

# Implementasi SIG dalam Menentukan Potensi Kerawanan Tanah Longsor sebagai Evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah

Ahmad Amri Nur\*, Dian Sandri, Naufal Haidar Ahmada, Revi Aulia Purbandini

Prodi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi dan Bisnis, Muhammadiyah Purbalingga, Purbalingga, Indonesia

Email: <sup>1,\*</sup>ahmadamrinur@gmail.com, <sup>2</sup>dian33sandri@gmail.com, <sup>3</sup>naufal@itbmp.ac.id, <sup>4</sup>auliarevi@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: ahmadamrinur@gmail.com

**Abstrak**—Permasalahan bencana alam berupa tanah longsor merupakan kejadian bencana yang paling banyak terjadi di Kabupaten Purbalingga. Bahkan bencana tanah longsor terjadi di hampir seluruh wilayah dengan frekuensi semakin banyak dan sering. Perlu adanya pemetaan potensi kerawanan bahaya longsor agar dapat dilakukan mitigasi bencana tanah longsor terutama pada kawasan permukiman. Pemetaan kerawanan tanah longsor juga menjadi alat evaluasi terhadap materi Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) khususnya rencana pola ruang. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui dan memetakan potensi kerawanan tanah longsor di Kabupaten Purbalingga menggunakan sistem informasi geografis (SIG) dan melakukan evaluasi pola ruang dari RTRW Kabupaten Purbalingga. Metode yang digunakan dalam menentukan kerawanan tanah longsor adalah pembobotan dan skoring terhadap parameter. Hasil penelitian menunjukkan wilayah dengan kerentanan tanah longsor kelas rendah sebesar 7.391 Ha (9%), kelas sedang sebesar 33.992 Ha (42%), kelas tinggi sebesar 30.685 Ha (38%) dan kelas sangat tinggi sebesar 8.296 Ha (11%). Sebanyak 9 kecamatan memiliki potensi tanah longsor sangat tinggi. Hasil perhitungan *overlay* peta kerawanan tanah longsor dan pola ruang menemukan sebesar 6.658 ha kawasan lindung berada pada zona kerentanan tanah longsor tinggi dan 4.652 ha berada pada zona kerentanan tanah longsor sangat tinggi. Kawasan budidaya seluas 24.203 ha berada pada zona kerentanan tanah longsor tinggi dan 3.643 ha berada di atas zona kerentanan tanah longsor sangat tinggi. Sehingga temuan ini menjadi bahan pertimbangan dalam melakukan revisi RTRW terhadap mitigasi bencana bahaya tanah longsor terutama untuk wilayah permukiman.

**Kata Kunci:** Sistem Informasi Geografis (SIG); Kerawanan; Tanah longsor; Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)

**Abstract**—The problem of natural disasters in the form of landslides is the most common disaster event in Purbalingga Regency. In fact, landslides occur in almost all regions with increasing frequency. There is a need for potential vulnerability to landslide hazards so that landslide disaster mitigation can be carried out, especially in residential areas. Landslide susceptibility mapping is also an evaluation tool for Regional Spatial Planning (RTRW) material, especially spatial pattern plans. This research aims to determine and map the potential for landslide vulnerability in Purbalingga Regency using a geographic information system (GIS) and evaluate the spatial pattern of the RTRW of Purbalingga Regency. The method used to determine landslide susceptibility is weighting and scoring parameters. The research results show that areas with low class landslide vulnerability are 7,391 Ha (9%), medium class are 33,992 Ha (42%), high class are 30,685 Ha (38%) and very high class are 8,296 Ha (11%). A total of 9 sub-districts have very high potential for landslides. The results of overlay calculations of landslide susceptibility maps and spatial patterns found that 6,658 ha of protected areas were in high landslide susceptibility zones and 4,652 ha were in very high landslide susceptibility zones. The 24,203 ha cultivation area is in the high landslide vulnerability zone and 3,643 ha is above the very high landslide vulnerability zone. So these findings can be taken into consideration in revising the RTRW for mitigating landslide hazards, especially for residential areas.

**Keywords:** Geographic Information Systems (GIS); Vulnerability; Landslide; Regional Spatial Planning (RTRW)

## 1. PENDAHULUAN

Kejadian bencana tanah longsor di Kabupaten Purbalingga terjadi setiap tahun dengan frekuensi yang terus meningkat serta menjadi kejadian bencana alam terbanyak. Ekskalasi kejadian tanah longsor dapat dilihat dari sebaran maupun dampaknya. Peristiwa tersebut menimbulkan berbagai kerusakan dan kerugian. Tidak hanya merusak lahan pertanian dan perkebunan. Namun, kejadian tanah longsor juga merusak rumah-rumah penduduk dan jaringan prasarana seperti jalan, drainase dan saluran irigasi. Sebaran kejadian tanah longsor hampir merata disetiap kecamatan. Tercatat hampir semua kecamatan pernah mengalami kejadian tanah longsor. Beberapa kecamatan yang sering mengalami tanah longsor berlokasi di wilayah bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Pemalang yang memiliki kondisi kelerengan curam dan berbukit dengan penggunaan lahan bervariasi seperti pertanian, perkebunan, hutan lindung dan permukiman perdesaan. Sayangnya, didalam RTRW Kabupaten Purbalingga tidak disebutkan secara pasti terhadap titik lokasi dan luasan sehingga terjadi ketidaksinkronan antara potensi kerawanan tanah longsor dengan rencana pola ruang didalam dokumen RTRW. Sehingga dibutuhkan pemetaan kerawanan potensi tanah longsor sebagai bahan evaluasi RTRW.

Penggunaan SIG untuk memetakan potensi rawan bencana tanah longsor telah dipakai dalam beberapa penelitian di berbagai wilayah namun dengan metode dan parameter yang berbeda-beda. Metode pembobotan dan skoring adalah metode yang paling umum digunakan sebagaimana pada penelitian [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] dan [9] karena memberikan hasil yang akurat terhadap titik lokasi dan luasan. Hal ini penting karena menjadi basis data dan informasi sah dan valid terhadap dokumen perencanaan ruang (*spatial planning*) untuk menjawab secara keruangan “dimana” potensi bencana tersebut dan “berapa” besaran ruang yang berpotensi terjadi bencana. Beberapa penelitian melakukan analisis potensi tanah longsor dengan metode pendekatan yang berbeda seperti menggunakan pendekatan *indeks storie* [10] dan [11], analisis model *Frequency Ratio* (FR) and *Weights of Evidence* (WoE) [12] dan *fuzzy logic* [13] dalam mengetahui tingkat bahaya bencana longsor, metode analisis dan pembobotan heuristik untuk memprediksi bahaya longsor DAS Serang [14]. Metode *indeks storie* memiliki kelemahan yaitu apabila salah satu parameter memiliki nilai nol, maka hasil perkalian akan menjadi nol dan tanah dianggap memiliki keterbatasan fisik dan tidak sesuai untuk keperluan lahan pertanian [11].

Berbagai macam metode yang digunakan dalam penelitian dan kajian dalam menentukan kerawanan bahaya longsor tersebut menggunakan pengolahan peta ArcGIS. Masing-masing penelitian menggunakan parameter dan indikator yang beragam. Kerawanan gerakan tanah berpotensi menyebabkan terjadinya tanah longsor sebesar 34% [15]. Kerawanan gerakan tanah umumnya dibagi kedalam empat kelas yaitu kerentanan rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Kerawanan gerakan tanah kelas rendah dicirikan oleh morfologi landai [2] dan penggunaan lahan berupa hutan [9] sesuai kriteria yang ditetapkan [16]. Kerentanan gerakan tanah sedang didominasi oleh penggunaan lahan permukiman [9]. Sedangkan kerentanan kelas tinggi memiliki ciri morfologi terjal dan jejak longsor dapat diidentifikasi dengan baik [2]. Penggunaan lahan merupakan salah satu kriteria utama dalam penentuan kerentanan gerakan tanah. Namun pada penelitian ini, identifikasi potensi kerawanan tanah longsor dianalisis dengan metode pembobotan dan skoring pada peta setelah semua variabel parameter di *overlay*. Penentuan besarnya pembobotan mengacu pada penelitian tanah dan agroklimat (Puslittanak) 2004 [17] yang merupakan hasil pengkajian potensi longsor berbasis SIG. Kebaharuan dalam penelitian ini adalah hasil pembobotan dan skoring berupa peta kelas kerentanan tanah longsor tersebut akan di *overlay* kembali dengan pola ruang untuk menemukan kesesuaian arahan kawasan lindung dan kawasan budidaya yang termuat didalam RTRW Kabupaten Purbalingga.

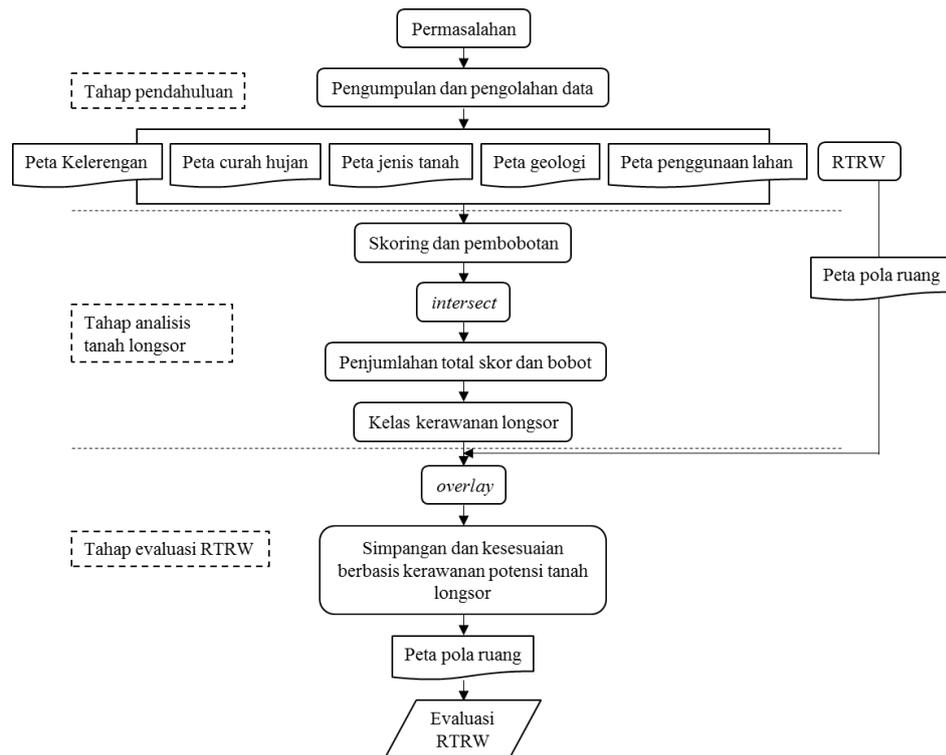
RTRW sebagai dokumen penataan ruang yang memiliki jangka waktu perencanaan hingga dua puluh tahun mendatang menjadi standar dan acuan dalam penentuan pola ruang, arahan pemanfaatan dan pengendalian pemanfaatan ruang. Inisiasi penyusunan RTRW dalam bentuk kajian dan evaluasi berbasis perencanaan telah banyak dilakukan. Setelah bencana gempa bumi di Padang pada tahun 2009 RTRW Kota Padang telah direvisi dua kali untuk memetakan daerah-daerah yang rawan bencana gempa bumi dan tsunami [18]. Kesesuaian pola ruang RTRW juga perlu melihat kelas bahaya banjir yang ada di lingkungan permukiman maupun lahan pertanian [19]. Strategi penataan ruang berbasis mitigasi bencana bahaya banjir rob di Bandar Lampung menghasilkan tiga strategi yaitu perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang [20]. Bahkan perkiraan kerugian yang ditimbulkan oleh dampak longsor pada lahan sawah dengan jumlah 936 bidang lahan dapat mencapai empat belas miliar rupiah [21].

Selain gempa bumi, tsunami dan banjir, bencana alam seperti tanah longsor dan gerakan tanah juga menjadi bahan evaluasi dalam RTRW. Penelitian di Kota Kendari menunjukkan bahwa rencana pola untuk kegiatan permukiman sudah sesuai dengan rencana pembangunan wilayah dan kota sebesar 93,05% dan hanya sebagian kecil yang berada pada kawasan rawan longsor kelas tinggi [22]. Hasil pemetaan kerawanan longsor di Cikakak menemukan bahwa terdapat penggunaan lahan hutan konservasi yang masuk pada kerawanan longsor sedang dan penggunaan lahan permukiman yang masuk pada kerentanan bahaya longsor tinggi sehingga perlu dilakukan upaya mitigasi seperti peringatan dini, penghijauan, pembangunan infrastruktur pendukung permukiman yang tahan terhadap longsor [23]. Inventarisasi dan sosialisasi tentang kerawanan bencana longsor perlu dilakukan dalam rangka meminimalisir kerugian [24]. Hasil kajian kerawanan bencana telah menjadi bahan evaluasi bagi RTRW diberbagai wilayah namun belum mendalam yang berisat substantif melihat isi dokumen RTRW. Dengan latar belakang dan permasalahan yang dikemukakan, tujuan penelitian ini adalah memetakan potensi kerawanan tanah longsor sebagai bahan evaluasi dalam RTRW Kabupaten Purbalingga berupa pola ruang yang terdiri dari kawasan lindung dan kawasan budidaya. Sehingga diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan masukan dan pertimbangan bagi pemerintah dan wawasan pengetahuan khususnya terkait identifikasi bahaya longsor lahan di Kabupaten Purbalingga.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

### **2.1 Tahapan Penelitian**

Penelitian dilakukan di Kabupaten Purbalingga yang setiap tahun mengalami bencana tanah longsor dengan sebaran yang hampir merata disetiap kecamatan dan dengan intensitas dan dampak yang berbeda-beda. Disisi lain RTRW Kabupaten Purbalingga sudah di sahkan menjadi perda namun didalamnya belum memuat titik lokasi dan luasannya sehingga membutuhkan evaluasi. Tanah longsor merupakan pergerakan masa batuan, puing atau tanah yang terjadi dilereng [25]. Metode analisis penelitian ditempuh melalui pendekatan pembobotan dan skoring terhadap semua parameter dan *overlay* dilakukan untuk mendapatkan hasil kerentanan tanah longsor melalui pengolahan perangkat lunak ArcGIS. *Overlay* adalah proses integrasi data dari lapisan-lapisan layer yang berbeda [26]. Skoring dapat digunakan apabila masing-masing kriteria penilaian yang berbeda dapat digabungkan [27]. ArcGIS yaitu sistem yang mampu mengorganisir perangkat keras dan lunak, data yang dapat diolah, analisis dan simpan untuk mendapatkan gambaran langsung terhadap aspek keruangan [28]. Analisis *overlay* digunakan untuk mendapat hasil sesuai tujuan penelitian, akan ditempuh melalui tiga tahap yaitu tahap pendahuluan, tahap analisis kerawanan tanah longsor dan tahap evaluasi RTRW.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Tahapan pendahuluan berisi latar belakang dan permasalahan yang dikemukakan sekaligus menjadi *background* dalam penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data dan mengolah data-data tersebut. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari Bappelitbangda Kabupaten Purbalingga berupa peta dalam format *shapefile* antara lain peta kelerengan, peta curah hujan, peta jenis tanah, peta geologi dan peta penggunaan lahan sekaligus sebagai parameter dalam pengukuran kerawanan tanah longsor [17]. Peta pola ruang digunakan dalam tahap evaluasi RTRW untuk melihat simpangan dan kesesuaian lahan dengan cara ditimpal (*overlay*) dengan hasil peta potensi kerawanan tanah longsor. Tahap analisis berisi kegiatan analisis untuk memetakan potensi kerawanan tanah longsor. Pada tahap ini semua data dianalisis dan diolah menggunakan perangkat lunak peretakan ArcGIS 10.4. Masing-masing parameter dilakukan skoring dan pembobotan dengan pemberian nilai dan bobot melalui *open attribute table* kemudian dilakukan *intersect* untuk semua parameter. Setelah itu dilakukan pengkelasan terhadap kerawanan longsor menjadi empat kelas yaitu kerawanan tanah longsor rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Tahap terakhir adalah melakukan evaluasi pola ruang yang terdiri dari kawasan lindung dan kawasan budidaya berdasarkan peta kelas kerawanan tanah longsor dengan cara *overlay*. Secara keseluruhan tahap penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Data yang digunakan dalam penelitian

1. Peta kelerengan dalam format shapefile (.shp) skala 1: 150.000
2. Peta curah hujan dalam format shapefile (.shp) skala 1: 150.000
3. Peta jenis tanah dalam format shapefile (.shp) skala 1: 150.000
4. Peta geologi dalam format shapefile (.shp) skala 1: 150.000
5. Peta penggunaan lahan dalam format shapefile (.shp) skala 1: 150.000
6. Peta pola ruang dalam format shapefile (.shp) skala 1: 150.000
7. Perda dan materi teknis RTRW Kabupaten Purbalingga

## 2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah pembobotan dan skoring terhadap peta-peta yang menjadi parameter dalam penentuan potensi kerawanan tanah longsor. Pemberian bobot dan skoring mengacu pada Puslittanak 2004 [17] untuk masing-masing parameter sebagaimana Tabel 1. Setelah parameter diberikan skor dan bobot maka selanjutnya skor dan bobot tersebut dilakukan perkalian untuk mendapatkan nilai parameter. Setelah semua parameter dilakukan perkalian bobot dan skor maka langkah berikutnya adalah melakukan *intersect* pada semua parameter yaitu menggabungkan *attribute table* semua parameter menjadi satu peta baru yaitu peta potensi kerawanan tanah longsor. Peta tersebut lalu dilakukan *dissolve* untuk menyisakan data pada *attribute table* sesuai yang diperlukan saja berupa nilai parameter. Masing-masing nilai parameter tersebut dijumlahkan menjadi nilai akhir sebagai penetapan tingkat kerawanan potensi tanah longsor. Penetapan tingkat kerawanan tanah longsor pada penelitian ini didasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Puslittanak [17] seperti (1).

$$\text{Nilai tingkat kerawanan longsor} = 0,3 \cdot \text{FCH} + 0,2 \cdot \text{FJB} + 0,2 \cdot \text{FKL} + 0,2 \cdot \text{FPL} + 0,1 \cdot \text{FJT} \quad (1)$$

Keterangan:

FCH = faktor curah hujan

FJB = faktor jenis batuan

FKL = faktor kemiringan lereng

FPL = faktor penutupan lahan

FJT = faktor jenis tanah.

Nilai akhir tersebut kemudian dilakukan pengkelasan untuk membuat kategori kerentanan tanah longsor yaitu kelas kerentanan tanah longsor rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi berdasarkan panjang interval nilai kerawanan tanah longsor seperti (2). Kesemua proses pembuatan peta kelas potensi tanah longsor dilakukan menggunakan perangkat lunak perpetaan ArcGIS versi 10.4. Adapun pengolahan peta kerentanan potensi tanah longsor terhadap pola ruang menggunakan metode *averlay* menggunakan ArcGIS untuk menemukan kesesuaian hasil sebagai bahan evaluasi RTRW.

$$\text{Interval kelas} = \frac{\text{Skor tertinggi-skor terendah}}{\text{Jumlah klasifikasi}} \quad (2)$$

**Tabel 1.** Bobot dan skor parameter tanah longsor

Parameter	Besaran	Skor	Bobot
Kemiringan lereng dalam satuan % (FKL)	>45	5	20%
	30-45	4	
	15-30	3	
	8-15	2	
	<8	1	
Curah hujan dalam satuan mm/tahun (FCH)	>3000	5	30%
	2501-3000	4	
	2001-2500	3	
	1501-2000	2	
	<1500	1	
Jenis tanah (FJT)	Regosol	5	10%
	Andosol, podsolik	4	
	Latosol coklat	3	
	Asosiasi latosol coklat kekuningan	2	
	Aluvial	1	
Jenis batuan (FJB)	Batuan vulkanik	3	20%
	Batuan sedimen	2	
	Batuan aluvial	1	
Penutupan lahan (FPL)	Tegalan, sawah	5	20%
	Semak belukar	4	
	Hutan dan perkebunan	3	
	Kota/permukiman	2	
	Tambak, waduk, perairan	1	

Tabel 1 menjabarkan skoring dan pembobotan setiap kriteria parameter. Parameter kelerengan memiliki bobot sebesar 20% dengan kelerengan >45% memiliki skor 5 dan kelerengan <8% memiliki skor 1. Parameter curah hujan memiliki bobot paling tinggi 30% yang dibagi kedalam lima dengan nilai curah hujan >3000 memiliki skor paling tinggi 5 dan curah hujan <1500 skornya 1. Parameter jenis tanah memiliki bobot terkecil yaitu 10% dengan jenis tanah regosol memiliki skor paling besar yaitu 5 dan jenis tanah aluvial nilai skornya adalah 1. Parameter jenis batuan dan penutupan lahan masing-masing memiliki bobot 20%. Jenis batuan vulkanik memiliki nilai skor 3 dan jenis batuan aluvial memiliki skor 1. Sedangkan jenis penutupan lahan berupa tegalan dan sawah memiliki skor tertinggi yaitu 5 dan penggunaan lahan tambak, waduk dan perairan memiliki skor terkecil yaitu 1.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan RTRW memiliki jangka waktu hingga dua puluh tahun mendatang dan bisa dievaluasi setiap lima tahun sekali apabila diperlukan. Oleh sebab itu telah banyak penelitian yang dilakukan untuk melihat kembali RTRW terhadap faktor bencana alam [18] [19] [20] [29] [30] dan [23]. Penelitian mengenai kerawanan bencana tanah longsor di Cisarua menemukan sudah adanya kesesuaian antara pola ruang permukiman dengan zona kerawanan tinggi tanah longsor sehingga pengembangan wilayah di lokasi tersebut sudah tepat [29]. Namun hasil evaluasi penilaian atas kejadian bencana longsor di Desa Banaran mengindikasikan terdapat permukiman yang berada di kawasan kerentanan longsor kelas tinggi dan sedang sehingga dibutuhkan kesiapsiagaan masyarakat, pembangunan sistem peringatan dini longsor serta untuk jangka panjang adalah relokasi jika memang kondisi semakin parah [30]. Pemetaan potensi tanah longsor di Kecamatan Sukamakmur menunjukkan 90% rencana pola ruang berada di wilayah beresiko bencana longsor, 14% diantaranya merupakan kawasan permukiman serta 23% berupa kawasan hutan produksi yang masuk klasifikasi bahaya longsor tinggi

[31]. Penentuan potensi kerawanan tanah longsor dapat dilakukan dengan berbagai metode dan parameter diantaranya adalah metode pembobotan dan skroing menggunakan parameter Pustlittanak dengan dibantu perangkat lunak ArcGIS. Berdasarkan hasil pemetaan potensi kerawanan tanah longsor di Kabupaten Purbalingga menggunakan ArcGIS, dapat diketahui bahwa wilayah dengan kerentanan tanah longsor kelas rendah sebesar 7.391 Ha (9%), kelas sedang sebesar 33.992 Ha (42%), kelas tinggi sebesar 30.685 Ha (38%) dan kelas sangat tinggi sebesar 8.296 Ha (11%) seperti yang tersaji pada Tabel 7. Hampir seluruh kecamatan memiliki daerah potensi kerawanan tanah longsor kelas tinggi dan terdapat 9 kecamatan dengan kelas kerentanan tanah longsor sangat tinggi secara berurutan dari yang paling besar luasannya adalah Kecamatan Rembang, Kecamatan Karangjambu, Kecamatan Karangreja, Kecamatan Karangmoncol, Kecamatan Kertanegara, Kecamatan Bobotsari, Kecamatan Mrebet, Kecamatan Bojongsari dan Kecamatan Kutasari (lihat Tabel 7). Bahkan dilihat lebih rinci Kecamatan Karangjambu memiliki zona kerentanan tinggi sebesar 35% [31]. Hasil perhitungan *overlay* peta kerawanan tanah longsor dan pola ruang menemukan sebesar 6.658 ha kawasan lindung berada pada zona kerentanan tanah longsor tinggi dan 4.652 ha berada pada zona kerentanan tanah longsor sangat tinggi. Kawasan budidaya seluas 24.203 ha berada pada zona kerentanan tanah longsor tinggi dan 3.643 ha berada di atas zona kerentanan tanah longsor sangat tinggi sehingga perlu dilihat kembali kesesuaian pola ruang didalam bahan revisi RTRW terhadap mitigasi bencana bahaya tanah longor terutama untuk wilayah permukiman seperti disajikan pada Tabel 8.

### 3.1 Potensi kerawanan bencana tanah longsor

Potensi kerawanan bencana tanah longsor dianalisis menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan metode pembobotan dan skoring lima parameter sesuai dengan Tabel 1.

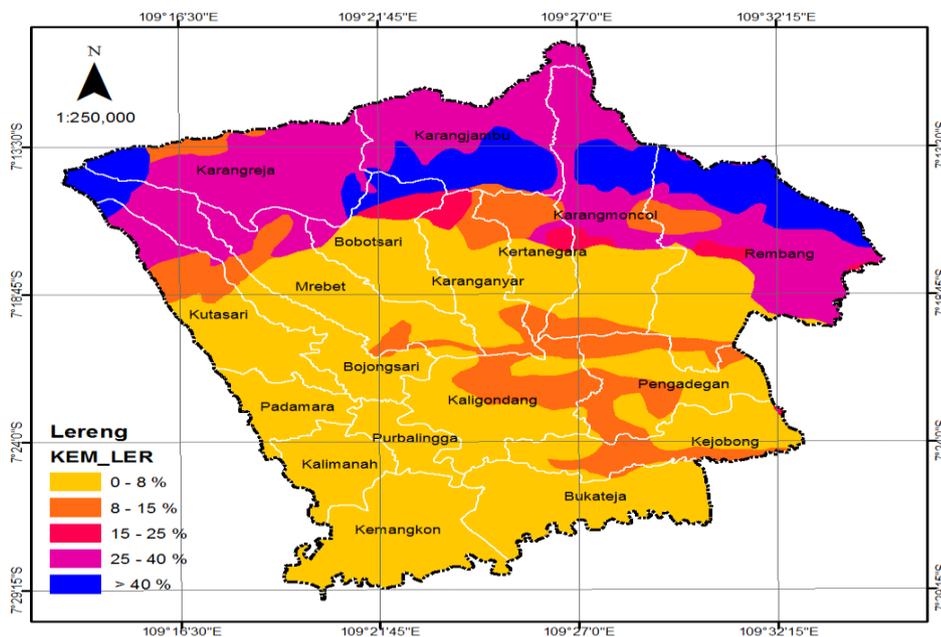
#### a. Kelerengan

Kelerengan di lokasi penelitian sangat bervariasi mulai datar hingga sangat curam. Kelerengan 0-8% atau kategori datar mendominasi di wilayah penelitian sebesar 42.168 ha (52,33%) diberi nilai 1. Kelerengan 25-40% atau curam seluas 18.391 ha (22,82%) diberikan nilai 4 dan kelerengan >40% atau sangat curam meliputi dengan total luas 7.655 ha (9,50%) diberikan nilai 5 sebagaimana dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pembobotan dan skoring parameter kelerengan

Kelerengan	kategori	nilai	bobot	total
> 40 %	Sangat Curam	5	0,2	1
25 - 40 %	Curam	4	0,2	0,8
15 - 25 %	Agak Curam	3	0,2	0,6
8 - 15 %	Landai	2	0,2	0,4
0 - 8 %	Datar	1	0,2	0,2

Persebaran kelerengan datar meliputi Kabupaten Purbalingga bagian selatan sedangkan kelerengan curam tersebar dibagian utara seluas yang membentang dari timur ke barat. Adapun kelerengan sangat curam meliputi persebaran di lereng Gunung Slamet dibagian barat dan memanjang dibagian tengah sampai ke timur sebagaimana digambarkan pada peta Gambar 2. Secara umum kelerengan curam dan sangat curam berupa gugusan perbukitan mejadi batas geografis dengan wilayah Kabupaten Pemalang di bagian utara sekaligus dipengaruhi oleh keberadaan G. Slamet.



**Gambar 2.** Peta kelerengan

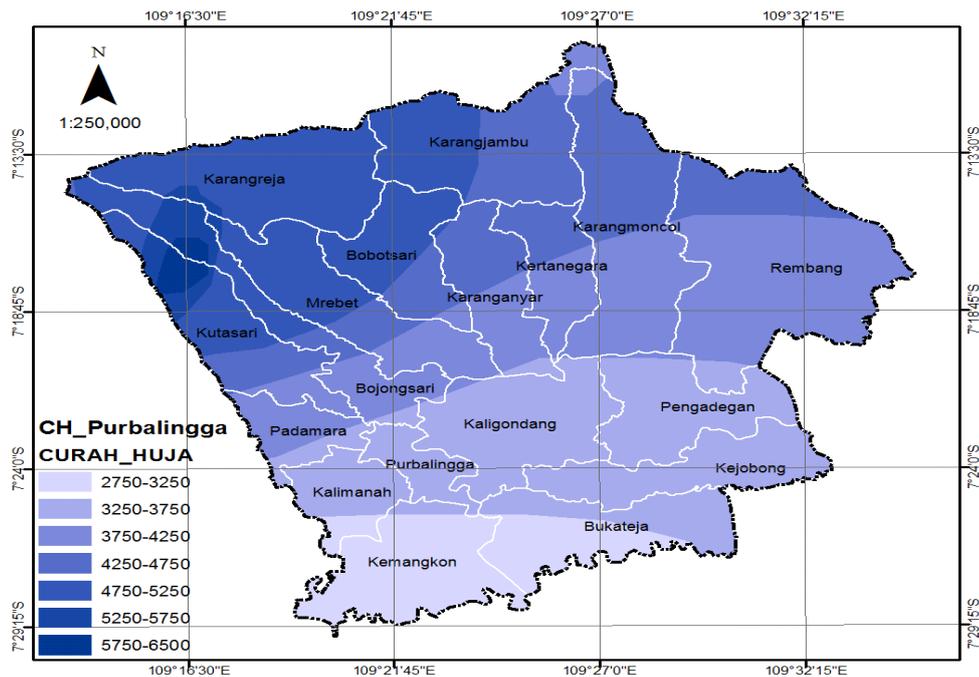
**b. Curah hujan**

Curah hujan memiliki bobot paling tinggi diantara paramater yang lain sebesar 30%. Pada wilayah penelitian, sebagian besar memiliki karakteristik hujan yang sangat tinggi yaitu lebih dari 3.000 mm/tahun. Curah hujan yang tinggi dipengaruhi oleh kondisi geomorfologis yang bergelombang hingga berbukit dan bergunung. Wilayah dengan curah hujan >3000 mm/tahun diberi nilai 5 sedangkan wilayah dengan curah hujan 2500-3000 mm/tahun diberikan nilai 4 sebagaimana pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pembobotan dan skoring parameter curah hujan

Curah hujan (mm/tahun)	nilai	bobot	total
3750-4250	5	0,3	1,5
3250-3750	5	0,3	1,5
4250-4750	5	0,3	1,5
4750-5250	5	0,3	1,5
5750-6500	5	0,3	1,5
5250-5750	5	0,3	1,5
2750-3250	4	0,3	1,2

Secara hidrologis, kondisi curah hujan di wilayah penelitian sangat dipengaruhi oleh keberadaan G. Slamet yang menjadi wilayah perbatasan lima kabupaten yaitu Kabupaten Tegal, Kabupaten Brebes, Kabupaten Pemalang, Kabupaten Banyumas dan Kabupaten Purbalingga. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa curan hujan tertinggi berada di kawasan G. Slamet kemudian menyebar ke wilayah selatan dengan intensitas curah hujan yang menurun. Luasan wilayah penelitian yang memiliki curah hujan tertinggi meliputi area seluas 19.915 ha (24,72%) sedangkan wilayah dengan curah hujan tinggi seluas 7.477 ha (9,28%). Secara keseluruhan wilayah dengan curah hujan sangat tinggi melingkupi seluas 90,72% dari seluruh Kabupaten Purbalingga.



**Gambar 3.** Peta curah hujan

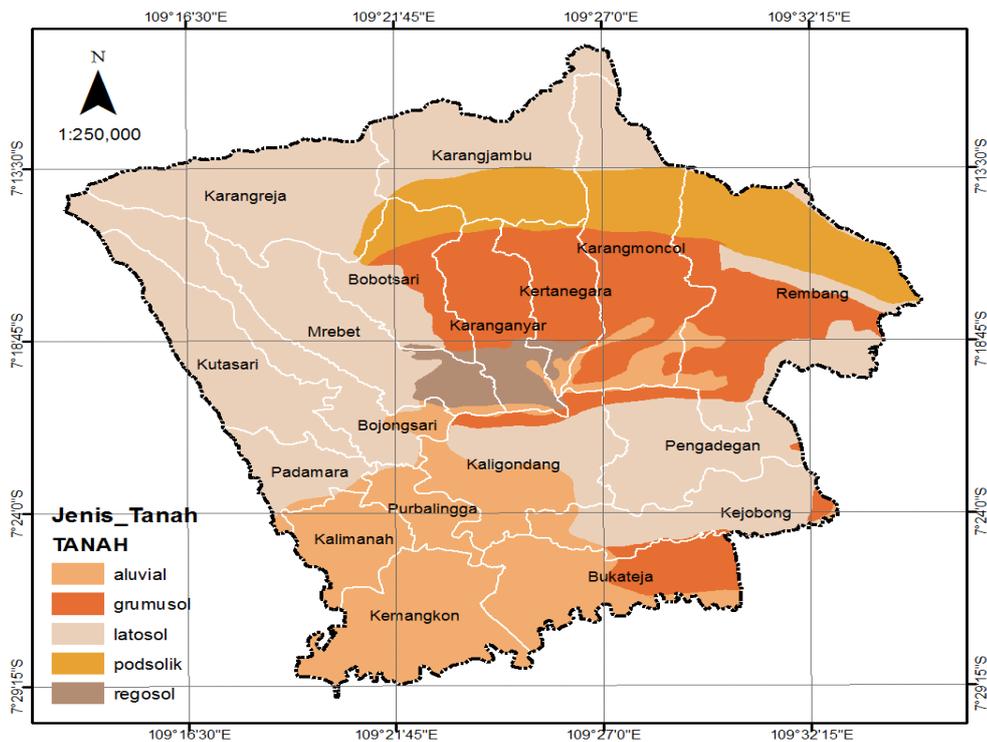
**c. Jenis tanah**

Jenis tanah di wilayah penelitian sangat bervariasi seperti aluvial, latoso, grumusol hingga podsolik. Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa hanya ada empat kategori jenis tanah yang masing-masing memiliki nilai 5 untuk regosol, 4 untuk grumusol dan podsolik, 2 untuk jenis tanah latosol dan nilai 1 untuk aluvial mengacu pada Tabel 1 dengan bobot 10%.

**Tabel 4.** Pembobotan dan skoring parameter jenis tanah

Jenis tanah	nilai	bobot	total
regosol	5	0,1	0,5
grumusol	4	0,1	0,4
podsolik	4	0,1	0,4
latosol	2	0,1	0,2
aluvial	1	0,1	0,1

Jenis tanah latosol mendominasi di wilayah penelitian dengan total luas sebesar 37.966 ha setara 47,12% yang menyebar dari lereng kawasan G. Slamet dibagian barat menuju ke tenggara dan utara. Tanah latosol tersusun atas beberapa jenis diantaranya latosol coklat, latosol litosol, latosol merah kekuningan dan latosol coklat regosol kelabu. Formasi tanah aluvial tersusun atas aluvial coklat, aluvial kelabu coklat dan aluvial kelabu dengan luas mencapai 16.951 ha (21,04%) dengan sebaran terkonsentrasi dibagian selatan yang memiliki kelerengn datar. Formasi tanah grumosol tersusun dari jenis grumosol kelabu dan regosol grumosol mediterania dengan akumulasi luas 14.873 ha (18,46%) yang terletak dibagian utara membentang dari tengah ke timur yang merupakan kelerengn sangat curam. Sedangkan jenis tanah paling sedikit adalah regosol berupa regosol grumosol seluas 2.177 ha (2,70%) sebagaimana disajikan dalam peta Gambar 4.



Gambar 4. Peta jenis tanah

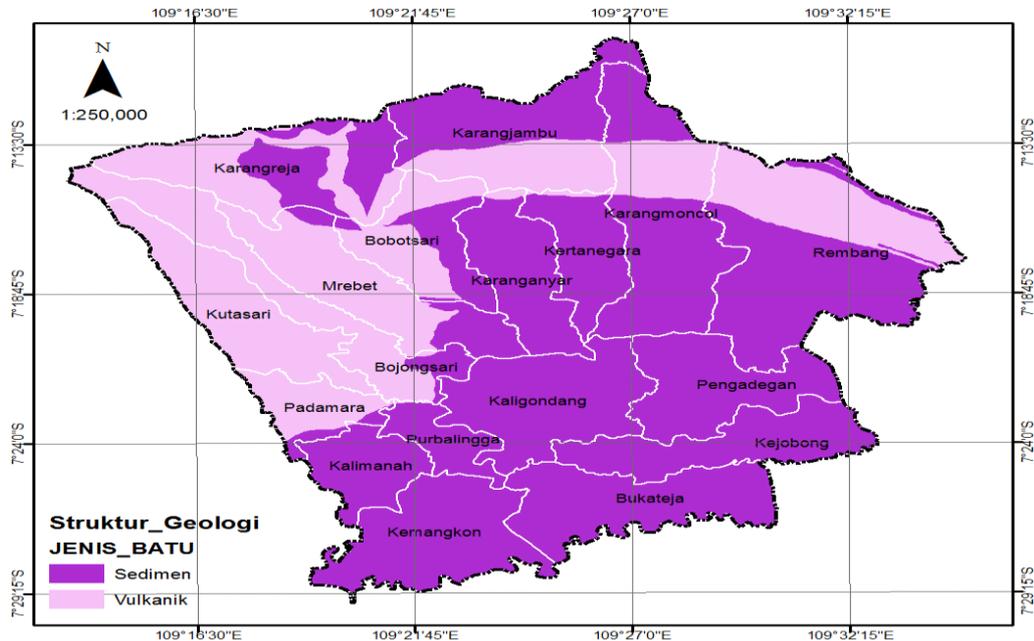
d. Geologi

Secara umum jenis batuan di wilayah penelitian terdiri dari 2 jenis yaitu sedimen seluas 49.251 ha (61,13%) dan vulkanik seluas 31.322 ha (38,87%). Endapan sedimen tersusun dari berbagai macam formasi batuan seperti aluvial, anggota batu gamping, anggota breksi, formasi halang, formasi kalibiuk dan formasi tapak. Formasi batuan penyusun endapan sedimen paling besar adalah aluvial (Qa) terdiri atas *sediment: clastic: alluvium* seluas 16.634 ha. Sedangkan endapan vulkanik tersusun dari berbagai macam formasi batuan seperti diorit, formasi kumbang, lava G. Slamet dan produk batuan hasil erupsi tua G. Slamet. Formasi batuan penyusun endapan vulkanik paling besar adalah lava G. Slamet (Q1s) terdiri atas *extrusive: intermediate: lava* seluas 12.183 ha. Nilai jenis endapan batuan sedimen adalah 2 dan endapan vulkanik sebesar 3 dengan bobot kelerengn sebesar 20% sesuai pada Tabel 5.

Tabel 5. Pembobotan dan skoring parameter jenis batuan

Formasi	endapan	nilai	bobot	total
Aluvial	Sedimentation: river--Sedimentat	2	0,2	0,4
Anggota Batugamping	Sedimentation: littoral: reef--S	2	0,2	0,4
Anggota Breksi	Sedimentation: terrestrial: fluv	2	0,2	0,4
Anggota lempung	--	2	0,2	0,4
Diorit	Volcanism: subareal--Volcanism:	3	0,2	0,6
Formasi Halang	Sedimentation: neritic--Sediment	2	0,2	0,4
Formasi Kalibiuk	Sedimentation: transitional--Sed	2	0,2	0,4
Formasi Kumbang	Volcanism: subareal--Volcanism:	3	0,2	0,6
Formasi Rambatan	Sedimentation: neritic--Sediment	2	0,2	0,4
Lava G. Slamet	Volcanism: subareal--Volcanism:	3	0,2	0,6
Produk batuan erupsi tua Slamet	Volcanism: subaerial--Volcanism:	3	0,2	0,6
Endapan Undak	Sedimentation: terrestrial: fluv	2	0,2	0,4
Formasi Tapak	Sedimentation: transitional--Sed	2	0,2	0,4

Jenis endapan batuan sedimen mendominasi wilayah perencanaan dengan sebaran di bagian timur membentang dari utara ke selatan. Jenis endapan vulkanik dipengaruhi oleh keberadaan G. Slamet dibagian barat sebelah utara dengan persebaran ke arah tenggara hingga membentuk fisiografis bergelombang dan berbukit yang membentuk kelerengan sangat curam sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta jenis batuan

e. Penggunaan lahan

Penggunaan lahan merupakan kondisi tutupan lahan eksisting sedangkan pola ruang adalah rencana proyeksi penggunaan lahan yang akan dicapai hingga akhir tahun perencanaan. Pola ruang dan penggunaan lahan terdiri dari peruntukkan kawasan lindung dan kawasan budidaya. Peruntukkan kawasan budidaya inilah yang merupakan hasil kegiatan dan pemanfaatan lahan oleh manusia antara lain permukiman, kawasan industri, pertanian dan perkebunan dan hutan produksi. Berbagai penggunaan lahan tersebut dapat berpengaruh pada kerawanan potensi tanah longsor. Demikian juga apabila terdapat kegiatan budidaya diatas zona kerentanan tanah longsor tinggi dan sangat tinggi akan membahayakan aktivitas dan kehidupan manusia.

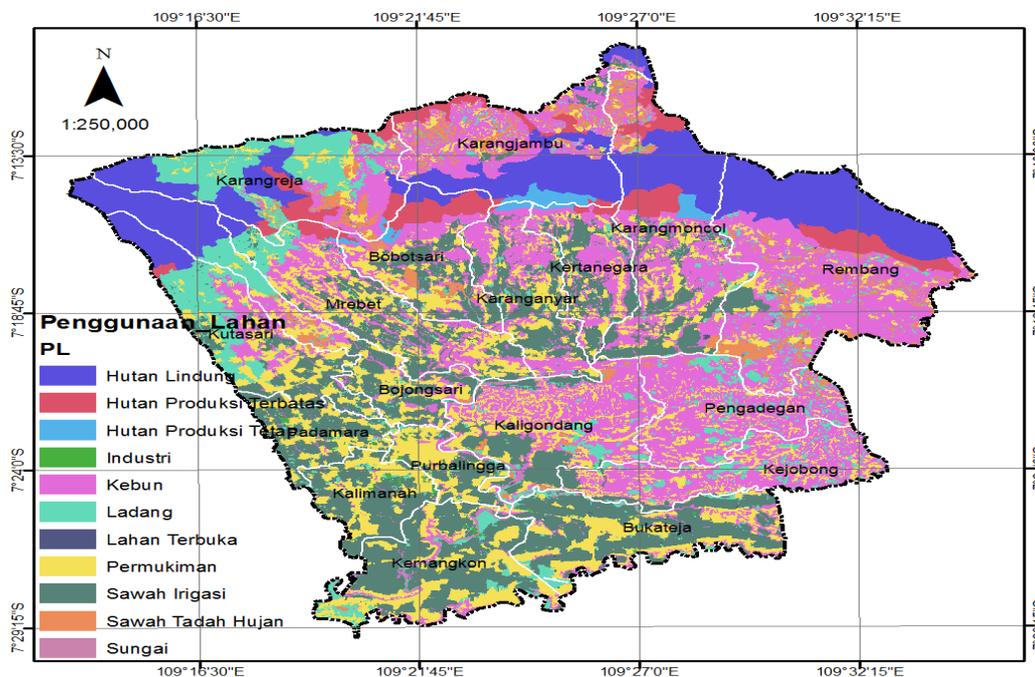
Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa penggunaan lahan di wilayah perencanaan didominasi oleh kebun seluas 23.090 ha (28,66%), sawah irigasi seluas 16.668 ha (20,69%), permukiman seluas 14.797 ha (18,36%) dan hutan lindung sebesar 10.385 ha (12,89%) dan beberapa penggunaan lahan lain yang luasannya kecil dibawah 10% sesuai Tabel 6. Penggunaan lahan yang sangat bervariasi tersebut menjadikan wilayah penelitian memiliki nilai yang lengkap 1-5 dengan bobot 20%.

Tabel 6. Pembobotan dan skoring parameter penggunaan lahan

Penggunaan lahan	luas (ha)	nilai	bobot	total
Bandar Udara	14	2	0,2	0,4
Hutan Lindung	10.385	3	0,2	0,6
Hutan Produksi Tetap	642	3	0,2	0,6
Hutan Produksi Terbatas	3.285	3	0,2	0,6
Industri	120	2	0,2	0,4
Kebun	23.090	3	0,2	0,6
Ladang	7.857	5	0,2	1
Lahan Terbuka	63	4	0,2	0,8
Permukiman	14.797	2	0,2	0,4
Sawah Irigasi	16.668	5	0,2	1
Sawah Tadah Hujan	2.569	5	0,2	1
Sungai	1.079	1	0,2	0,2
TPA Banjaran	5	5	0,2	1

Penggunaan lahan berupa kebun hampir menyebar diseluruh wilayah penelitian menempati ruang diantara permukiman, sawah dan hutan lindung. Namun demikian penggunaan lahan kebun terkonsentrasi dibagian wilayah dengan kelerengan datar, landai hingga agak curam. Sawah irigasi merupakan jenis sawah yang dominan dibandingkan sawah tadah hujan. Umumnya sawah irigasi ini ditetapkan sebagai sawah kawasan pertanian pangan berkelanjutan

(KP2B) yang merupakan kawasan lindung dalam pola ruang. Sebaran sawah irigasi teknis berada di wilayah kelerengan datar yaitu bagian selatan hingga ke utara bagian tengah membentuk pola tapal kuda dan bercampur menyebar (*sprawl*) diantara sawah. Dapat dilihat permukiman dan sawah membentuk pola sebaran yang sama dan saling mengisi. Penggunaan lahan berupa hutan lindung membentuk pola memanjang dari lereng G. Slamet dibagian barat sampai ke bagian timur dengan kelerengan curam dan sangat curam sebagaimana pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta penggunaan lahan

### 3.2 Implementasi

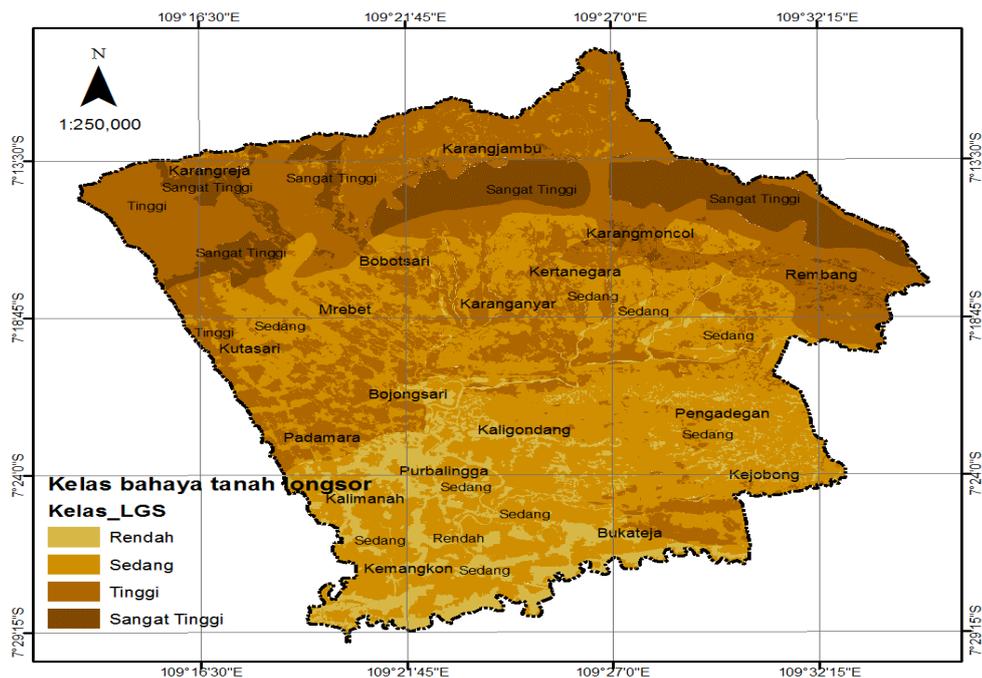
Sejak disusun pada tahun 2011 dan berakhir tahun 2031, RTRW Kabupaten Purbalingga telah direvisi satu kali pada tahun 2020 menjadi perda [32]. Namun demikian perda tersebut belum menjelaskan secara detil kelas bahaya tanah longsor rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi serta titik lokasi kerawanan potensi tanah longsor maupun luasannya. Hal ini penting sebagai justifikasi pola ruang yaitu kawasan lindung dan kawasan budidaya berbasis pada mitigasi bencana bahaya tanah longsor yang terjadi di hampir seluruh wilayah setiap tahun. Pengujian potensi kerawanan tanah longor menggunakan Rumus (1). Pengujian tersebut akan mendapatkan akumulasi nilai pembobotan dan nilai terhadap 5 parameter yang selanjutnya nilai tersebut ditentukan kedalam 4 kelas kerawanan potensi tanah longsor menggunakan Rumus (2). Hasil pengujian Rumus (1) dan Rumus (2) didapatkan bahwa wilayah penelitian memiliki 4 kelas kerawanan potensi tanah longsor yaitu kelas rendah, kelas sedang, kelas tinggi dan kelas sangat tinggi. Masing-masing kelas tersebut dirinci berdasarkan kecamatan dan luasannya seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Sebaran dan luasan potensi kerawanan tanah longsor Kabupaten Purbalingga

Kecamatan	Luas Kerawanan Tanah Longsor (Ha)			
	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Kemangkon	2.013	2.926	0	0
Bukateja	1.272	2.605	792	0
Kejobong	512	3.078	0	0
Pengadegan	298	3.468	313	0
Kaligondang	946	3.872	324	0
Purbalingga	713	744	13	0
Kalimanah	809	1.433	3	0
Padamara	115	766	1.034	0
Kutasari	0	1.665	2.601	151
Bojongsari	188	1.398	2.505	284
Mrebet	60	2.453	1.906	380
Bobotsari	52	1.286	1.717	498
Karangreja	0	183	4.304	1.418
Karangjambu	0	336	3.859	1.871
Karanganyar	50	1.677	1.674	0
Kertanegara	36	1.255	1.291	20

Karangmoncol	159	2.201	3.482	1.249
Rembang	168	2.646	4.866	2.424
Total	7.391	33.992	30.685	8.296
Persentase (%)	9	42	38	11

Kelas kerawanan potensi tanah longsor di wilayah penelitian paling banyak adalah kelas sedang seluas 33.992 ha (42%) dari total luas wilayah penelitian dengan sebaran kecamatan yang paling tinggi adalah Kecamatan Kaligondang sebesar 3.872 ha, Kecamatan Pengadegan seluas 3.468 ha dan Kecamatan Kejobong seluas 3.078 ha. Kerawanan potensi tanah longsor kelas tinggi seluas 30.685 ha (42%) dengan sebaran Kecamatan Rembang paling luas yaitu 4.866 ha dan Kecamatan Karangreja seluas 4.304 ha. Sementara itu, total luas kerawanan potensi tanah longsor kelas sangat tinggi sebesar 8.296 ha (11%) dengan Kecamatan sebesar 2.424 ha, Kecamatan Karangjambu seluas 1.871 ha dan Kecamatan Karangreja seluas 1.418 ha. Secara keruangan sebaran kerawanan potensi tanah longsor dapat dilihat pada peta Gambar 7.



Gambar 7. Peta kelas kerentanan potensi tanah longsor

Secara geografis, hasil pemetaan kerawanan potensi tanah longsor kelas tinggi dan sangat tinggi berada pada wilayah bagian utara berbatasan dengan Kabupaten Pemalang yang membentang dari timur ke barat. Secara fisiografis wilayah tersebut berbentuk bukit-bukit dan bergelombang dengan kelerengan curam hingga sangat curam. Sebaran potensi kerawanan tanah longsor sangat tinggi meliputi 9 kecamatan secara berurutan dari yang paling besar luasannya adalah Kecamatan Rembang, Kecamatan Karangjambu, Kecamatan Karangreja, Kecamatan Karangmoncol, Kecamatan Kertanegara, Kecamatan Bobotsari, Kecamatan Mrebet, Kecamatan Bojongsari dan Kecamatan Kutasari. Adapun kerawanan potensi tanah longsor kelas rendah tersebar di bagian selatan dan tengah antara lain Kecamatan Kemangkon, Kecamatan Bukateja, Kecamatan Kaligondang dan Kecamatan Kalimantan sesuai yang terlihat pada peta Gambar 7.

### 3.3 Temuan *overlay* kerawanan tanah longsor dan pola ruang

Setelah diketahui sebaran potensi kerawanan tanah longsor dan mengelompokkan bahaya longsor kedalam 4 kategori maka analisis berikutnya adalah melakukan *overlay* dengan peta rencana pola ruang. Pola ruang dibedakan menjadi dua yaitu kawasan lindung dan kawasan budidaya. Kawasan lindung merupakan kawasan yang harus dipertahankan karena ditetapkan sebagai fungsi melindungi kelestarian lingkungan hidup. Kawasan budidaya adalah kawasan yang boleh diolah, dipergunakan dan dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya manusia. Pengolahan peta dilakukan menggunakan ArcGIS untuk menemukan berbagai pola ruang dimasing-masing zona kerawanan potensi tanah longsor kelas tinggi dan sangat tinggi.

Tabel 8. Hasil temuan *overlay* pola ruang dan kerawanan tanah longsor

Pola ruang	kelas	luas (Ha)	kelas	luas (Ha)
Kawasan lindung		6.658	Sangat Tinggi	4.652
- Sempadan sungai		848		86
- Kawasan hutan lindung		5.811		4.566
Kawasan budidaya		24.203		3.643

- Sungai		32	1
- Kawasan hutan produksi terbatas	Tinggi	2.572	637
- Kawasan hutan produksi tetap		369	194
- Kawasan perkebunan		6.532	292
- Kawasan permukiman perdesaan		1.653	209
- Kawasan permukiman perkotaan		530	44
- Kawasan peruntukan industri		173	5
- Kawasan tanaman pangan		11.658	1.526
- Kawasan hortikultura		717	734

Hasilnya ditemukan sebesar 6.658 ha kawasan lindung berada pada zona kerentanan tanah longsor tinggi dan 4.652 ha berada pada zona kerentanan tanah longsor sangat tinggi. Kawasan lindung di wilayah perencanaan terdiri atas sempadan sungai dan kawasan hutan lindung. Kawasan lindung yang berada di zona kerawanan tanah longsor tinggi dan sangat tinggi sudah sesuai untuk perlindungan kawasan rawan bencana alam. Kawasan budidaya seluas 24.203 ha berada pada zona kerentanan tanah longsor tinggi dan 3.643 ha berada di atas zona kerentanan tanah longsor sangat tinggi. Kegiatan budidaya non terbangun seperti kawasan hutan produksi terbatas, kawasan produksi tetap, kawasan perkebunan, kawasan tanaman pangan dan kawasan hortikultura pada kawasan kerawanan tanah longsor dapat mengurangi tingkat risiko terjadinya kerugian apabila terjadi longsor. Adapun kegiatan budidaya terbangun berupa kawasan permukiman perdesaan, kawasan permukiman perkotaan dan kawasan peruntukan industri tidak sesuai dengan upaya perlindungan kawasan rawan bencana gerakan tanah. Upaya tersebut dapat berupa pengendalian pembangunan permukiman dan kawasan industri, pengembangan jalur evakuasi dan konservasi. Pemanfaatan ruang kawasan kerawanan bencana tanah longsor dalam kegiatan permukiman dan industri diperbolehkan dengan syarat memiliki konstruksi bangunan yang aman dan mempertimbangkan faktor keselamatan.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian evaluasi RTRW berbasis mitigasi bencana telah banyak dilakukan sebagai usaha mewujudkan rencana tata ruang yang berbasis pada mitigasi bencana. Pemetaan kerawanan tanah longsor dapat dilakukan menggunakan ArcGIS melalui parameter kemiringan lereng, curah hujan, jenis batuan, jenis tanah dan tutupan lahan di Kabupaten Purbalingga. Kerawanan potensi tanah longsor dapat menghasilkan 4 kelas antara lain kelas rendah, kelas sedang, kelas tinggi dan kelas sangat tinggi secara keruangan dirinci per kecamatan beserta luasannya. Hasilnya wilayah dengan kerentanan tanah longsor kelas rendah sebesar 7.391 Ha (9%), kelas sedang sebesar 33.992 Ha (42%), kelas tinggi sebesar 30.685 Ha (38%) dan kelas sangat tinggi sebesar 8.296 Ha (11%). Temuan lainnya adalah hampir seluruh kecamatan memiliki daerah potensi kerawanan tanah longsor kelas tinggi dan terdapat 9 kecamatan dengan kelas kerentanan tanah longsor sangat tinggi secara berurutan dari yang paling besar luasannya adalah Kecamatan Rembang, Kecamatan Karangjambu, Kecamatan Karangreja, Kecamatan Karangmoncol, Kecamatan Kertanegara, Kecamatan Bobotsari, Kecamatan Mrebet, Kecamatan Bojongsari dan Kecamatan Kutasari. Hal ini penting untuk menentukan secara presisi dan kesesuaian terhadap distribusi kawasan budidaya dan kawasan lindung dalam rencana pola ruang. Penelitian ini juga menemukan bahwa sebesar 6.658 ha kawasan lindung berada pada zona kerentanan tanah longsor tinggi dan 4.652 ha berada pada zona kerentanan tanah longsor sangat tinggi yang artinya sudah sesuai untuk perlindungan kawasan rawan bencana alam. Namun, temuan kawasan budidaya terbangun berupa kawasan permukiman perdesaan, kawasan permukiman perkotaan dan kawasan peruntukan industri tidak sesuai dengan upaya perlindungan kawasan rawan bencana gerakan tanah apalagi zona kerentanan tanah longsor tinggi dan sangat tinggi. Upayayang dapat dilakukan berupa pengendalian pembangunan permukiman dan kawasan industri, pengembangan jalur evakuasi dan konservasi. Pemanfaatan ruang kawasan kerawanan bencana tanah longsor dalam kegiatan permukiman dan industri diperbolehkan dengan syarat memiliki konstruksi bangunan yang aman dan mempertimbangkan faktor keselamatan. Meskipun demikian, data-data peta sebagai parameter pengukuran tanah longsor yang digunakan dalam penelitian ini kurang terbaru sehingga tidak menggambarkan secara *update* terhadap kondisi saat ini seperti data curah hujan dan penggunaan lahan yang sangat dinamis.

#### REFERENCES

- [1] A. Hardianto *et al.*, "Pemanfaatan Informasi Spasial Berbasis SIG untuk Pemetaan Tingkat Kerawanan Longsor di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat," *J. Geosains Dan Remote Sens.*, vol. 1, no. 1, pp. 23–31, 2020.
- [2] M. Erick Riyanto and B. Hasria, "Identifikasi Zona Kerentanan Gerakan Tanah Berdasarkan Data Geologi Pada Daerah Wangudu Raya, Kecamatan Asera, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara," *J. Phiolite Geol. Terap.*, vol. 03, no. 02, pp. 113–125, 2021.
- [3] I. K. W. Wardhana, S. Martha, S. Arief, Y. Prihanto, R. A. G. Gultom, and R. Yunita, "Kajian Rencana Pola Ruang Dalam Mitigasi Ancaman Bahaya Tanah Longsor di Kecamatan Sukamakmur Kabupaten Bogor," *J. Geosains dan Remote Sens.*, vol. 4, no. 1, pp. 19–26, 2023.
- [4] S. I. M. Shariffuddin and W. S. Udin, "Landslide Susceptibility Assessment Using Geographic Information System (GIS) Application of Putat Area, Gunungkidul, Yogyakarta, Indonesia," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, vol. 596, no. 1, p. 12055.
- [5] R. M. Derajat, L. Somantri, and I. Setiawan, "PEMETAAN TINGKAT RISIKO LONGSOR BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KECAMATAN CICALENGKA KABUPATEN BANDUNG," *J. Samudra Geogr.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–6, 2021.

- [6] Z. D. Putri, S. Sutoyo, and H. Putra, "Analisis Kerawanan Longsor dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kabupaten Padang Pariaman," *Teras J. J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 2, pp. 492–506, 2023.
- [7] R. Wiranandar and E. D. Mayasari, "Analisis Tingkat Kerawanan Longsor Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Daerah Tugumulya dan Sekitarnya Kecamatan Darma Kabupaten Kuningan Provinsi Jawa Barat," *Appl. Innov. Eng. Sci. Res.*, pp. 451–457, 2021.
- [8] S. Julacha, D. R. Kendarto, and M. A. Solihin, "Analisis Tingkat Kerawanan Longsor di Sub Daerah Aliran Sungai Cisangkuy, Citarum Hulu Kabupaten Bandung Menggunakan Metode Skoring," *Appl. Inf. Syst. Manag.*, vol. 5, no. 2, pp. 97–104, 2022.
- [9] L. Y. Irawan, A. Yulyanto, A. Z. TS, A. Ma'ruf, E. N. Sa'idah, and F. M. Setiawan, "Identifikasi Bahaya Longsor Lahan di Sebagian Wilayah Poncokusumo dan Wajak Kabupaten Malang," *Geodika J. Kaji. Ilmu dan Pendidik. Geogr.*, vol. 4, no. 2, pp. 160–171, 2020.
- [10] A. A. M. Hassanusi, D. Muslim, and N. Khoirullah, "Zona Kerentanan Gerakan Tanah Berdasarkan Metode Indeks Storie Pada Daerah Gajahmungkur dan Sekitarnya, Kota Semarang, Provinsi Jawa Tengah," *Geosci. J.*, vol. 5, no. 5, pp. 527–537, 2021.
- [11] R. Y. Pratama and A. H. F. Rizqi, "Analisis Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Modifikasi Metode Storie Studi Kasus Daerah Pundungsari, Kecamatan Semin, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta," *Pros. Nas. Rekayasa Teknol. Ind. dan Inf. XVII Tahun 2022*, pp. 223–231, 2022.
- [12] T. Mersha and M. Meten, "GIS-based landslide susceptibility mapping and assessment using bivariate statistical methods in Simada area, northwestern Ethiopia," *Geoenvironmental disasters*, vol. 7, no. 1, pp. 1–22, 2020.
- [13] R. Arbi and E. Sutriyono, "ANALISIS KERAWANAN LONGSOR MELALUI PENDEKATAN METODE FUZZY LOGIC DAERAH TALANG SEJEMPOT DAN SEKITARNYA, KABUPATEN LAHAT SUMATERA SELATAN," *Appl. Innov. Eng. Sci. Res.*, pp. 178–183, 2021.
- [14] E. Febriarta, A. Larasati, D. Wacano, and I. A. Suherningtyas, "Penentuan Zona Kerawanan Gerakan Tanah dengan Metode Heuristik DAS Serang Kabupaten Kulon Progo (Determination of Mass Movement Vulnerability Zone using Heuristic Methods in Serang Watershed Kulon Progo District)," *J. Penelit. Pengelolaan Drh. Aliran Sungai (Journal Watershed Manag. Res.)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–20, 2022.
- [15] P. Prasindya, T. Hariyanto, and A. Kurniawan, "Analisis Potensi Tanah Longsor Menggunakan Sistem Informasi Geografis dan Analytical Hierarchy Process (AHP) (Studi Kasus: Kecamatan Songgon, Kabupaten Banyuwangi)," *Geoid*, vol. 16, no. 1, pp. 19–27, 2020.
- [16] Kementerian Pertanian, *Kepmentan No: 837/Kpts/Um/11/1980*. 1980, pp. 1–15.
- [17] Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan 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." Puslittanak Bogor, 2004.
- [18] R. E. Putera, T. R. Valentina, and S. A. S. Rosa, "Implementasi Kebijakan Penataan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana Sebagai Upaya Pengurangan Resiko Bencana di Kota Padang," *Publik (Jurnal Ilmu Adm.)*, vol. 9, no. 2, pp. 155–167, 2020.
- [19] F. D. Haris, S. R. P. Sitorus, and B. Tjahjono, "Kesesuaian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) berbasis bahaya banjir menggunakan analisis hierarki proses di Kabupaten Kuningan," *Reg. J. Pembang. Wil. Dan Perenc. Partisipatif*, vol. 17, no. 1, pp. 124–135, 2022.
- [20] W. Wibisono and A. M. Asbi, "Strategi Penataan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana: Berdasarkan Tingkat Kerentanan dan Bahaya Banjir Rob di Kota Bandar Lampung," *J. Dialog Penanggulangan Bencana*, vol. 11, no. 1, pp. 51–65, 2020.
- [21] A. Arnanto, "Analisis Penilaian Potensi Kerugian Lahan Sawah Berbasis Bidang Lahan di Wilayah Rawan Longsorlahan Sub DAS Bompon Kabupaten Magelang," Universitas Gadjah Mada, 2019.
- [22] S. Aldiansyah, D. S. W. Ningsih, and R. A. Saputra, "Evaluation of Regional Spatial Development on Landslide and Flood Prone with Actual Site Conditions in Kendari City," *J. Wil. dan Lingkung.*, vol. 11, no. 1, 2023.
- [23] D. F. Bayuhasta, E. Kusratmoko, A. Wibowo, and S. N. Aisyah, "Evaluasi Rencana Tata Ruang Wilayah Berdasarkan Kerawanan Tanah Longsor di Kecamatan Cikakak Kabupaten Sukabumi," *Geodika J. Kaji. Ilmu dan Pendidik. Geogr.*, vol. 5, no. 2, pp. 279–290, 2021.
- [24] S. Iswahyudi, A. Widagdo, and F. X. A. T. Laksono, "Sosialisasi Analisis Penyebab Bencana Longsor Desa Sirau, Karangmoncol, Purbalingga," *DHARMA BAKTI*, pp. 7–17, 2021.
- [25] F. I. Aksa, S. Utaya, S. Bachri, and B. Handoyo, *Geografi Bencana*. Syiah Kuala University Press, 2021.
- [26] R. M. Awangga, *Pengantar Sistem Informasi Geografis: Sejarah, Definisi Dan Konsep Dasar*. Kreatif, 2019.
- [27] A. N. Muzaki, H. Masruroh, A. H. Firmansyah, and D. B. Wicaksono, "PEMETAAN POTENSI BANJIR DENGAN METODE SKORING SECARA GEOSPASIAL DI KECAMATAN BUMIAJI KOTA BATU," *J. Pendidik. Geos.*, vol. 7, no. 2, pp. 267–284, 2022.
- [28] F. S. H. Purwadhi and T. B. Sanjoto, *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. Jakarta: PT Grasindo, 1994.
- [29] A. Ramadhan and D. M. Kurniawan, "Evaluasi Pengembangan Tata Ruang Wilayah Terhadap Bencana Tanah Longsor di Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bogor," *J. Geogr. Edukasi Dan Lingkungan(JGEL)*, vol. 5, no. 2, pp. 73–83, 2021.
- [30] H. S. Naryanto, H. Soewandita, D. Ganesha, F. Prawiradisastra, and A. Kristijono, "Analisis Penyebab Kejadian dan Evaluasi Bencana Tanah Longsor di Desa Banaran, Kecamatan Pungung, Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur Tanggal 1 April 2017," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 17, no. 2, p. 272, 2019.
- [31] J. A. Zaenurrohman, I. Permanajati, P. B. Nuraga, and R. Setijadi, "KERENTANAN GERAKAN TANAH MENGGUNAKAN ANALISIS DATA SPASIAL DI DAERAH KARANGJAMBU, PURBALINGGA," *Geogr. J. Kajian, Penelit. dan Pengemb. Pendidik.*, vol. 11, no. 1, pp. 158–171, 2023.
- [32] Pemerintah Kabupaten Purbalingga, *Peraturan Daerah Kabupten Purbalingga Nomor 10 Tahun 2020 Tentang Perubahan Atas Peraturan Daerah Nomor 5 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Purbalingga Tahun 2011 – 2031*. 2020.