=1}^n (\beta_i X_i)\right)}}$$

Dimana $\pi(S = 1|X_1, X_2, \dots, X_n)$ adalah sebuah piksel yang dipengaruhi *slope failure*, yang diberikan kehadiran variabel independen dari X_1 to X_n , β_0 adalah rumusan yang konstan, dan $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ adalah variabel koefisien dan X_1, X_2, \dots, X_n . β_0, \dots, β_n adalah koefisien yang tidak diketahui yang harus diestimasi berdasarkan data variabel independen longsor dengan menggunakan kemungkinan maksimum. Koefisien positif menunjukkan bahwa peristiwa longsor lebih mungkin terjadi dan koefisien negatif menunjukkan bahwa peluang kejadian longsor kecil.

Metode Kombinasi WoE-LR

Samodra (2014) dan Zhou *et al.*, (2016) menggunakan kombinasi model *Weight of Evidence* (WoE) dan *Logistic Regresion* (LR) dalam penelitiannya untuk menyusun peta bahaya longsor. Penggunaan model kombinasi WoE dan LR dinilai dapat mengisi titik kelemahan satu sama lain sehingga meningkatkan akurasi prediksi kejadian longsor. Metode LR memiliki kelebihan karena mampu menganalisis hubungan antar variabel tetapi memiliki kekurangan karena tidak mampu mengevaluasi pengaruh antara kelas yang berbeda. Sementara metode WoE memiliki kelebihan karena mampu menilai pengaruh kelas yang berbeda dari masing-masing variabel, tetapi mengabaikan korelasi antar variabel (Pemela *et al.*, 2018). Dengan demikian, metode kombinasi statistik bivariat WoE dan multivariat LR diharapkan dapat mengurangi kelemahan masing-masing metode dalam menghasilkan tingkat akurasi peta bahaya longsor.

Metode ini diawali dengan melakukan rasterisasi, dan melakukan klasifikasi terhadap titik kejadian longsor dan faktor pemicu longsor ke dalam GIS. Kemudian, metode WoE digunakan untuk pembobotan pengaruh kelas pada setiap faktor pemicu kejadian longsor. Faktor pemicu longsor ini kemudian dinilai hubungan keterkaitannya satu sama lain dengan menggunakan metode LR (Zhou *et al.*, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Parameter Longsor

Parameter bahaya longsor pada penelitian ini dipilih berdasarkan pada pengujian metode *Area Under Curve* (AUC). Pengujian dilakukan dengan menggunakan kejadian longsor untuk mendapatkan nilai *Area Under Curve* (AUC). Pamela *et al.* (2018) menyatakan bahwa nilai AUC merupakan nilai indeks yang terbentuk dari grafik perbandingan antara persentase total luasan area kelas parameter pemicu longsor dengan persentase total longsor. Hasil uji AUC disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 .Uji parameter longsor

Parameter	Nilai AUC
Aspect	47.07
Curah Hujan	53.40
Plan Curvature	54.18
Profil Curvature	49.61
Elevasi	82.88
Jarak dari Jalan	98.91
Jarak dari Patahan	72.97
Jarak dari Sungai	94.03
Landform	48.92
Lithologi	52.88
Penggunaan Lahan	57.63
Lereng	91.31
Jenis Tanah	36.61
Stream Power Index (SPI)	99.07
Terrain Wetness Index (TWI)	65.51

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa ada 7 dari total 14 parameter yang layak untuk dijadikan parameter untuk menjalankan model yaitu jarak dari jalan, jarak dari sungai, jarak dari patahan, SPI, TWI, Elevasi dan Lereng.

Metode Weight of Evidence (WoE)

Hasil analisis yang ditunjukkan pada Tabel 3, menunjukkan pentingnya masing-masing kelas dari setiap parameter. Jika W^+ = positif dan W^- = negatif, maka kelas tersebut mempunyai pengaruh besar atas terjadinya longsor, dan jika W^+ = negatif dan W^- = positif, maka berpeluang

sebaliknya. Jika $W^+ - W^- = 0$, maka kelas parameternya tidak berkorelasi dengan kejadian longsor. Elevasi <300, jarak dari jalan > 200 m dan jarak dari sungai >100 adalah contoh kelas parameter tidak terlalu baik untuk digunakan dalam memprediksi longsor di wilayah studi. Sebaliknya lereng 8 – 15%, jarak dari jalan 31 – 70 meter dan elevasi 700 – 800 baik digunakan untuk memprediksi kejadian longsor. Untuk parameter lereng < 8% dan SPI 21.21 – 50 memiliki nilai $W^+ - W^- = 0$ menunjukkan bahwa tidak ada kejadian longsor yang terjadi pada areal tersebut.

Hasil analisis metode WoE selanjutnya dapat dipetakan sebagai peta bahaya longsor seperti yang disajikan pada Gambar 2a.

Metode Logistic Regresion (LR)

Berdasarkan hasil analisis LR pada tabel 4 terlihat bahwa parameter elevasi dan jarak dari jalan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kejadian longsor di wilayah penelitian. Hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien kedua parameter tersebut yang positif, sedangkan parameter lainnya tidak memiliki pengaruh yang signifikan. Selanjutnya nilai tersebut diklasifikasi menjadi lima kelas yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi menggunakan metode Quantile (Zhou, 2016) dan persebaran spasial dari masing-masing kelas disajikan pada Gambar 2b.

Tabel 3. Hasil komputasi bobot kelas untuk layer faktor pemicu berdasarkan keberadaan titik longsor

Faktor	Kelas	Nclass	Npix1	Npix2	Npix3	Npix4	W+	W-	$W^+ - W^-$
Elevasi	<300	1,547,122	14	93	1,547,108	3,145,823	-0.924	0.260	-1.184
	300 - 400	532,001	15	92	531,986	4,160,945	0.212	-0.031	0.243
	400 - 500	575,714	18	89	575,696	4,117,235	0.316	-0.053	0.369
	500 - 600	659,125	18	89	659,107	4,033,824	0.180	-0.033	0.213
	600 - 700	535,388	19	88	535,369	4,157,562	0.442	-0.074	0.517
	700 - 800	280,152	10	97	280,142	4,412,789	0.448	-0.037	0.485
Jarak dari Jalan	>800	563,536	13	94	563,523	4,129,408	0.012	-0.002	0.013
	0-30	699,410	25	82	699,385	3,993,546	0.450	-0.105	0.554
	31-70	488,514	28	79	488,486	4,204,445	0.922	-0.193	1.115
	71-100	304,757	14	93	304,743	4,388,188	0.701	-0.073	0.774
Jarak dari Patahan (Km)	101-200	828,668	14	93	828,654	3,864,277	-0.300	0.054	-0.354
	>200	2,371,689	26	81	2,371,663	2,321,268	-0.732	0.426	-1.158
	< 0.5	485,027	9	98	485,018	4,207,913	-0.206	0.021	-0.227
	0.5 - 1	413,854	4	103	413,850	4,279,081	-0.858	0.054	-0.912
	1 - 1.5	327,577	6	101	327,571	4,365,360	-0.219	0.015	-0.234
Jarak dari Sungai	1.5 - 2	267,504	2	105	267,502	4,425,429	-1.115	0.040	-1.155
	> 2	3,199,076	86	21	3,198,990	1,493,941	0.165	-0.484	0.648
	<10	143,811	1	106	143,810	4,549,121	-1.188	0.022	-1.209
	10 - 50	280,897	6	101	280,891	4,412,040	-0.065	0.004	-0.069
Lereng	50 - 100	391,684	13	94	391,671	4,301,260	0.376	-0.042	0.418
	>100	3,876,646	87	20	3,876,559	816,372	-0.016	0.072	-0.088
	<8%	-	0	0	-	-	0.000	0.000	0.000
	8 - 15%	1,147,766	48	59	1,147,718	2,400,794	0.327	-0.205	0.532
	15 - 25%	1,140,257	27	80	1,140,230	2,408,282	-0.242	0.097	-0.339
SPI	25 - 45%	918,230	23	84	918,207	2,630,305	-0.185	0.057	-0.243
	>45%	342,366	9	98	342,357	3,206,155	-0.137	0.014	-0.151
	21.21 - 50	-	0	0	-	-	0.000	0.000	0.000
TWI	50 - 400	1,413,044	27	80	1,413,017	3,227,985	-0.188	0.072	-0.260
	400 - 5000	2,579,602	73	34	2,579,529	2,061,473	0.205	-0.335	0.540
	> 5000	648,463	7	100	648,456	3,992,546	-0.759	0.083	-0.842
	5.63 - 6	1,340,003	25	82	1,339,978	3,352,953	-0.201	0.070	-0.271
Lereng	6.01 - 8	1,648,303	44	63	1,648,259	3,044,672	0.158	-0.097	0.255
	8 - 10	968,907	29	78	968,878	3,724,053	0.272	-0.085	0.357
	10 - 12	369,260	8	99	369,252	4,323,679	-0.051	0.004	-0.055
	> 12	366,565	1	106	366,564	4,326,367	-2.123	0.072	-2.195

Tabel 4. Koefisien logistic regression (LR)

Faktor	Koefisien
Elevasi	0.66
Jarak dari Jalan	0.93
Jarak dari Patahan	-1.88
Jarak dari Sungai	-0.95
Lereng	-0.20
SPI	-0.56
TWI	-1.91
Intersep	-11.

Metode Kombinasi WoE-LR

Hasil analisis koefisien regresi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa parameter Jarak dari Jalan dan SPI adalah contoh parameter kurang baik untuk digunakan dalam memprediksi kejadian longsor di wilayah penelitian. Sebaliknya parameter Lereng dan TWI memiliki nilai koefisien positif yang tinggi. Parameter elevasi, jarak dari patahan dan jarak dari sungai juga merupakan parameter yang baik untuk digunakan memprediksi longsor meskipun nilainya tidak setinggi Lereng dan TWI. Hasil permodelan ini selanjutnya disajikan secara spasial seperti yang terlihat pada Gambar 2c.

Tabel 5. Nilai koefisien parameter metode kombinasi WoE-LR

Parameter	Koefisien
Intercept	-11.31
Elevasi	0.61
Jarak dari Jalan	-1.77
Jarak dari Patahan	0.59
Jarak dari Sungai	0.19
Lereng	2.21
SPI	-1.06
TWI	1.28

Validasi

Proses validasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan AUC. Kurva AUC merupakan salah satu jenis pengukuran akurasi statistik untuk model prediksi (probabilitas) dalam penilaian/analisis bencana alam (Nefesslioglu, 2011). Semakin tinggi nilai AUC suatu model maka semakin baik model tersebut dalam memprediksi bahaya longsor (Yesilnacar, 2005 dalam Pourghasemi *et al.*, 2013). Nilai Indeks AUC disajikan pada Tabel 6 (Pourghasemi *et al.*, 2013).

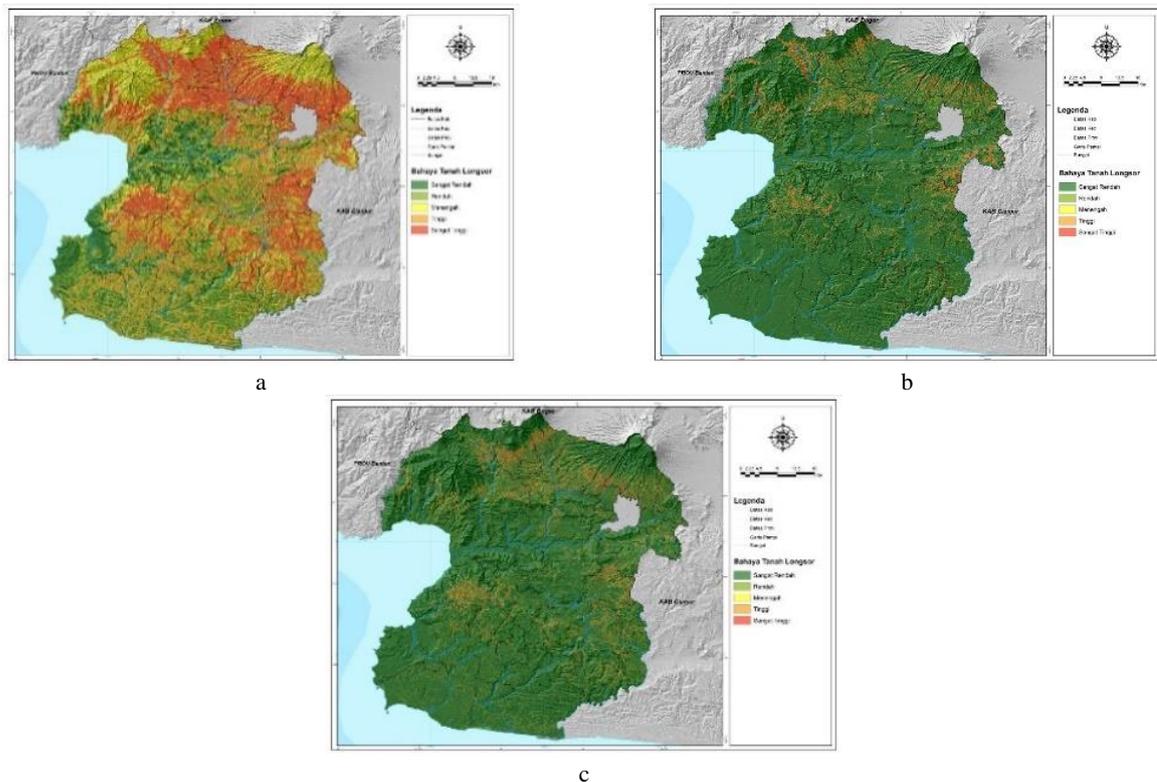
Tabel 6. Nilai indeks AUC

Nilai AUC	Keterangan
> 0.9	Sangat Baik
0.8 - 0.9	Baik
0.7 - 0.8	Cukup Baik
<0.6	Jelek

Berdasarkan hasil analisis AUC terhadap masing-masing model menunjukkan bahwa kombinasi metode LR-WoE memiliki nilai validasi yang cukup baik dari dua metode lainnya (Tabel 7). Menurut Pamela *et al.* (2018) hal ini dikarenakan gabungan kedua metode ini dapat menutupi kekurangan dari masing-masing metode. Kekurangan dari metode LR yang tidak dapat menganalisis variabel nominal dan ordinal dapat diatasi oleh metode gabungan ini setelah parameter nominal dilakukan pembobotan dengan metode WoE kemudian dianalisis menggunakan metode LR.

Tabel 7. Nilai AUC metode WoE, LR dan WoE-LR

Test Result	Nilai AUC
Metode WoE	0.259
Metode LR	0.720
Metode WoE_LR	0.782



Gambar 2. Hasil permodelan tingkat bahaya longsor tanah: a. WoE; b. LR; dan c. kombinasi WoE-LR

SIMPULAN

Berdasarkan hasil validasi model prediksi bahaya longsor menunjukkan metode kombinasi WoE-LR mempunyai nilai AUC yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode WoE dan metode LR dimana nilai uji AUC metode kombinasi WoE-LR sebesar 0.782 diikuti metode LR sebesar 0.72 dan yang terendah adalah metode WoE dengan nilai uji AUC sebesar 0.259. Metode kombinasi WoE-LR masih dapat terus dikembangkan menjadi metode pemetaan bahaya longsor yang akurat dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, P.M. and R. Massari. 1998. Generalised Linear Modelling of Susceptibility to Landsliding in The Central Apennines, Italy. *Computers & Geosciences*, 24: 373-385.
- Barbieri, G. and P. Cambuli. 2009. "The Weight of Evidence Statistical Method in Landslide Susceptibility Mapping of the Rio Pardu Valley (Sardinia, Italy)." 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation: Interfacing Modelling and Simulation with Mathematical and Computational Sciences, *Proceedings*, 2658-64.
- Bonham-Carter, G.F. 1994. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS. *Computer Methods in the Geosciences*, 267-302.
- Dai, F.C., C.F. Lee and Y.Y. Ngai. 2002. Landslide Risk Assessment and Management: an Overview. *Engineering Geology*, 64: 65-87.
- Heckmann, T., K. Gegg, A. Gegg dan M. Becht. 2014. Sample size matters: investigating the effect of sample size on a logistic regression susceptibility model for debris flows. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 14: 259-278.
- Margarint, M.C., A. Grozavu and C.V. Patriche. 2013. Assessing the Spatial Variability of Weights of Landslide Causal Factors in Different Regions from Romania Using Logistic Regression. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 1(2): 1749-74.
- Nefeslioglu, H.A., C. Gokceoglu, H. Sonmez, and T. Gorum. 2011. Medium-Scale Hazard Mapping for Shallow Landslide Initiation: The Buyukkoy Catchment Area (Cayeli, Rize, Turkey). *Landslides*, 8(4): 459-83.
- Pamela, I.A. Sadisun, R.D. Kartiko dan Y. Arifianti. 2018. Metode Kombinasi Weight of Evidence (W0E) dan Logistic Regresion (LR) untuk pemetaan Kerentanan Gerakan Tanah di Takengon Aceh. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 9(2): 77-86.
- Pourghasemi, H.R., H.R. Moradi and S.M.F. Aghda. 2013. Landslide Susceptibility Mapping by Binary Logistic Regression, Analytical Hierarchy Process, and Statistical Index Models and Assessment of Their Performances. *Natural Hazards*, 69(1): 749-779.
- Samodra, G. 2016. Development of Risk Analysis Technique and Its Application to Geo-Disaster Management in Indonesia. *Disertasi*, Kyushu University Institutional Repository, Fukuoka. Jepang.
- Zhou, S., Wang, W., Chen, G., Liu, B., & Fang, L. 2016. A combined weight of evidence and logistic regression method for susceptibility mapping of earthquake-induced landslides: A case study of the April 20, 2013 Lushan earthquake, China. *Acta Geologica Sinica*, 90: 511-524.
-