

Kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali

The suitability of spatial pattern to landslide disaster risk in Boyolali Regency

A B Aji¹, N Miladan¹, dan B S Pujantiyo¹

¹Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

Corresponding author's email: abyanbayu9@student.uns.ac.id

Abstrak. Kabupaten Boyolali merupakan wilayah yang memiliki dataran rendah, perbukitan dan pegunungan yang dekat dengan Gunung Merapi dan Gunung Merbabu. Hal ini menjadikan Kabupaten Boyolali memiliki potensi risiko rawan bencana khususnya bencana tanah longsor. Fakta menunjukkan tidak adanya integrasi dalam perencanaan wilayah di Kabupaten Boyolali dengan kajian risiko bencana khususnya tanah longsor. Dengan adanya kondisi tersebut, penelitian ini mengkaji risiko bencana tanah longsor dan melihat kesesuaian antara kajian risiko bencana tanah longsor tersebut terhadap rencana pola ruang di Kabupaten Boyolali. Penelitian ini menggunakan pendekatan deduktif dengan metode kuantitatif yang didukung analisis skoring pembobotan serta spatial overlay. Hasil penelitian menunjukkan Kabupaten Boyolali memiliki tiga tingkatan risiko bencana. Risiko bencana tanah longsor didominasi risiko rendah dan risiko tinggi berada pada bagian barat Kabupaten Boyolali dengan pola semakin dekat dengan Gunung Merapi dan Merbabu, semakin tinggi juga risiko bencana tanah longsor. Kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor memiliki persentase dominan sesuai pada kawasan risiko bencana rendah dan sesuai bersyarat pada kawasan budidaya berupa lahan terbangun, pertanian dan perkebunan. Sementara, ketidaksesuaian terdapat pada wilayah dengan risiko bencana tinggi dengan rencana pola ruang berupa kawasan permukiman dan pertanian. Penelitian ini juga mengungkap bahwa pembangunan pada rencana tata ruang menunjukkan ada kecenderungan pada kawasan risiko tinggi tanah longsor.

Kata Kunci: Kerawanan; Kerentanan; Pola Ruang; Risiko Bencana; Tanah Longsor

Abstract. Boyolali Regency is an area that has lowlands, hills and mountains situated close to Mount Merapi and Mount Merbabu. This makes Boyolali Regency potentially prone to disasters, especially landslides. Facts showed that the integration in regional planning in Boyolali Regency with disaster risk studies, especially landslides, was non-existent. Given these conditions, this research examined the risk of landslides and the suitability between the landslide disaster risk assessment and spatial pattern plans in Boyolali Regency. This research used a deductive approach with quantitative methods supported by weighted scoring analysis and spatial overlay. The research results showed that Boyolali Regency has three levels of disaster risk. The risk of landslides is dominated by low risk and the high risk is in the western part of Boyolali Regency as it closer to the mountains. The suitability of the spatial pattern plan for the risk of landslides has a dominant percentage in low disaster risk areas and conditionally appropriate in cultivation areas in the form of built-up land, agriculture and plantations. Meanwhile, discrepancies exist in areas with high disaster risk with spatial pattern plans in the form of residential and agricultural areas. This research also revealed that development in spatial planning shows a tendency in areas with a high risk of landslides.

Keywords: Disaster Risk; Hazard; Landslide; Spatial Pattern; Vulnerability

1. Pendahuluan

Tanah longsor merupakan perpindahan batuan yang terjadi karena gangguan keseimbangan lereng yaitu gaya peluncur dan penahan di mana gaya peluncur dipengaruhi kandungan air, massa tanah dan beban bangunan yang menjadi tidak seimbang karena dipengaruhi gaya dari luar lereng sehingga gaya peluncur lebih besar dari gaya penahannya yang menyebabkan massa tanah bergerak turun [1]. Selain faktor alam, aktivitas manusia juga berpengaruh terhadap terjadinya tanah longsor seperti melakukan pembangunan atau bercocok tanam dengan cara pemotongan lereng yang dapat membebani lereng sehingga risiko tanah longsor menjadi tinggi [2]. Berdasarkan data dari BNPB tahun 2015-2020, longsor merupakan bencana yang paling sering terjadi di Indonesia sebanyak 5.359 kali dalam kurun waktu lima tahun. Kabupaten Boyolali merupakan daerah rawan bencana alam seperti di Kecamatan Banyudono, Juwangi dan Sawit yang rawan bencana banjir. Rawan bencana kebakaran di Kecamatan Juwangi serta bencana tanah longsor di Kecamatan Selo, Ampel dan Cepogo [3]. Berdasarkan data BPS Kabupaten Boyolali dari tahun 2017-2020, di Kabupaten Boyolali terjadi longsor sebanyak 139 kejadian, hal ini menandakan Kabupaten Boyolali merupakan daerah yang cukup sering terjadi bencana tanah longsor.

Kabupaten Boyolali termasuk Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) Provinsi Jawa Tengah yang dalam RTRW Provinsi Jawa Tengah terdapat perencanaan dan pengembangan sarana prasarana dan infrastruktur [4]. Melalui citra satelit dapat dilihat perkembangan peruntukan lahan di Kabupaten Boyolali semakin berkembang ke arah permukiman dari tahun ke tahun, ditambah laju pertumbuhan penduduk mencapai 1,29% dari tahun 2010-2020. Penggunaan lahan dengan dominasi fungsi budidaya seperti pertanian, perkebunan dan kawasan terbangun. Pemanfaatan lahan oleh masyarakat yang kurang melihat bagaimana peruntukan ruang yang

seharusnya berdampak pada pemotongan lereng dan pemanfaatan lahan untuk kawasan terbangun maupun pertanian pada kawasan yang memiliki kemiringan lereng yang curam, hal ini menyebabkan risiko bencana tanah longsor menjadi tinggi ditambah rencana tata ruang yang belum terintegrasi dengan kajian risiko bencana. Kajian risiko bencana merupakan kajian yang mengidentifikasi bahaya bencana yang dihadapi oleh masyarakat (kerawanan) dan kondisi masyarakat yang menyebabkan ketidakmampuan dalam menghadapi ancaman bencana (kerentanan) [5]. Kerawanan bencana tanah longsor merupakan kondisi fisik dasar wilayah seperti jenis tanah, kemiringan lereng, jenis batuan, curah hujan dan penggunaan lahan. Sedangkan untuk kerentanan meliputi dimensi fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan. Hal seperti ini dalam proses perencanaan dan pengembangan wilayah kurang diperhatikan dan hanya menekankan pada kriteria umum terkait perencanaan wilayah khususnya wilayah dengan risiko bencana. Dokumen rencana pola ruang yang digunakan dalam penelitian ini adalah RTRW Tahun 2011-2031.

Dengan adanya kondisi eksisting dimana Kabupaten Boyolali yang memiliki kawasan risiko bencana tanah longsor beberapa peneliti sebelumnya seperti penelitian oleh Muhammad Sholikhah dkk [6] yang mengkaji risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali dan berfokus pada kerawanan bencana tanah longsor dan penelitian oleh Yulius Moses dkk [7] yang mengkaji risiko bencana dengan lokasi studi berbeda dan berfokus pada kerentanan bencana tanah longsor. Jika penelitian sebelumnya membahas dengan fokus hanya kerentanan dan kerawanan saja, maka penelitian ini akan mengkaji risiko bencana dengan melihat kerawanan dan kerentanan serta melihat kesesuaiannya dengan rencana pola ruang dengan tujuan untuk mengetahui kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali.

2. Metode

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan deduktif dengan teknik analisis skoring pembobotan pada variabel kerawanan dan kerentanan untuk menentukan tingkat kerentanan dan kerawanan. Selanjutnya teknik analisis spatial overlay untuk menentukan tingkat risiko bencana. Beberapa tahapan analisis tersebut berupa analisis kawasan berdasarkan risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali meliputi variabel kerawanan dan kerentanan serta analisis kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor.

2.1. Teknik analisis skoring pembobotan

Menggunakan teknik analisis skoring dan pembobotan, kerentanan dan kerawanan akan diklasifikasikan dalam tiga kategori yaitu rendah, sedang dan tinggi dengan perhitungan kelas interval berdasarkan Perka No 2 tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana [8] seperti dibawah ini:

$$Interval = Skor Max - \frac{Skor Min}{3}$$

Untuk menentukan tingkat kerawanan bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali digunakan identifikasi kerawanan yang hasilnya merupakan kriteria tingkat kerawanan terhadap bencana tanah longsor mulai dari rendah, sedang dan tinggi. Skoring dan pembobotan pada variabel kerawanan meliputi kerawanan jenis tanah, jenis batuan, curah hujan, kemiringan lereng dan penggunaan lahan yang sudah diolah dari berbagai sumber dan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skor dan bobot kerawanan [9–12].

Sub Variabel	Parameter	Skor	Bobot
Jenis tanah	Alluvial, lotosol	1	20%
	Grumusol	2	
	Regosol	3	
Jenis batuan	Sedimen	1	20%
	Andesit	2	
	Aluvial dan endapan gunung api	3	
Curah hujan	1750-2250	1	15%
	2250-2750	2	
	2750-3250	3	
	3250-3500	4	
Penggunaan lahan	Embung/waduk, hutan, hutan jati, semak, sungai	1	15%
	Kebun, perikanan air tawar, sawah irigasi, sawah tadah hujan, tegalan	2	
	Bandara, industri, permukiman, tambang	3	
Kemiringan	<8%	1	30%
	8-15%	2	
	15-25%	3	
	25-40%	4	
	>40%	5	

Model yang digunakan untuk melakukan analisis kerawanan yaitu model yang dipakai pada penelitian puslittanak tahun 2004 [13] sebagai berikut:

$$\text{Skor Total} = 0,2\text{JH} + 0,2\text{JB} + 0,15\text{CH} + 0,15\text{PL} + 0,3\text{KL}$$

Dimana:

JH = Jenis Tanah

JB = Jenis Batuan

CH = Curah Hujan

PL = Penggunaan Lahan

KL = Kemiringan Lereng

Dalam analisis kerentanan dinilai pada dimensi fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan. Analisis kerentanan didasarkan pada batas administratif skala kecamatan karena data yang digunakan berdasarkan kecamatan di Kabupaten Boyolali. Dalam menentukan nilai tingkat kerentanan bencana tanah longsor, berpedoman pada Perka BNPB No. 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Kajian Risiko Bencana [8] seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skor dan bobot kerentanan [8,14,15].

Variabel	Sub Variabel	Indikator	Skor	Bobot
Kerentanan fisik buatan	Kepadatan bangunan	<80 Bangunan/ha	1	70%
		80-100 Bangunan/ha	2	
		>100 Bangunan/ha	3	
	fasilitas umum	<30 Fasilitas Umum	1	30%
		30-60 Fasilitas Umum	2	
		>60 Fasilitas Umum	3	
Kerentanan ekonomi	Lahan produktif	<30%	1	60%
		30-50%	2	
		>50%	3	
	Lokasi perekonomian masyarakat	<15	1	40%
		15-30	2	
		>30	3	
Kerentanan sosial	Penduduk usia rentan	<20%	1	40%
		20-40%	2	
		>40%	3	
	Kepadatan penduduk	<500 jiwa/km ²	1	60%
		500-1500 jiwa/km ²	2	
		>1500 jiwa/km ²	3	
Kerentanan lingkungan	Kawasan lindung	<200 ha	1	60%
		200-500 ha	2	
		>500 ha	3	
	Kawasan pertambangan	<33,33 ha	1	40%
		33,4-62,7 ha	2	
		>62,8 ha	3	

Skor dan pembobotan kerentanan pada setiap kecamatan didapatkan dengan masing masing sub kerentanan menghasilkan tiga kelas yaitu rendah, sedang dan tinggi seperti pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Klasifikasi tingkat sub kerentanan.

	Kerentanan Fisik	Kerentanan Sosial	Kerentanan Ekonomi	Kerentanan Lingkungan
Rendah	<1,3	<1,6	<1,6	<1,6
Sedang	1,4-2	1,7-2,3	1,7-2,3	1,7-2,3
Tinggi	>2,1	>2,4	>2,4	>2,4

Setelah diketahui klasifikasi kerentanan, maka didapatkan indeks kerentanan tanah longsor yang kemudian dilakukan pembobotan kembali untuk dilakukan perbandingan pembobotan variabel yang berdasarkan Perka BNPB No. 02 Tahun 2012 [8] pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Skor dan bobot kerentanan [8].

Variabel	Indikator	Skor	Bobot
Kerentanan fisik buatan	Rendah	1	25%
	Sedang	3	
	Tinggi	5	
Kerentanan ekonomi	Rendah	1	25%
	Sedang	3	
	Tinggi	5	
Kerentanan sosial	Rendah	1	40%
	Sedang	3	
	Tinggi	5	
Kerentanan lingkungan	Rendah	1	10%
	Sedang	3	
	Tinggi	5	

Kemudian setelah kerentanan dan kerawanan dilakukan skoring dan pembobotan, dihasilkan klasifikasi tingkat kerentanan dan kerawanan bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali pada Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 5. Klasifikasi tingkat kerentanan dan kerawanan.

	Kerentanan	Nilai	Kerawanan	Nilai
Rendah	<2,3	1	<1,9	1
Sedang	2,4-3,6	3	2-2,9	2
	>3,7	5	>2,9	3

2.2. Teknik analisis *spatial overlay*

Analisis *spatial overlay* merupakan teknik analisis dengan menggunakan *software* berupa Geographic Information System (GIS). Teknik yang digunakan yaitu menggunakan *tools intersect* pada GIS yang berguna untuk menambahkan tabel atribut satu *layer* ke dalam tabel

atribut *layer* lainnya. Teknik *overlay* ini menghasilkan risiko bencana dan kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Penentuan tingkat risiko bencana tanah longsor [8].

Tingkat Risiko	Tingkat Kerawanan			
	1 (Rendah)	2 (Sedang)	3 (Tinggi)	
Tingkat	1 (Rendah)	2 (Rendah)	3 (Rendah)	4 (Sedang)
Kerentanan	3 (sedang)	4 (Rendah)	5 (Sedang)	6 (Tinggi)
	5 (Tinggi)	6 (Sedang)	7 (Tinggi)	8(Sangat Tinggi)

Setelah dilakukan *overlay* dan sudah diketahui hasil tingkat risiko bencana tanah longsor di kabupaten Boyolali, kemudian tingkat risiko bencana tersebut di *overlay* kembali dengan rencana pola ruang Kabupaten Boyolali menggunakan software dan tools yang sama yang kemudian menghasilkan kesesuaian rencana pola ruang terhadap kajian risiko bencana yang dapat dilihat pada Tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana [5,9].

Peruntukan Ruang	Risiko Bencana				
	Rendah	Sedang	Tinggi		
Kawasan Lindung					
Hutan Lindung	√	√	√		
Kawasan Perlindungan Setempat	√	√	√		
Ruang Terbuka Hijau	√	√	√		
Suaka Alam/Margasatwa/Cagar Alam	√	√	√		
Cagar Budaya dan Ilmu Pengetahuan	√	√	√		
Taman Nasional	√	√	√		
Kawasan Lindung Geologi	√	√	√		
Kawasan Rawan Bencana Alam Geologi	√	√	√		
Kawasan Perlindungan Air Tanah	√	√	√		
Kawasan Bencana Alam	√	√	√		
Kawasan Budidaya					
Hutan Produksi	√	√	●		
Hutan Rakyat	√	√	●		
Pertanian Lahan Basah	√	√	●		
Pertanian Lahan Kering	√	√	●		
Perkebunan	√	√	●		
Peternakan	√	√	●		
Perikanan	√	√	●		
Pertambangan	√	●	X		
Industri	√	●	X		
Permukiman	√	●	X		
Pariwisata	√	●	X		
Perdagangan dan Jasa	√	●	X		
√	: Sesuai	●	: Sesuai Bersyarat	X	: Tidak Sesuai

3. Hasil penelitian dan pembahasan

3.1. Kerawanan tanah longsor

Kerawanan bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali dinilai berdasarkan variabel dan indikator yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor yaitu jenis tanah, jenis batuan, curah hujan, penggunaan lahan dan kemiringan lereng. Jenis tanah di Kabupaten Boyolali berdasarkan Tabel 7 didominasi dengan jenis tanah alluvial dan latosol yang memiliki skor 1 dimana berarti jenis tanah tersebut memiliki kerawanan rendah tanah longsor hal ini dikarenakan Kabupaten Boyolali didominasi penggunaan lahan berupa pertanian. Dalam aspek tanah longsor, jenis tanah mempengaruhi permeabilitas atau kecepatan Bergeraknya air dan ini mempengaruhi kerawanan tanah longsor karena semakin tinggi permeabilitasnya maka semakin tanah akan terbebani dan dapat memicu tanah longsor.

Tabel 7. Skoring klasifikasi jenis tanah.

No	Jenis Tanah	Skor	Luas (ha)
1	Alluvial, Latosol	1	79.362
2	Grumusol	2	3.890
3	Regosol	3	25.584

Selanjutnya, klasifikasi jenis batuan di Kabupaten Boyolali berdasarkan Tabel 8, sebaran jenis batuan sedimen, alluvial dan endapan gunung api cukup mendominasi. Sebaran batuan sedimen berada pada wilayah utara Kabupaten Boyolali, untuk batuan aluvial dan endapan gunung api tersebar pada wilayah barat Kabupaten Boyolali. Jenis batuan menentukan kestabilan batuan yang menjadi penyebab tanah longsor.

Tabel 8. Skoring klasifikasi jenis batuan.

No	Jenis Batuan	Skor	Luas (ha)
1	Sedimen	1	55.673
2	Andesit	2	2.027
3	Aluvial dan Endapan Gunung Api	3	51.029

Tabel 9. Skoring klasifikasi curah hujan.

No	Curah Hujan (mm/tahun)	Skor	Luas (ha)
1	1750-2250	1	25.627
2	2250-2750	2	59.820
3	2750-3250	3	20.538
4	3250-3500	4	2.806

Diketahui curah hujan di Kabupaten Boyolali berdasarkan Tabel 9 terdiri dari empat kelas, dengan intensitas hujan 1750-3500 mm/tahun yang didominasi dengan curah hujan dengan intensitas 2250-2750 mm/tahun dimana memiliki skor 2 yang berarti kurang rawan bencana tanah longsor. Curah hujan yang tinggi mempengaruhi kestabilan tanah dan menyebabkan kerawanan tanah longsor semakin tinggi.

Berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng pada Tabel 10, diketahui kemiringan lereng di Kabupaten Boyolali bervariasi dari kemiringan lereng datar hingga sangat curam dengan kemiringan lereng didominasi dengan kemiringan lereng <8% atau datar. Kemiringan lereng yang curam sampai sangat curam berada di Kecamatan Selo, Kecamatan Ampel, Kecamatan Musuk dan Kecamatan Cepogo pada wilayah lereng gunung.

Tabel 10. Skoring klasifikasi kemiringan lereng.

No	Kemiringan Lereng (%)	Skor	Luas (ha)
1	<8%	1	81.849
2	8-15%	2	18.842
3	15-25%	3	3.110
4	25-40%	4	2.311
5	>40%	5	2.673

Klasifikasi penggunaan lahan di Kabupaten Boyolali berdasarkan Tabel 11 didominasi dengan penggunaan lahan persawahan dan tegalan. Penggunaan lahan sendiri merupakan aktivitas manusia terhadap sumber daya lahan. Penggunaan lahan yang tidak sesuai dapat menyebabkan tanah longsor karena penggunaan lahan yang tidak sesuai dapat menyebabkan lereng terbebani atau tidak dapat menahan gerakan sehingga dapat memicu terjadinya tanah longsor.

Tabel 11. Skoring klasifikasi penggunaan lahan.

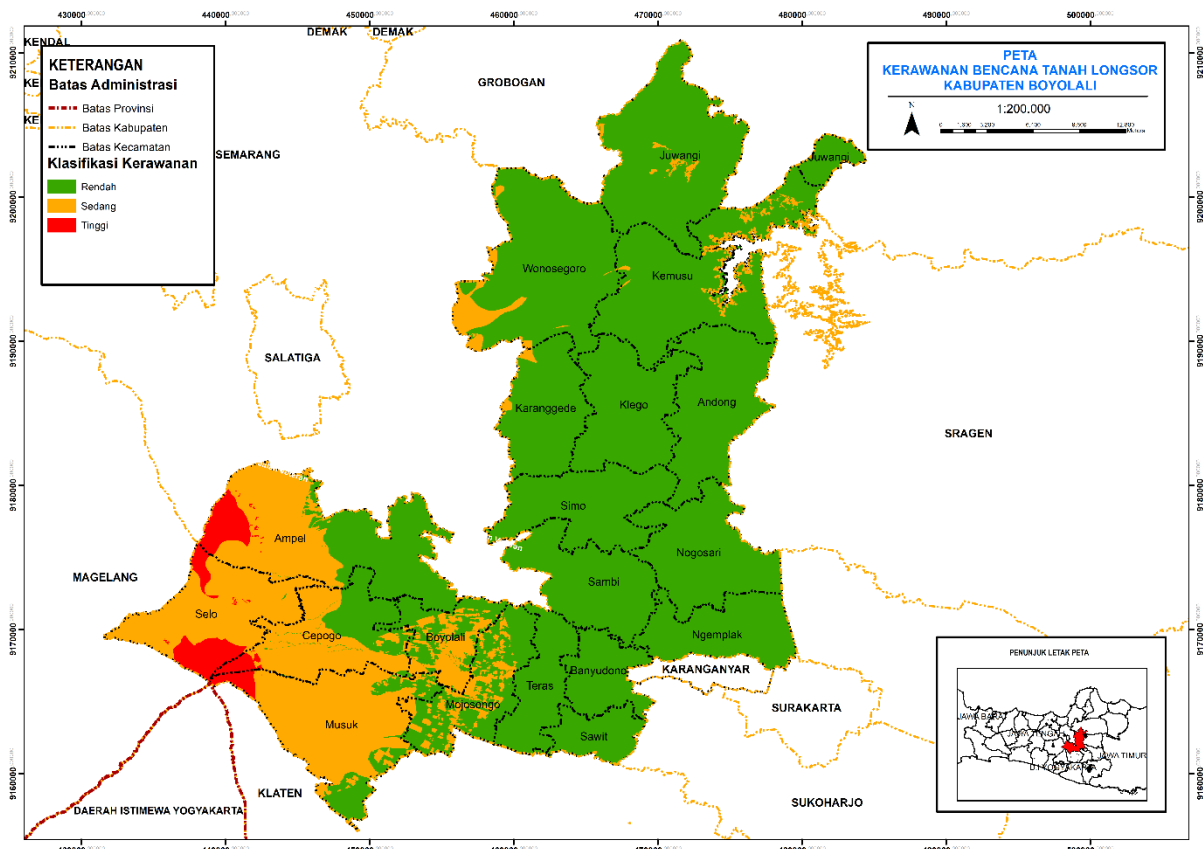
No	Penggunaan Lahan	Skor	Luas (ha)
1	Embung/Waduk, Hutan, Hutan Jati, Semak, Sungai	1	15.737
2	Kebun, Perikanan Air Tawar, Sawah Irigasi, Sawah Tadah Hujan, Tegalan	2	65.187
3	Bandara, Industri, Permukiman, Tambang	3	27.864

Setelah dilakukan analisis setiap variabel kerawanan, kemudian dilakukan *overlay* dari setiap parameter. Didapatkan hasil kerawanan tanah longsor di Kabupaten Boyolali yang dapat dilihat pada Tabel 12, didominasi dengan tingkat kerawanan rendah. Hal ini dipengaruhi oleh parameter kemiringan lereng yang ada di Kabupaten Boyolali yang cenderung datar sehingga berdasarkan skoring dan pembobotan tidak memiliki kerawanan bencana tanah longsor yang tinggi atau sedang.

Tabel 12. Klasifikasi tingkat kerawanan bencana tanah longsor.

No	Tingkat Kerawanan	Skor	Luas (ha)	Presentase (%)
1	Rendah	1	83.198,86	76,5
2	Sedang	2	22.891,12	21,0
3	Tinggi	3	2.698,91	2,5

Berdasarkan peta kerawanan bencana tanah longsor Kabupaten Boyolali pada Gambar 1, sebaran kerawanan bencana tanah longsor tinggi tersebar di bagian barat Kabupaten Boyolali atau sekitar kaki gunung merapi dan merbabu seperti Kecamatan Ampel, Kecamatan Selo, Kecamatan Cepogo, Kecamatan Musuk. Wilayah tersebut merupakan wilayah dengan kelerengn sangat tinggi yaitu >40% termasuk sangat curam sedangkan untuk kerawanan sedang memiliki kemiringan lereng yang agak curam hingga curam.



Gambar 1. Kerawanan bencana tanah longsor Kabupaten Boyolali.

3.2. Kerentanan tanah longsor

Pada analisis kerentanan fisik, terdapat dua indikator atau parameter yaitu jumlah fasilitas umum dan kepadatan bangunan. Kedua parameter tersebut kemudian akan dilakukan skoring dan pembobotan untuk mendapatkan indeks kerentanan fisik tanah longsor. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Tingkat kerentanan fisik.

No	Kecamatan	Kepadatan Bangunan (Bangunan/ha)	Jumlah Fasilitas Umum	Total skor	Klasifikasi Kerentanan
1	Ampel	112	54	2,7	Tinggi
2	Andong	61	73	1,6	Sedang
3	Banyudono	214	71	3	Tinggi
4	Boyolali	250	123	3	Tinggi
5	Cepogo	180	74	3	Tinggi
6	Juwangi	55	47	1,3	Rendah
7	Karanggede	135	72	3	Tinggi
8	Kemus	56	33	1	Rendah
9	Klego	166	60	2,7	Tinggi
10	Mojosongo	214	66	3	Tinggi
11	Musuk	156	53	2,7	Tinggi
12	Ngemplak	825	83	3	Tinggi
13	Nogosari	120	73	3	Tinggi
14	Sambi	114	77	3	Tinggi
15	Sawit	87	48	2	Sedang
16	Selo	150	42	2,7	Tinggi
17	Simo	118	66	3	Tinggi
18	Teras	74	63	2,3	Tinggi
19	Wonosegoro	43	58	1,3	Rendah

Kecamatan yang memiliki kerentanan fisik tinggi merupakan kecamatan yang menjadi pusat kegiatan masyarakat pada kondisi eksisting. Kabupaten Boyolali juga didominasi oleh kerentanan fisik tinggi, hal ini disebabkan kepadatan bangunan di Kabupaten Boyolali yang tinggi. Seperti di Kecamatan Boyolali yang merupakan ibu kota Kabupaten Boyolali memiliki kepadatan bangunan yang cukup tinggi dan fasilitas umum yang cukup banyak dan menjadi kecamatan yang sangat berkembang dibanding dengan kecamatan lain di Kabupaten Boyolali. Selain itu, Hal ini dikarenakan kecamatan-kecamatan yang memiliki kerentanan fisik tinggi, berada di dekat jalan utama dan dengan jumlah penduduk yang cukup tinggi sehingga kebutuhan akan fasilitas umum juga cukup banyak. Sedangkan kecamatan yang memiliki kerentanan fisik rendah dan sedang disebabkan karena jumlah fasilitas umum di kecamatan tersebut tidak terlalu banyak karena kecamatan tersebut tidak terlalu banyak penduduk sehingga belum terlalu banyak jumlah fasilitas umum yang dibutuhkan.

Selanjutnya pada kerentanan ekonomi merupakan gambaran wilayah yang memiliki aktivitas ekonomi masyarakat untuk menjalankan perekonomian untuk kebutuhan hidup di suatu wilayah. Dalam hal ini lahan yang diolah oleh penduduk untuk dijadikan pekerjaan dalam memenuhi kebutuhan hidup merupakan lahan produktif. Selain lahan produktif, kerentanan ekonomi ditentukan oleh jumlah kegiatan ekonomi pada suatu kawasan seperti pasar dan tempat wisata. Analisis tingkat kerentanan ekonomi dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Tingkat kerentanan ekonomi.

No	Kecamatan	Persentase Lahan Produktif	Jumlah Lokasi Kegiatan Ekonomi	Total	Klasifikasi Kerentanan
1	Ampel	23,4%	11	1	Rendah
2	Andong	61,6%	15	2,6	Tinggi
3	Banyudono	67,3%	26	2,6	Tinggi
4	Boyolali	37,8%	9	1,6	Rendah
5	Cepogo	15,8%	8	1	Rendah
6	Juwangi	4,5%	12	1	Rendah
7	Karanggede	56,0%	4	2,2	Sedang
8	Kemus	41,6%	7	1	Rendah
9	Klego	35,6%	5	1,6	Rendah
10	Mojosongo	28,7%	10	1	Rendah
11	Musuk	21,1%	9	1	Rendah
12	Ngemplak	44,6%	7	1,6	Rendah
13	Nogosari	58,3%	4	2,2	Sedang
14	Sambi	61,6%	4	2,2	Sedang
15	Sawit	69,3%	2	2,2	Sedang
16	Selo	15,4%	22	1,4	Rendah
17	Simo	65,3%	13	2,2	Sedang
18	Teras	57,8%	6	2,2	Sedang
19	Wonosegoro	71,0%	7	2,2	Sedang

Hasil analisis kerentanan ekonomi didapatkan kerentanan ekonomi di Kabupaten Boyolali cenderung didominasi dengan kerentanan rendah. Wilayah dengan tingkat kerentanan ekonomi yang rendah tidak rentan terhadap bencana tanah longsor karena luas lahan produktif yang rendah dan jumlah kegiatan ekonomi yang sedikit sehingga kerugian yang ditimbulkan juga sedikit dan bahkan tidak ada. Wilayah yang memiliki tingkat kerentanan ekonomi tinggi seperti Kecamatan Andong dan Kecamatan Banyudono akan rentan terhadap bencana tanah longsor dari segi perekonomian dan akan mengalami kerugian dari segi lahan produktif maupun kegiatan perekonomian ketika terjadi bencana tanah longsor.

Pada analisis kerentanan sosial pada Tabel 15 melalui indikator kerentanan yaitu jumlah penduduk usia rentan (diatas 60 tahun dan dibawah lima tahun) dan kepadatan penduduk (jiwa/km²) didapatkan hasil seperti pada tabel.

Tabel 15. Tingkat kerentanan sosial.

No	Kecamatan	Persentase Penduduk Usia Rentan	Kepadatan Penduduk	Total	Klasifikasi Kerentanan
1	Ampel	21,07%	415	1,4	Rendah
2	Andong	22,75%	1053	2	Sedang
3	Banyudono	19,36%	2038	2,2	Sedang
4	Boyolali	19,81%	2458	2,2	Sedang
5	Cepogo	21,56%	1086	2	Sedang
6	Juwangi	20,73%	370	1,4	Rendah
7	Karanggede	21,97%	1026	2	Sedang
8	Kemusu	21,64%	375	1,4	Rendah
9	Klego	22,99%	881	2	Sedang
10	Mojosongo	21,41%	1350	2	Sedang
11	Musuk	22,84%	406	2	Sedang
12	Ngemplak	16,67%	2376	2,2	Sedang
13	Nogosari	21,55%	1308	2	Sedang
14	Sambi	24,69%	959	2	Sedang
15	Sawit	20,67%	1692	2,6	Tinggi
16	Selo	21,04%	505	2	Sedang
17	Simo	22,74%	980	2	Sedang
18	Teras	19,99%	1636	2,2	Sedang
19	Wonosegoro	20,82%	391	1,4	Sedang

Sebagian besar wilayah penelitian termasuk dalam kelas kerentanan sosial sedang karena rata rata tingkat kepadatan penduduk dan tingkat jumlah penduduk usia rentan yang termasuk kategori sedang. Wilayah pada tingkat kerentanan sosial yang sedang memiliki kondisi yang cukup mampu dalam menghadapi bencana tanah longsor ketika terjadi.

Selanjutnya, pada analisis kerentanan lingkungan pada Tabel 16 menggunakan variabel kawasan lindung dan kawasan pertambangan yang kemudian dilakukan skoring dan pembobotan sehingga menghasilkan tingkat kerentanan lingkungan Kabupaten Boyolali.

Tabel 16. Tingkat kerentanan lingkungan.

No	Kecamatan	Luas Kawasan Lindung (ha)	Luas lokasi tambang (ha)	Total	Klasifikasi Kerentanan
1	Ampel	1634,11	42	2,6	Tinggi
2	Andong	44,68	62	1,4	Rendah
3	Banyudono	194,96	-	1,6	Rendah
4	Boyolali	175,05	23	1,6	Rendah
5	Cepogo	735,53		2,2	Sedang
6	Juwangi	82,09	892	1,8	Sedang
7	Karanggede	200,62	5	1,6	Rendah
8	Kemus	672,36	-	2,2	Sedang
9	Klego	100,01	11	1	Rendah
10	Mojosongo	326,84	19	1,6	Rendah
11	Musuk	651,03	4	2,2	Sedang
12	Ngemplak	160,06	18	1	Rendah
13	Nogosari	391,90	20	1,6	Rendah
14	Sambi	109,54	53	1	Rendah
15	Sawit	161,01	-	1	Rendah
16	Selo	1979,88	9	2,2	Sedang
17	Simo	555,34	38	2,6	Sedang
18	Teras	261,51	-	1,6	Rendah
19	Wonosegoro	806,94	-	2,2	Sedang

Kabupaten Boyolali didominasi dengan kerentanan lingkungan yang rendah karena hanya pada beberapa kecamatan yang memiliki kawasan tambang dan kawasan lindung yang banyak. Berdasarkan luas wilayah yang didominasi dengan kerentanan lingkungan yang rendah maka sebagian besar Kabupaten Boyolali tidak rentan terhadap bencana tanah longsor dilihat dari segi lingkungannya. Hanya pada Kecamatan Ampel saja yang rentan terhadap bencana tanah longsor dari segi lingkungannya sehingga memiliki potensi yang tinggi dalam kerusakan lingkungan khususnya hutan.

Setelah dilakukan analisis kerawanan berdasarkan variabel sebelumnya dilakukan skoring dan pembobotan kembali berdasarkan Tabel 4 yang menghasilkan perhitungan berdasarkan Tabel 17, menghasilkan tingkat kerentanan di Kabupaten Boyolali dengan kriteria rendah, sedang dan tinggi pada Tabel 18.

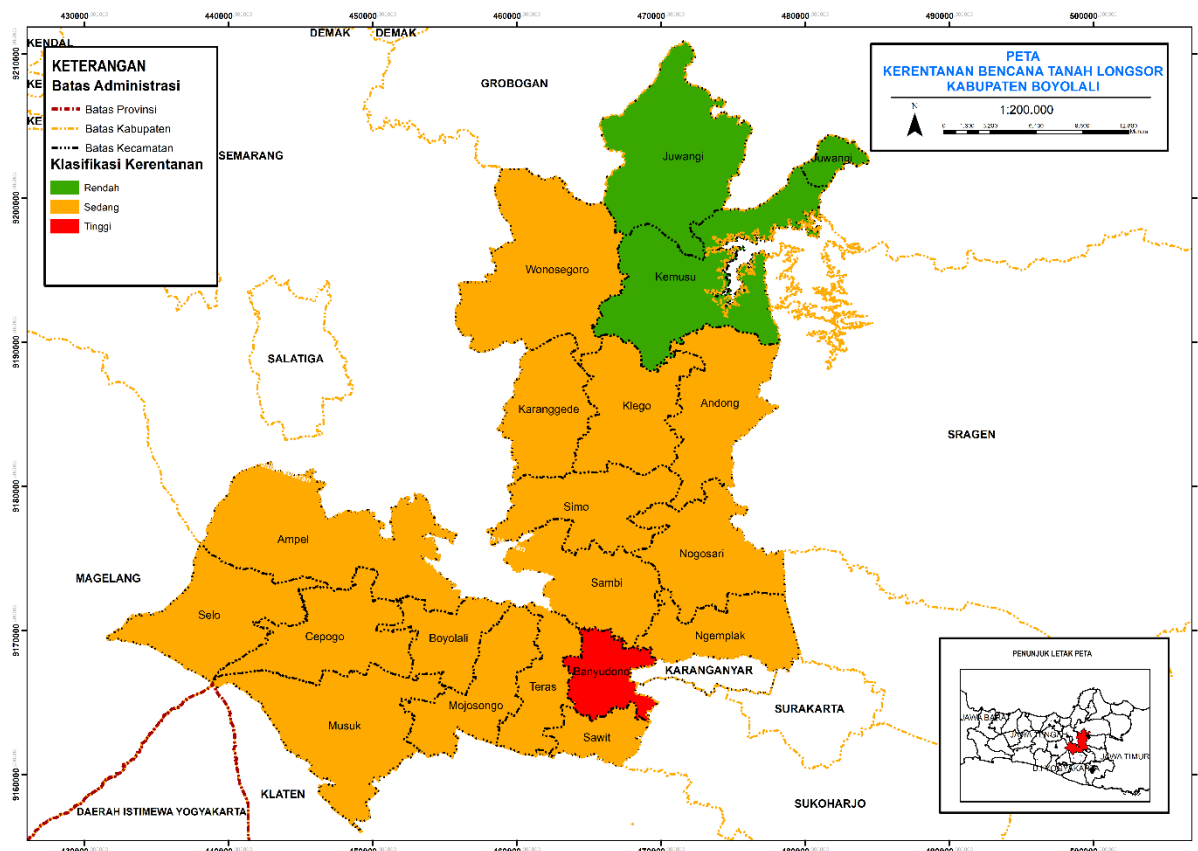
Tabel 17. Skoring dan pembobotan kerentanan bencana tanah longsor.

Kecamatan	Total Kerentanan Fisik	Total Kerentanan Sosial	Total Kerentanan Ekonomi	Total Kerentanan Lingkungan	Total Skor	Klasifikasi Kerentanan
Ampel	1,25	0,4	0,25	0,5	2,4	Sedang
Andong	0,75	1,2	1,25	0,1	3,3	Sedang
Banyudono	1,25	1,2	1,25	0,1	3,8	Tinggi
Boyolali	1,25	1,2	0,25	0,1	2,8	Sedang
Cepogo	1,25	1,2	0,25	0,3	3	Sedang
Juwangi	0,25	0,4	0,25	0,3	1,2	Rendah
Karanggede	1,25	1,2	0,75	0,1	3,3	Sedang
Kemusu	0,25	0,4	0,25	0,3	1,2	Rendah
Klego	1,25	1,2	0,25	0,1	2,8	Sedang
Mojosongo	1,25	1,2	0,25	0,1	2,8	Sedang
Musuk	1,25	1,2	0,25	0,3	3	Sedang
Ngemplak	1,25	1,2	0,25	0,1	2,8	Sedang
Nogosari	1,25	1,2	0,75	0,1	3,3	Sedang
Sambi	1,25	1,2	0,75	0,1	3,3	Sedang
Sawit	0,75	2	0,75	0,1	3,6	Sedang
Selo	1,25	1,2	0,25	0,3	3	Sedang
Simo	1,25	1,2	0,75	0,3	3,5	Sedang
Teras	1,25	1,2	0,75	0,1	3,3	Sedang
Wonosegoro	0,25	1,2	0,75	0,3	2,5	Sedang

Tabel 18. Klasifikasi tingkat kerentanan bencana tanah longsor.

No	Tingkat Kerentanan	Skor	Luas (Ha)	Presentase (%)
1	Rendah	1	12.885	11,8
2	Sedang	3	86.057	79,1
3	Tinggi	5	9.846	9,1

Kerentanan bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali berdasarkan hasil analisis yang telah dipetakan pada Gambar 2 didominasi oleh kerentanan sedang yang tersebar di 16 kecamatan. Hal ini dikarenakan kerentanan fisik yang tinggi akan tetapi kerentanan sosial, ekonomi dan lingkungan rendah. Kerentanan sosial yang sedang menandakan wilayah tersebut cukup memiliki kemampuan dalam menghadapi bencana tanah longsor akan tetapi tidak semampu wilayah yang memiliki kerentanan sosial yang rendah. Selain itu, kerentanan fisik yang tinggi menandakan wilayah tersebut akan mengalami kerugian yang besar apabila terjadi bencana tanah longsor. Kerentanan bencana tanah longsor yang tinggi berada hanya pada Kecamatan Banyudono. Hal ini dikarenakan tingkat kerentanan fisik dan kerentanan ekonomi yang tinggi serta tingkat kerentanan sosial yang sedang dan kerentanan lingkungan yang rendah. Pada wilayah dengan tingkat kerentanan rendah, hanya tersebar pada 2 kecamatan yaitu Kecamatan Juwangi dan Kecamatan Kemusu.



Gambar 2. Kerentanan bencana tanah longsor Kabupaten Boyolali.

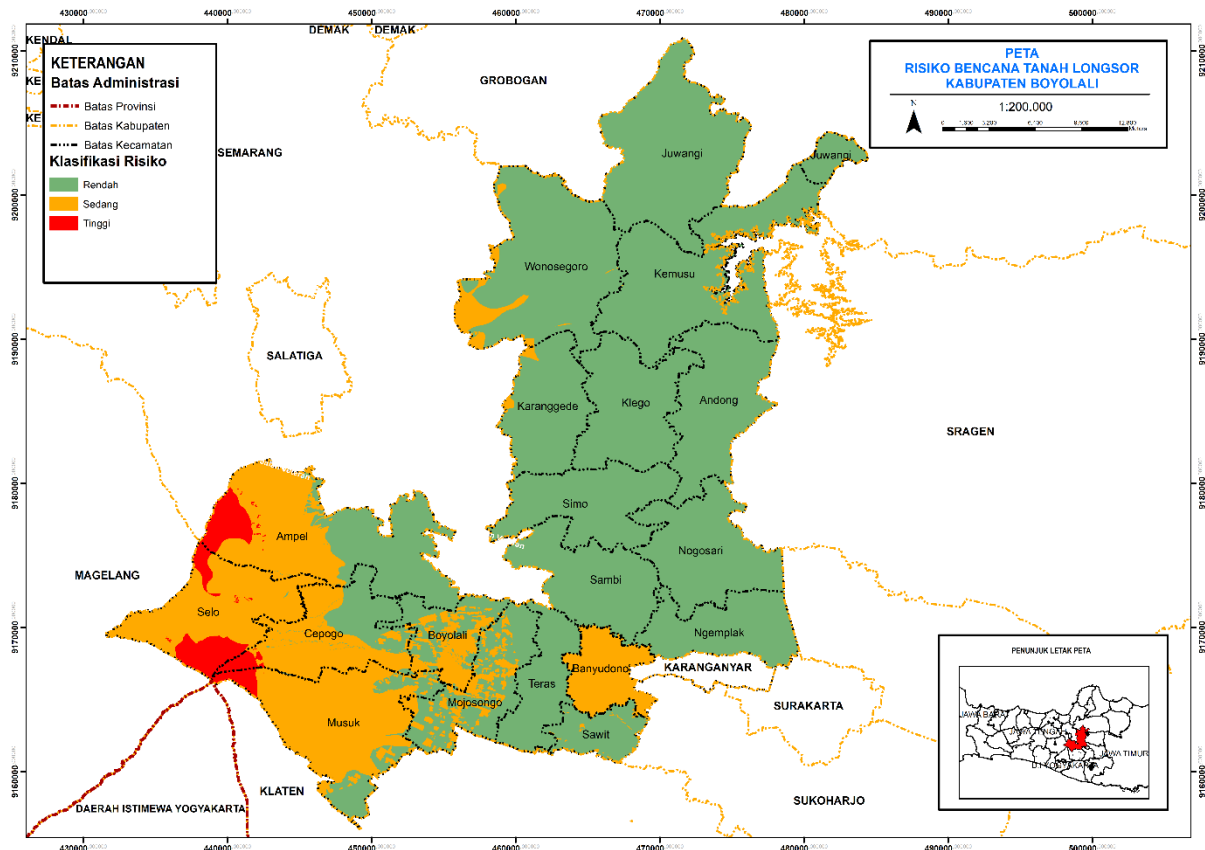
3.3. Risiko bencana tanah longsor

Analisis risiko bencana dihasilkan dengan melakukan *overlay* hasil analisis kerawanan dan hasil analisis kerentanan. Hasil analisis risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19. Klasifikasi tingkat risiko bencana tanah longsor.

No	Tingkat Risiko Longsor	Luas	Presentase (%)
1	Rendah	80.789,7	74,3
2	Sedang	25.247,1	23,2
3	Tinggi	2.751,2	2,5

Tingkatan risiko bencana ini dihasilkan oleh kerawanan dan kerentanan yang berbanding lurus di mana semakin tinggi tingkat kerawanan pada suatu kawasan dan semakin tinggi tingkat kerentanan pada suatu wilayah tersebut maka risiko yang dihasilkan juga tinggi. Tingkat risiko bencana rendah memiliki persentase paling besar di Kabupaten Boyolali dan tersebar pada bagian utara dan barat Kabupaten Boyolali. Kawasan yang memiliki risiko rendah bencana tanah longsor tersebar menjauhi kawasan Gunung Merapi dan Gunung Merbabu. Sedangkan kawasan yang memiliki risiko sedang dan tinggi cenderung mendekati kawasan Gunung Merapi dan Merbabu. Hasil analisis ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Risiko bencana tanah longsor Kabupaten Boyolali.

3.4. Kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor

Pada analisis ini akan disandingkan rencana pola ruang dengan hasil kajian risiko bencana dimana hasil akhir dari analisis ini adalah persentase kesesuaian rencana pola ruang terhadap kelas risiko bencana. Persentase pola ruang pada masing-masing tingkatan risiko bencana dapat dilihat pada Tabel 20 dan Tabel 21 sebagai berikut.

Tabel 20. Persentase kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor.

Peruntukan Ruang	Risiko Rendah (%)	Risiko Sedang (%)	Risiko Tinggi (%)
Kawasan Lindung			
Taman Nasional	-	6,45	81,79
Kawasan Perlindungan Setempat (Sempadan sungai, waduk, mata air)	5,04	4,71	0,02
Sungai	0,78	0,49	0,11
Kawasan Budidaya			
Hutan Produksi	16,87	0,11	-
Hutan Rakyat	-	4,25	-
Pertanian Lahan Basah	24,08	6,71	-
Pertanian Lahan Kering	9,4	31,86	4,2
Perkebunan	13,9	12,04	12,32
Perikanan	0,001	0,03	-
Komplek Pemerintahan	0,009	0,29	-
Industri	2,196	1,55	-
Kawasan Permukiman Perdesaan	18,921	18,42	1,42
Kawasan Permukiman Perkotaan	6,897	13,03	0,11
Kawasan Transportasi Udara	0,3	-	-
Waduk	0,8	-	-
Embung	0,011	-	-

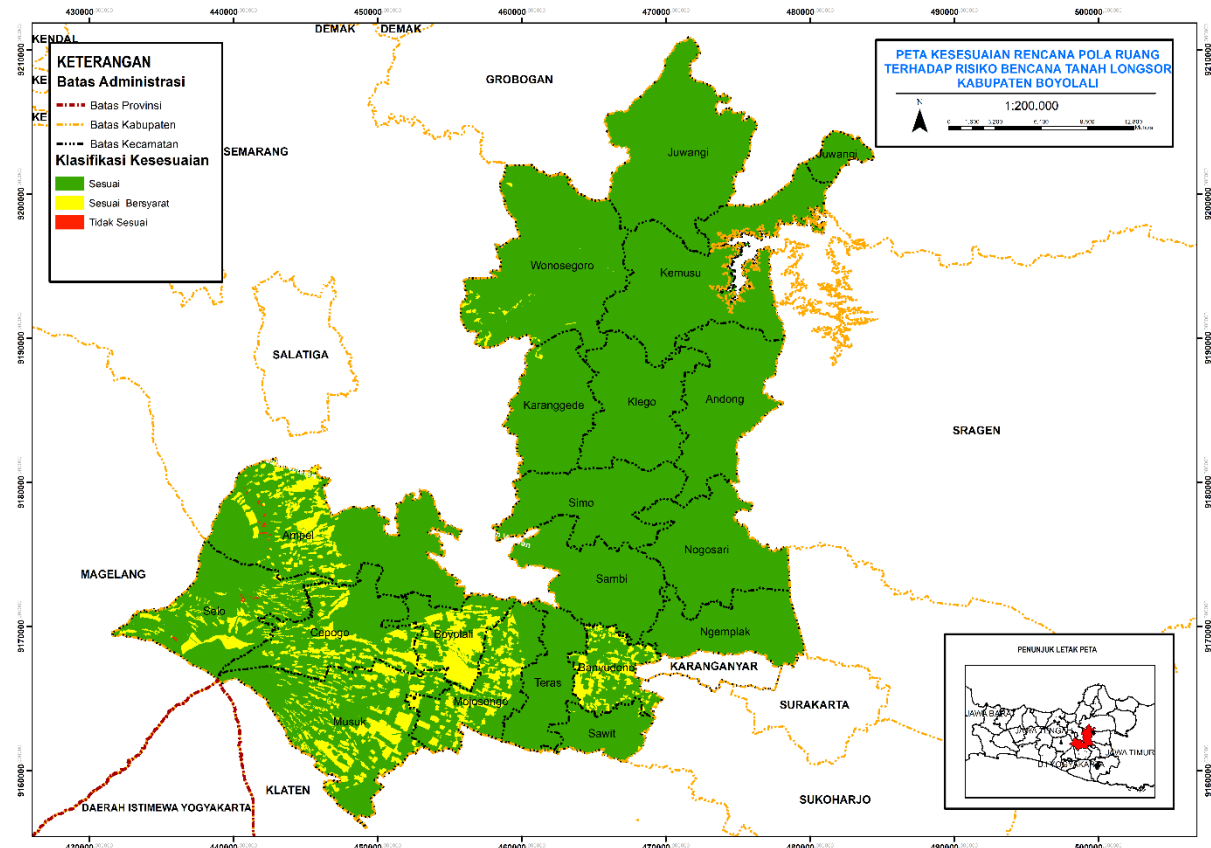
Keterangan: Hijau = Sesuai; Kuning = Sesuai Bersyarat; Merah = Tidak Sesuai

Tabel 21. Persentase tingkat kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor.

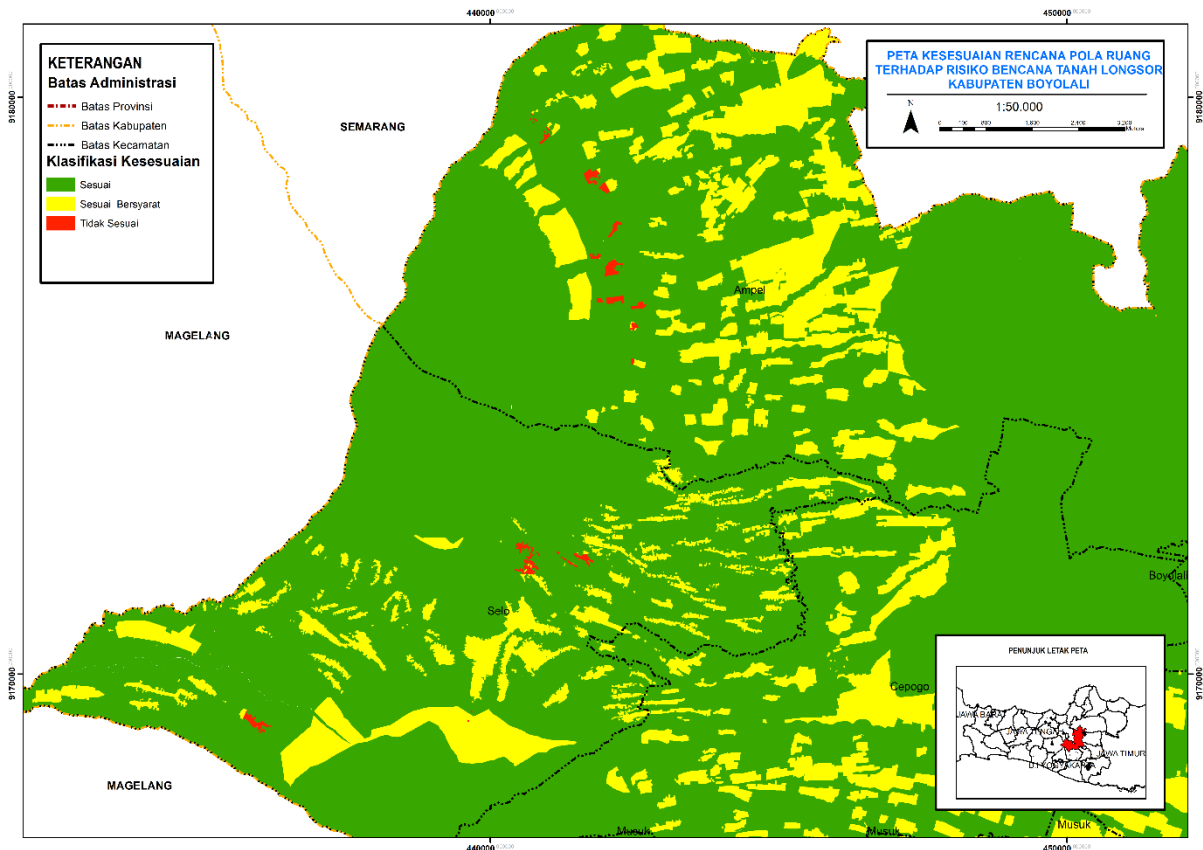
No	Kesesuaian	Presentase (%)
1.	Sesuai	91,8
2.	Sesuai Bersyarat	8,17
3.	Tidak Sesuai	0,03

Dari Tabel 20 dan Tabel 21 di atas, dapat diketahui bahwa hampir seluruh peruntukan ruang yang berada pada kawasan risiko bencana rendah dikatakan sesuai. Selanjutnya, pada kawasan risiko bencana sedang, terdapat dua kategori kesesuaian yakni sesuai dan sesuai bersyarat dimana persentase sesuai lebih besar jika dibandingkan dengan persentase sesuai bersyarat. Sementara pada kawasan risiko bencana tinggi, terdapat tiga kategori kesesuaian yakni sesuai, sesuai bersyarat, dan tidak sesuai dimana persentase sesuai lebih besar dibandingkan persentase dua kategori kesesuaian yang lainnya. Ketidaksesuaian ditemukan pada kawasan risiko tinggi dengan peruntukan ruang permukiman yaitu di Kecamatan Selo dan Kecamatan Ampel. Adanya ketidaksesuaian tersebut, diketahui bahwa pemanfaatan ruang pada kondisi yang memiliki risiko bencana tinggi walaupun tidak terlalu tinggi persentase kesesuaiannya, rencana pola ruang Kabupaten Boyolali belum mengakomodir

secara menyeluruh terkait dengan kajian risiko bencana khususnya bencana tanah longsor ditambah lagi kesesuaian tersebut peruntukan ruangnya adalah permukiman yang merupakan tempat masyarakat bertempat tinggal. Apabila terjadi bencana maka kerugian yang ditimbulkan juga tidak sedikit karena ketidaksesuaian itu berada pada kawasan permukiman yang dapat menimbulkan kerugian material maupun non material. Peta ilustrasi dari hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor Kabupaten Boyolali.



Gambar 5. Kesesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor Kabupaten Boyolali

4. Kesimpulan

Kajian risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali yang dihasilkan dari kajian kerawanan dan kerentanan menghasilkan tiga klasifikasi yaitu risiko rendah, sedang dan tinggi. Kerawanan dihasilkan dengan metode skoring pembobotan dengan cara *overlay* parameter kemiringan lereng, curah hujan, jenis tanah, jenis batuan dan penggunaan lahan. Kerawanan di Kabupaten Boyolali didominasi tingkat kerawanan rendah dengan persentase sebesar 76,5% yang tersebar di sebelah timur dan utara Kabupaten Boyolali. Sedangkan untuk kerawanan sedang dan tinggi tersebar di sebelah barat Kabupaten Boyolali atau sekitar daerah Gunung Merapi dan Merbabu seperti Kecamatan Selo, Kecamatan Cepogo, Kecamatan Ampel, Kecamatan Musuk, Kecamatan Boyolali dan Kecamatan Mojosongo.

Kerentanan bencana tanah longsor dihasilkan dengan metode dan analisis yang sama dengan kerawanan yaitu dengan skoring pembobotan dan *overlay* dengan empat variabel yaitu fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan yang menghasilkan tiga klasifikasi kerentanan yaitu rendah sedang dan tinggi. Analisis kerentanan fisik dengan indikator kepadatan bangunan dan jumlah fasilitas umum didominasi oleh kerentanan fisik tinggi yang mencakup 14 kecamatan dari 19 kecamatan di Kabupaten Boyolali. Analisis kerentanan ekonomi yang terdiri dari persentase lahan produktif dan lokasi kegiatan perekonomian masyarakat didominasi dengan kerentanan

rendah. Kerentanan sosial dengan indikator penduduk usia rentan dan kepadatan penduduk didominasi dengan kerentanan sosial sedang, sementara kerentanan lingkungan yang terdiri dari luas kawasan lindung dan luas kawasan pertambangan didominasi dengan kerentanan lingkungan. Kemudian yang terakhir didapatkan kerentanan bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali didominasi dengan kerentanan sedang dengan persentase 79,1%.

Berdasarkan analisis kerawanan dan kerentanan, dihasilkan tiga klasifikasi risiko bencana yaitu rendah, sedang dan tinggi. Persentase terbesar adalah pada risiko bencana rendah yang tersebar pada sebelah timur dan utara Kabupaten Boyolali. Sedangkan risiko bencana sedang dan tinggi berada pada sebelah barat Kabupaten Boyolali dimana semakin mendekati Gunung Merapi dan Merbabu, semakin tinggi risiko bencana tanah longsor.

Berdasarkan hasil penelitian, kawasan yang sesuai terhadap risiko bencana tanah longsor merupakan kawasan lindung baik yang berada pada risiko rendah, sedang maupun tinggi karena kawasan lindung tidak terdapat aktivitas masyarakat dan infrastruktur vital yang dirugikan jika terjadi tanah longsor selain kawasan lindung terdapat kawasan budidaya yang berada pada risiko rendah dan sedang. Pada kawasan sesuai bersyarat terdapat pada kawasan budidaya terbangun seperti kompleks pemerintahan, industri dan kawasan permukiman serta kawasan pada risiko tinggi berupa pertanian dan perkebunan. Ketidaksihesuaian rencana pola ruang terhadap risiko bencana tanah longsor di Kabupaten Boyolali. Meskipun persentasenya cenderung kecil, akan tetapi ketidaksihesuaian itu berada pada peruntukan ruang permukiman dimana terdapat kegiatan masyarakat dan bangunan permukiman yang dapat menjadi kerugian bila terjadi bencana tanah longsor. Perlunya meninjau kembali rencana pola ruang yang diintegrasikan dengan kajian risiko bencana khususnya bencana tanah longsor karena rencana pola ruang menjadi acuan dalam pembangunan dan pengembangan wilayah sehingga dapat mencegah adanya pemanfaatan ruang yang tidak sesuai.

Referensi

- [1] Naryanto HS, Prawiradisastra F, Kristijono A, Ganesha D. Penataan Kawasan Pasca Bencana Tanah Longsor Di Puncak Pass, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Cianjur Tanggal 28 Maret 2018. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)* 2019;9:1053–65. <https://doi.org/10.29244/jpsl.9.4.1053-1065>.
- [2] Goenadi S. *Konservasi Lahan Terpadu Daerah Rawan Bencana Longsoran Di Kabupaten Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian, Universitas Gadjah Mada; 2003.
- [3] BPBD Kabupaten Boyolali. *Informasi Bencana 2021*.
- [4] Pemerintah Daerah Kabupaten Boyolali. *Peraturan Daerah Kabupaten Boyolali No 9 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Boyolali Tahun 2011-2031* 2011.
- [5] Muta'ali L. *Perencanaan Pengembangan Wilayah Berbasis Pengurangan Resiko Bencana*. Yogyakarta: Cetakan Pertama; 2014.

- [6] Sholikhhan M, Prasetyo SYJ, Hartomo KD. Pemanfaatan WebGIS untuk Pemetaan Wilayah Rawan Longsor Kabupaten Boyolali dengan Metode Skoring dan Pembobotan. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi* 2019;5. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v5i1.1588>.
- [7] Rema YMM. Zonasi Kawasan Berdasarkan Tingkat Risiko Bencana Tanah Longsor Di Kota Batu. Skripsi. Institut Teknologi Nasional Malang, 2018.
- [8] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana 2012.
- [9] Menteri Pekerjaan Umum. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 22/PRT/M/2007 Tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor 2007.
- [10] Ramli S. Pedoman Praktis Manajemen Risiko dalam Perspektif K3 OHS Risk Management. Jakarta: Dian Rakyat; 2010.
- [11] Paimin S, Pramono IB. Teknik Mitigasi Banjir Dan Tanah Longsor. Balikpapan: Tropenbos International Indonesia Programme 2009.
- [12] Faizana F, Nugraha AL, Yuwono BD. Pemetaan Risiko Bencana Tanah Longsor Kota Semarang. *Jurnal Geodesi UNDIP* 2015; 4:223–34. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/7669>
- [13] Puslittanak Pusat Penelitian dan Pengembangan Agroklimat. Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografi 2004.
- [14] BAPPENAS. Materi Teknis: Revisi Pedoman Penyusunan Rencana Tata Ruang Berdasarkan Perspektif Pengurangan Risiko Bencana 2014.
- [15] Koy VBMF, Rodrigues O. Developing Smart Environment at Tourism Spots in Jetisharjo RW. 07, Yogyakarta. *ARTEKS: Jurnal Teknik Arsitektur* 2019;4:25–32. <https://doi.org/10.30822/arteks.v4i1.75>.