

# ANALISIS KERENTANAN WILAYAH TERHADAP LONGSOR AKIBAT PERUBAHAN IKLIM DI KABUPATEN KEBUMEN

*(Vulnerability Assessment of Landslide to Climate Change in Kebumen Regency)*

**Nurul Qamilah, Agel Vidian Krama**

Institut Teknologi Sumatera

Jl. Terusan Ryacudu, Way Hui, Kec. Jati Agung Kab. Lampung Selatan Prov. Lampung, Indonesia 35365

Email: [nurul.qamilah@gt.itera.ac.id](mailto:nurul.qamilah@gt.itera.ac.id)

Diterima: 29 November 2021; Direvisi: 22 Desember 2021; Disetujui untuk dipublikasikan: 29 Maret 2022

## ABSTRAK

Kabupaten Kebumen merupakan salah satu wilayah yang dinyatakan memiliki kejadian longsor tinggi, sehingga diperlukan kajian untuk mengetahui tingkat kerentanan wilayah ini terhadap longsor. Analisis kerentanan dilakukan melalui pendekatan modeling GIS melalui Tools SINMAP dengan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Berdasarkan pengolahan data, diperoleh wilayah yang paling tinggi longsor terdapat di Kecamatan Rowokele dengan luas 60% dari total wilayah berpotensi tinggi. Hasil pemodelan SINMAP divalidasi mengacu pada titik kejadian longsor yang ada dan diperoleh melalui tinjauan langsung ke lapangan. Selanjutnya wilayah yang berpotensi dianalisis dengan AHP, dan diperoleh wilayah rentan tersebar di 149 desa. Dalam hal ini, enam desa diklasifikasikan memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap longsor yaitu Desa Kebakalan, Kajoran, Kalirejo, Clapar, Logandu, dan Wadasmalang. Dalam penelitian ini, kerentanan longsor dikaitkan dengan perubahan iklim, yang dibagi ke dalam sebaran kerentanan longsor berdasarkan rerata frekuensi hujan ekstrem yang terus meningkat sepanjang tahun. Lebih dari 20 kejadian hujan ekstrem terjadi di Desa Sawangan. Sementara Kecamatan Sempor adalah daerah dengan kerentanan tinggi terhadap longsor berdasarkan tren hujan ekstrem dan yang mengalami tren kenaikan dengan  $r > 0,4$ .

**Kata Kunci:** hujan ekstrem, kerentanan, longsor, perubahan iklim, wilayah

## ABSTRACT

*Kebumen Regency is one of the areas that is prone to high landslides, hence, this area requires a study to assess the level of vulnerability of landslides. The vulnerability assessment of landslide was conducted by using GIS Modeling with SINMAP Tools and the Analytical Hierarchy Process (AHP). Based on the data processing, Rowokele District has a high level of landslide-prone 60% of the total area with the highest potential to landslide. The results of the SINMAP modeling were then validated based on the existing landslide occurrence locations obtained by direct field observations. Furthermore, the potential areas were analyzed using the AHP method, and the results indicated that 149 villages categorised as landslide-prone area. In this case, six villages were classified as high vulnerability of landslide, namely Kebakalan, Kajoran, Kalirejo, Clapar, Logandu, and Wadasmalang. In this study, vulnerability of landslides was associated with the climate change, which is divided into the distribution of landslide vulnerability based on the the average frequency of extreme rain that continues to increase throughout the year. More than 20 xtreme rain events occurred in Sawangan Village. Meanwhile, Sempor District was the area with a high level of vulnerability to landslide and an increasing trend value with  $r > 0.4$ .*

**Keywords:** climate change, extreme rainfall, landslide, region, vulnerability

## PENDAHULUAN

Perubahan iklim adalah perubahan rata-rata salah satu atau lebih elemen cuaca pada suatu daerah tertentu, sedangkan istilah perubahan iklim skala global, merupakan perubahan iklim pada wilayah bumi secara keseluruhan (Parry et al., 2007). Salah satu dampak yang diakibatkan oleh perubahan iklim yaitu terjadinya pemanasan global sehingga mengakibatkan terganggunya sistem iklim global dan menyebabkan meningkatnya frekuensi dan intensitas kejadian iklim ekstrem akhir-akhir ini. Kejadian La Nina semakin sering dan intensitasnya

juga cenderung menguat dan ini berasosiasi dengan semakin kuatnya intensitas kejadian cuaca dan iklim ekstrem. Temperatur tahunan di Indonesia meningkat sebesar  $0,3^{\circ}\text{C}$  sejak tahun 1990 (Aldrian, 2001). Telah terjadi peningkatan peluang curah hujan ekstrem harian di sebagian wilayah Indonesia, kecuali beberapa wilayah di Maluku, dalam kurun waktu kurang lebih selama 10 tahun, (Departemen Pertanian, 2006). Lebih jauh dikatakan bahwa dampak dari perubahan iklim yang terjadi menimbulkan bencana alam (*disaster*).

Bencana alam merupakan suatu peristiwa besar atau ekstrem di alam atau di lingkungan

buatan manusia, dan berpotensi merugikan kehidupan manusia, termasuk harta dan benda, seperti kejadian tanah longsor sebagai akibat dari gempa bumi, banjir dan angin topan (Reed, 1992). Tanah longsor adalah suatu peristiwa alam yang pada saat ini frekuensinya semakin meningkat. Indonesia yang sebagian wilayahnya berupa daerah perbukitan dan pegunungan adalah daerah yang rawan kejadian longsor. Kejadian tanah longsor di Indonesia selain menyebabkan kerugian secara ekonomi, juga menyebabkan kerugian jiwa. Bencana longsor menimbulkan dampak kerugian yang besar hingga Rp 2,01 Triliun, serta kehilangan 31.432 jiwa manusia. Faktor kejadian longsor juga diungkap dalam Pedoman Umum Budidaya Pertanian (Departemen Pertanian, 2006). Dari sisi meteorologi, curah hujan adalah faktor yang besar perannya terhadap kejadian longsor. Hujan dengan intensitas yang tinggi (4 inchi/jam) yang berlangsung lebih dari enam jam, berpotensi menyebabkan longsor.

Strahler et al. (1997) mengungkapkan bahwa tanah longsor merupakan gerakan material penyusun lereng yang berupa tanah, lumpur, regolith, dan lapisan dasar tanah dikarenakan pengaruh gaya gravitasi. Tingkat perkembangan tanah berpengaruh nyata terhadap longsor. Tanah berkembang seperti *typic Hapludults* dan *typic Hapludalfs* memberikan longsor yang tinggi, sedangkan pada tanah yang muda sedikit dijumpai longsor. Bidang luncur longsor umumnya terdapat di lapisan B dan/atau C dan R (Barus, 1999).

Keberadaan faktor penyebab kelongsoran tanah seperti yang diungkapkan oleh Verstappen (1983) yang disinyalir Bappeda Kab. Kebumen, (2010), tampaknya mirip dengan kejadian-kejadian longsor seperti yang terjadi di Kabupaten Kebumen. Lebih jauh Bappeda Kab. Kebumen (2010), menyebutkan bahwa tanah-tanah di seluruh wilayahnya lebih cenderung didominasi oleh tanah latosol dan tanah kapur yang memiliki kerentanan tinggi terhadap fenomena bencana longsor. Demikian halnya Karnawati (2001) menyebutkan bahwa Kebumen merupakan salah satu kabupaten yang terletak di Provinsi Jawa Tengah yang memiliki kerentanan longsor yang tinggi.

Kerentanan terhadap tanah longsor merupakan tingkat kemampuan suatu elemen dalam menghadapi bencana tanah longsor (Fell et al., 2008). Atas dasar itulah penelusuran tentang tanah longsor di Kabupaten Kebumen menjadi penting dilakukan. Adapun alasan mendasar pentingnya penelitian ini dilakukan karena sebagian besar bentang alam Kabupaten Kebumen, merupakan tanah-tanah *latosol* yang bercampur dengan tanah kapur. Wilayah Kabupaten Kebumen 70% merupakan perbukitan dan 30% lainnya merupakan wilayah dataran. Dan fakta lapangan (eksisting), longsor, di Kabupaten Kebumen terjadi

pada musim hujan selain menyebabkan kerugian materi juga berakibat buruk terhadap kondisi fisik wilayah daerah budidaya pertanian.

## METODE

### Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Kebumen yang merupakan salah satu kabupaten rawan longsor (Karnawati, 2001). Secara administratif Kabupaten Kebumen yang terletak pada posisi koordinat 7°27'-7°50' Lintang Selatan dan 109°22'-109°50' Bujur Timur. Kondisi wilayah Kabupaten Kebumen terdiri dari 70% wilayah perbukitan dan 30% merupakan wilayah dataran.

### Metode

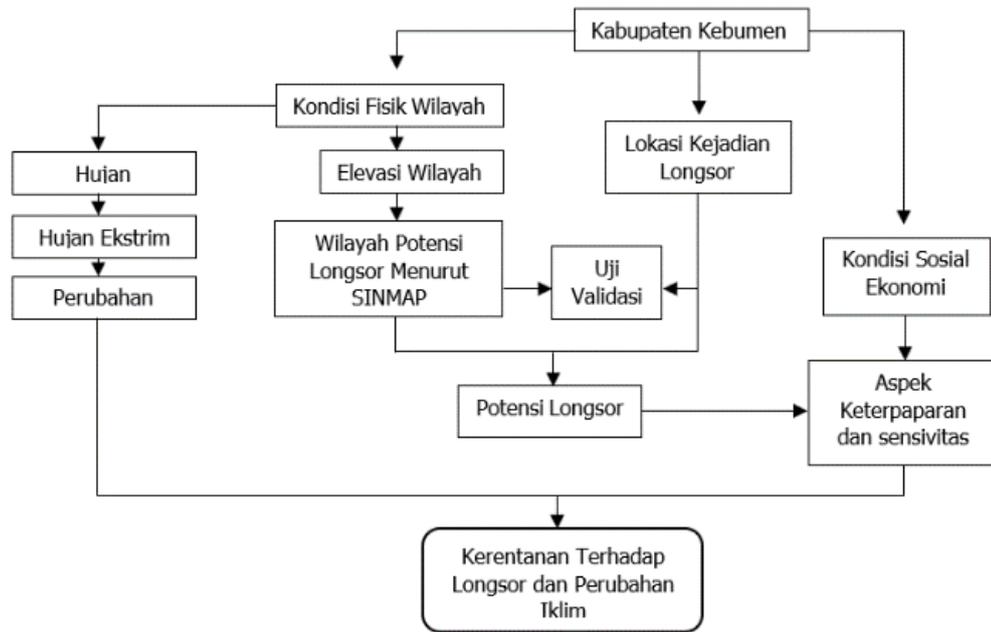
Secara umum diagram alir penelitian ini dapat dilihat melalui **Gambar 1**.

### Variabel dan Indikator Penelitian

Variabel dan indikator penelitian digunakan untuk mengetahui tingkat kerentanan wilayah terhadap longsor melalui pengolahan data dengan menggunakan metode AHP. Dalam proses ini ada 3 variabel, yaitu keterpaparan, sensitivitas dan kapasitas. Proses pengolahan data yang digunakan terbagi atas tiga proses. Pada tahap awal adalah proses pengumpulan teori untuk mengetahui wilayah yang dinyatakan berpotensi menggunakan metode SINMAP dengan menggunakan parameter kontur, curah hujan dan jenis tanah. Parameter jenis tanah dan curah hujan akan menghasilkan koheisi tanah (C), sudut gesek (*friction angle*)  $\emptyset$ , dan indeks kelembaban (T/R). Parameter tersebut kemudian diproses dalam SINMAP sehingga menghasilkan peta yang menunjukkan wilayah potensi longsor.

Proses pengolahan SINMAP terdiri dari beberapa tahap yaitu: Tahap 1, pengolahan data kontur yang berasal dari Peta Rupa Bumi skala 1: 25.000 menjadi *Digital Elevation Model* (DEM). Data kontur diolah melalui proses *Arc Toolbox 3D Analyst Tools dengan memilih Raster Interpolation Topo to Raster*, sehingga menghasilkan DEM untuk Kabupaten Kebumen.

Tahap 2, langkahnya ialah menjalankan fungsi ekstensi SINMAP pada software ArcGIS Ver. 9.3. Pada tahapan ini dilakukan input data, yakni nilai koheisi (C), *friction angle* ( $\emptyset$ ), dan indeks kelembaban tanah (T/R) serta menggunakan DEM yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Tahapan ini menghasilkan enam output. Output pertama, *Pit-filled* DEM adalah bagian grid yang akan dianalisis. Peta ini memuat informasi tentang nilai grid yang menunjukkan ketinggian wilayah penelitian. Pada bagian tertentu wilayah akan muncul notifikasi



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian.

"no data", kondisi ini berarti daerah tersebut adalah daerah landai yang tidak memungkinkan untuk terjadinya longsor. Output kedua, *Flow Direction* merupakan data spasial yang memuat informasi lereng dan arah aliran air yang mungkin terjadi. Output ketiga, *Slope* merupakan data yang memuat informasi kemiringan lereng dalam bentuk data raster, yang setiap pixelnya mengandung informasi/nilai kemiringan lereng. Output keempat, *Contributing Area* merupakan data spasial yang memuat informasi cakupan area yang telah berhasil diproses oleh SINMAP. Output kelima, *Saturation Area* merupakan data spasial yang memuat informasi daerah jenuh hingga tak jenuh air. Terakhir, output keenam adalah *Stability Index*, merupakan data spasial yang memuat informasi daerah potensi longsor.

Tahap 3, dilakukan pengolahan zona jenuh air wilayah penelitian. Hasil dari pengolahan ini ialah peta wilayah kelembaban tanah. Tahap 4, pada tahap ini akan dilakukan pengolahan pada hasil output SINMAP untuk mengetahui distribusi wilayah potensi longsor dengan cara mengkonversikan hasil dari *Stability Index* ke dalam format *shapefile* agar bisa dihitung kembali luasannya dan dapat diproses untuk tahap selanjutnya. Tahap 5, pada tahap ini dibuat Peta *Stability Index*. Peta *Stability Index* merupakan output dari SINMAP yang selanjutnya akan disebut Peta Wilayah Potensi Longsor.

Pengolahan peta potensi longsor dilakukan dengan metode deskriptif pada peta hasil olahan metode SINMAP dan selanjutnya hasil analisis divalidasi untuk menerangkan tingkat kerentanan tanah longsor pada Kabupaten Kebumen. Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis untuk mengetahui tingkat kerentanan dengan cara pembobotan menggunakan metode AHP. Tahapan terakhir adalah melakukan pengolahan data tabular

untuk menentukan jumlah kejadian hujan ekstrem menggunakan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel*.

### **Pengolahan Wilayah Potensi Longsor**

Peta potensi longsor dibuat dengan menggunakan metode SINMAP yang akan menghasilkan wilayah potensi longsor. Dalam penelitian ini digunakan Tools SINMAP untuk mengetahui wilayah potensi berdasarkan parameter yang didapatkan dari variabel kontur, jenis tanah dan curah hujan. Tools SINMAP terdapat pada ekstensi *software* ArcGIS memerlukan input data DEM yang diperoleh dari data kontur. DEM merupakan data ketinggian yang berbasis pixel akan dikompilasikan dengan nilai-nilai parameter dari wilayah penelitian menggunakan SINMAP. Dalam Tools SINMAP, nilai-nilai dalam pixel DEM menyesuaikan dengan nilai-nilai parameter yang telah dimasukkan. Hasil tersebut merupakan output SINMAP yang disebut *Stability Index (SI)*. Setelah didapatkan wilayah yang berpotensi longsor kemudian dilakukan validasi sesuai titik longsor yang dikeluarkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). Setelah dilakukan validasi kemudian unit analisis dibatasi pada desa yang terdapat pada titik longsor oleh PVMBG kemudian juga dinyatakan potensi longsor melalui pengolahan SINMAP.

### **Proses Pengolahan Data Parameter Analytical Hierarchy Process (AHP)**

Parameter yang digunakan merupakan data sekunder yang sebagian besar belum bisa dilakukan pengukurannya, sehingga diperlukan perhitungan parameter dari masing-masing indikator untuk

setiap wilayah. Proses standardisasi data dalam perhitungan parameter dari masing-masing indikator penelitian digunakan untuk penyetaraan ukuran nilai pada masing-masing parameter sehingga ada kesamaan nilai. Bentuk kesamaan yang akan dihasilkan dalam proses standardisasi data yaitu nilai minimum sama dengan nol (0) dan nilai maksimum sama dengan satu (1). Standardisasi data menggunakan **Persamaan 1**.

$$Indeks\ data = \frac{X_i - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- $X_i$  : nilai data ke- $i$
- $X_{max}$  : nilai maksimum data
- $X_{min}$  : nilai minimum data

Proses penyelesaian metode AHP adalah menentukan peringkat dan pembobotan terhadap indikator-indikator penyusun kerentanan wilayah terhadap potensi longsor. Briguglio et al. (2008) menyatakan bahwa pemilihan indikator adalah sesuatu yang subjektif, sehingga skor bobot yang didapatkan kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai dari masing-masing faktor penyusun tingkat kerentanan wilayah, sehingga didapatkan keluaran berupa Indeks Keterpaparan (IK). Keterpaparan sebagai derajat, lama atau besar peluang suatu wilayah untuk kontak dengan guncangan akibat tekanan lingkungan atau sosial-politik. Indeks Sensitivitas (IS) atau derajat sebuah sistem terpengaruh, baik oleh stimulus yang berhubungan langsung maupun secara tidak langsung dengan suatu guncangan yang memberikan dampak merugikan atau bermanfaat, (Brooks et al., 2005).

Indeks Kapasitas Adaptif (IKA) merupakan kapasitas adaptif sebagai suatu kemampuan sistem untuk menyesuaikan diri terhadap suatu gangguan atau potensi kerugian. Dengan kata lain, kapasitas adaptif merupakan suatu kebalikan dari derajat keterpaparan dan sensitivitas (Gallopín, 2006). Nilai indeks tersebut merupakan penentu dalam menggambarkan tingkat keterpaparan, sensitivitas dan kapasitas adaptif. Martin & Sunley (2015) menjelaskan tipe-tipe dari kemampuan adaptif atau ketahanan terhadap guncangan yaitu (a) upaya untuk bangkit dari guncangan; (b) upaya menahan atau menyerap guncangan; dan (c) adaptasi positif dalam upaya antisipasi terhadap guncangan.

Untuk menentukan indeks kerentanan maka dibutuhkan beberapa orang ahli dalam melakukan penilaian terhadap indikator kerentanan. Wilayah dengan nilai indeks yang sama dapat didelineasi di atas peta menjadi satu kelompok wilayah. Dari proses penggambaran tersebut didapatkan peta yang menjelaskan informasi tentang tingkat keterpaparan, sensitivitas dan kemampuan adaptif dari masing-masing wilayah.

**Proses Pengolahan Cuaca Ekstrem**

Keseluruhan data yang diperoleh kemudian dibuat *database*-nya yang disusun menggunakan *software Microsoft Excel*. Kemudian dilakukan pengolahan data curah hujan pada tahun 1981-2014 dengan langkah-langkah: (1) menyusun data curah hujan harian yang telah diperoleh berdasarkan stasiun pengamatan curah hujan selama 30 tahun pada masing-masing stasiun pengamatan; (2) menentukan nilai cuaca ekstrem yang dinyatakan oleh BMKG bahwa nilai curah hujan di atas >50 mm merupakan indikator hujan ekstrem (HE) per stasiun; (3) menyusun kembali secara temporal data hujan ekstrem per stasiun tiap tahunnya; (4) menghitung jumlah kejadian hujan ekstrem per tahun berdasarkan masing-masing stasiun; (5) menghitung nilai rata-rata (*mean*) untuk kejadian hujan ekstrem dengan *software Microsoft Excel*; dan (6) menentukan nilai koefisien korelasi  $r$  dari data kejadian hujan ekstrem dengan

**Persamaan 2.**

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2}\sqrt{\sum(y-\bar{y})^2}} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- $r$  : koefisien korelasi
- $x$  : nilai variabel x
- $\bar{x}$  : rata-rata nilai variabel x
- $y$  : nilai variabel y
- $\bar{y}$  : rata-rata nilai variabel y

**Analisis Data Wilayah Potensi Longsor**

Wilayah potensi longsor ini merupakan hasil dari pengolahan data dengan metode SINMAP. Dalam ekstensi SINMAP, variabel yang digunakan ialah ketinggian, kelerengan dan jenis tanah (nilai kohesi, *friction angel* dan indeks kelembaban tanah). Ketiga variabel tersebut memiliki standar skor dan bobot yang tertentu yang dimodifikasi sesuai data yang ada di lapangan dan hasil yang diinginkan. *Output* dari metode SINMAP adalah Data Indeks Stabilitas Wilayah (*Potential Terrain Instability*) berupa *Stability Index* (SI). Data ini menunjukkan kecenderungan suatu wilayah untuk berpotensi terjadinya tanah longsor. Indeks Stabilitas (SI) terbagi menjadi 6 kelas, yaitu: (1) *Stable*, menunjukkan wilayah dengan kondisi lereng yang sangat stabil; (2) *Moderately Stable*, menunjukkan wilayah lereng yang stabil; (3) *Quasi Stable*, menunjukkan wilayah dengan kondisi lereng yang cukup stabil; (4) *Lower Threshold*, menunjukkan wilayah dengan kondisi kelerengan yang sedikit tidak stabil; (5) *Upper Threshold*, menunjukkan wilayah dengan kondisi kelerengan yang tidak stabil; dan (6) *Defended*, menunjukkan wilayah dengan kelerengan yang sangat tidak stabil.

### Proyeksi Tingkat Kerentanan Wilayah

Dalam proyeksi tingkat kerentanan suatu sistem tertentu, semua indikator harus diintegrasikan ke dalam sebuah indeks yang disebut indeks kerentanan. Brooks et al. (2005) dan Guillaumont (2009) menjelaskan bahwanya tujuan penting dari kajian kerentanan adalah menciptakan indeks (nilai) dari deretan indikator-indikator kerentanan. Indeks kerentanan didapatkan dari hasil pembobotan setiap indikator kerentanan (Analisis AHP). Turner et al., (2003) secara matematis merumuskan kerentanan (*vulnerability*) sebagai fungsi dari keterpaparan (*exposure*), sensitivitas (*sensitivity*) dan kemampuan adaptif (*adaptive capacity*). Kemudian Metzger et al. (2006) menyatakan kerentanan tersebut dapat juga diekspresikan dengan fungsi  $V = f(E,S,A)$ , dimana E adalah *exposure*, S adalah *sensitivity* dan A adalah *adaptive capacity*. Formula untuk menghitung indeks kerentanan adalah sebagaimana **Persamaan 3** (Nguyen et al., 2013).

$$V = \frac{E \times S}{AC} \dots\dots\dots (3)$$

dimana:

- $V$  = *Vulnerability* (kerentanan)
- $E$  = *Exposure* (keterpaparan)
- $S$  = *Sensitivity* (sensitivitas)
- $AC$  = *Adaptive Capacity* (kapasitas adaptif)

Nilai indeks tersebut merupakan penentu dalam menggambarkan tingkat kerentanan wilayah terhadap potensi longsor di Kabupaten Kebumen. Indeks yang tinggi mempresentasikan tingkat kerentanan yang tinggi, sebaliknya indeks yang rendah mempresentasikan tingkat kerentanan yang rendah. Dari proses penggambaran tersebut didapatkan peta yang menjelaskan informasi tingkat kerentanan dari masing-masing wilayah.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sebaran Wilayah Potensi Longsor

Parameter kohesi (C) secara *default* memiliki nilai batas bawah (*lower bound*) sebesar 0 dan batas atas (*upper bound*) sebesar 0,25. Kohesi merupakan parameter yang dapat mempengaruhi efek dari gaya normal dan gaya geser tanah sehingga berpengaruh terhadap besarnya kekuatan geser tanah. Berdasarkan tiap jenis tanah yang terdapat di Kabupaten Kebumen, kohesi tersebut memiliki nilai batas bawah dan batas atas yang berbeda-beda, dengan batas bawah terendah 0,1 dan batas atas tertinggi 0,75.

Setelah memperoleh nilai untuk parameter kohesi, selanjutnya menentukan nilai parameter *friction angle* ( $\emptyset$ ) yang dapat ditentukan berdasarkan jenis tanahnya. *Angle friction* mempengaruhi kemampuan tanah dan sudut geser ketika tanah jenuh dan cenderung akan mengalami pergerakan. *Friction angle* sangat dipengaruhi oleh

karakteristik tanah yang spesifik, seperti tekstur, struktur, ukuran partikel tanah dan massa tanah. Nilai *friction angle* digunakan dalam proses SINMAP dan dimasukan dengan parameter fisik tanah lainnya. Seperti halnya nilai kohesi tanah, nilai *friction angle* merupakan nilai *range*. Dalam pemodelan SINMAP, nilai *default* untuk *friction angle* ialah 30-45°. Dari sembilan jenis tanah yang ada di Kabupaten Kebumen, nilai *friction* berkisar antara 28-38°.

Indeks kelembaban tanah (*Ratio of Transmisivity to Effective Recharge* atau *T/R*) ialah parameter yang harus ditentukan setelah memperoleh nilai dari parameter kohesi (C) dan parameter *friction angle* ( $\emptyset$ ). Parameter kelembaban tanah yang diperoleh dari *T/R* berdasarkan hasil penelitian *Department of Soil Science Erosion Control and Land Conservation, Institute of Soil Science and Plant Cultivation in Pulawy, Polandia*. Nilai ini adalah nilai umum dari properti tanah yang bisa diterapkan pada seluruh tanah di daerah tropis.

Berdasarkan hasil analisis pemodelan SINMAP dihasilkan keluaran utama Indeks Stabilitas (*Stability Index*) berupa data raster, yang setiap pixelnya mempunyai nilai tertentu dan terbagi menjadi enam kelas, yaitu stabil (*stable*), stabil menengah (*moderately stable*), stabil rendah (*quasi stable*), potensi longsor rendah (*lower threshold*), potensi longsor sedang (*upper threshold*), dan potensi longsor tinggi (*defended*). Dari 6 kelas tersebut, hanya tiga kelas terakhir yang mengindikasikan bahwa suatu wilayah berpotensi untuk terjadi tanah longsor. Hasil pemodelan SINMAP menunjukkan bahwa jenis potensi longsor dan jumlah desanya dapat dilihat pada **Tabel 1**. Sedangkan peta model potensi longsor berdasarkan SINMAP dapat dilihat pada **Gambar 2**.

**Tabel 1.** Potensi longsor Kabupaten Kebumen.

No	Jenis Potensi	Jumlah Desa
1	Potensi tinggi	11
2	Potensi sedang	121
3	Potensi rendah	127
4	Tidak berpotensi	191

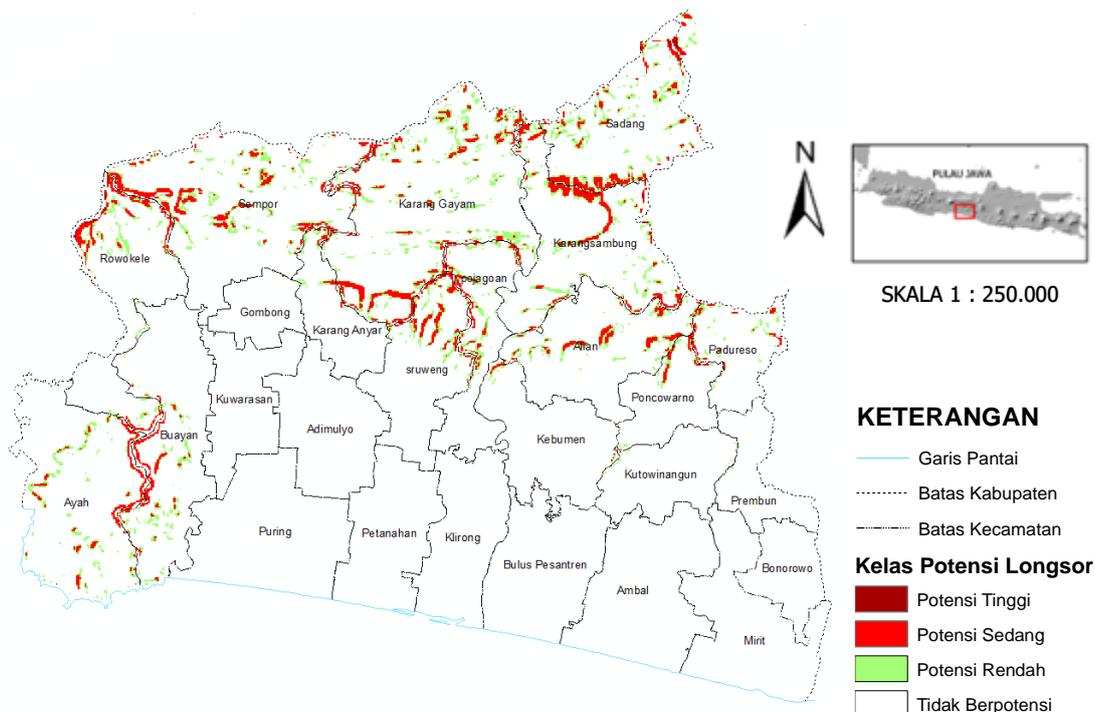
Hasil analisis wilayah potensi longsor yang didapatkan dari hasil pemodelan SINMAP kemudian dilakukan validasi sesuai dengan data titik kejadian longsor oleh PVMBG dan ditambah dengan titik longsor berdasarkan dari kejadian yang dikemukakan oleh BPBD Kabupaten Kebumen. Berdasarkan titik kejadian longsor yang ada maka dilakukan proses uji akurasi SINMAP, dimana berdasarkan proses SINMAP dan hasil observasi di lapangan ditemukan bahwa jumlah titik kejadian longsor terdapat sebanyak 48 titik. Berdasarkan titik kejadian longsor tersebut dilakukan uji akurasi dengan SINMAP, bahwa 8 titik kejadian longsor

terdapat pada potensi tinggi, 26 titik kejadian longsor pada potensi sedang, 10 titik kejadian longsor pada potensi rendah, dan 4 titik kejadian longsor pada wilayah stabil dari total 48 titik kejadian longsor. Hasil uji akurasi dari pemodelan SINMAP terhadap potensi longsor di Kabupaten Kebumen sebesar 83,3%. Berdasarkan perolehan tersebut maka pemodelan SINMAP dapat digunakan untuk menentukan wilayah potensi longsor.

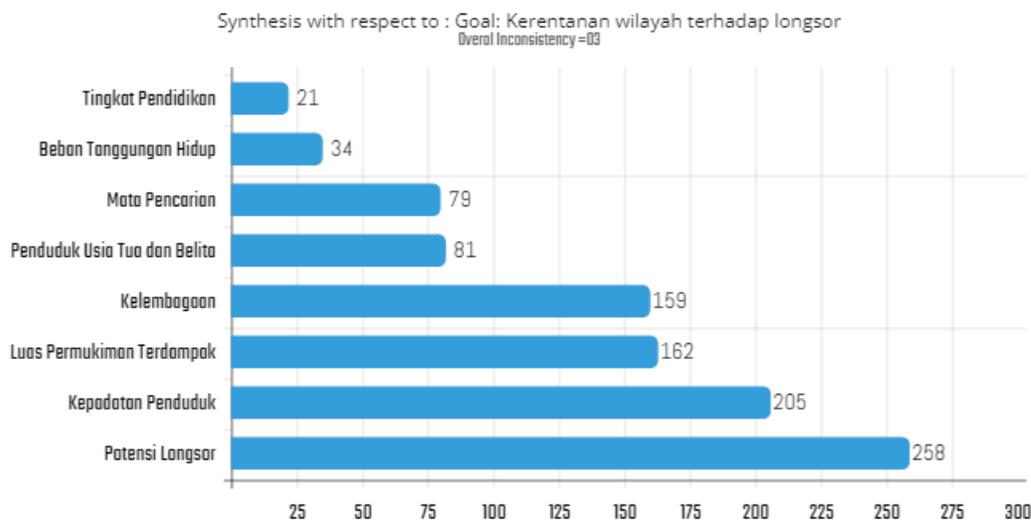
**Kontribusi Tiap Indikator Penyusun Kerentanan**

Dari keseluruhan indikator yang digunakan dalam penelitian ini, masing-masing memiliki

kontribusi yang berbeda dalam membentuk tingkat kerentanan. Perbedaan tersebut didasarkan kepada persepsi dari lima orang pakar (*expert judgment*) dalam menilai tingkat kepentingan atau urutan prioritas dari setiap indikator tersebut. Penilaian dari tim pakar tersebut, selanjutnya di-input ke dalam perangkat lunak *Expert Choice 11* yang berbentuk *matrixs pairwise comparsion* (matriks berpasangan) dengan inkonsistensi 0,03 (kurang dari 0,1), sehingga matriks dikatakan konsisten dan dapat dilanjutkan untuk memperoleh bobot dari setiap indikator. Adapun tingkat kepentingan dari masing-masing indikator dinotasikan ke dalam bobot nilai dengan urutan sebagaimana **Gambar 3**.



**Gambar 2.** Peta model potensi longsor berdasarkan SINMAP.



**Gambar 3.** Pembobotan indikator penyusunan tingkat kerentanan.

Output di atas merupakan hasil pembobotan secara berhirarki menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode ini dipilih untuk melihat peringkat dari indikator yang memiliki pengaruh paling besar sampai paling kecil dalam membentuk tingkat kerentanan. Indikator dengan bobot tertinggi dan paling diprioritaskan oleh pakar adalah potensi longsor sebesar 25,9%. Selanjutnya adalah kepadatan penduduk sebesar 20,5%, luas permukiman terdampak 16,2%, kelembagaan sebesar 15,9%, penduduk usia tua-balita sebesar 8,1%, mata pencaharian 7,9%, beban tanggungan hidup 3,4%, dan tingkat pendidikan sebesar 2,1%.

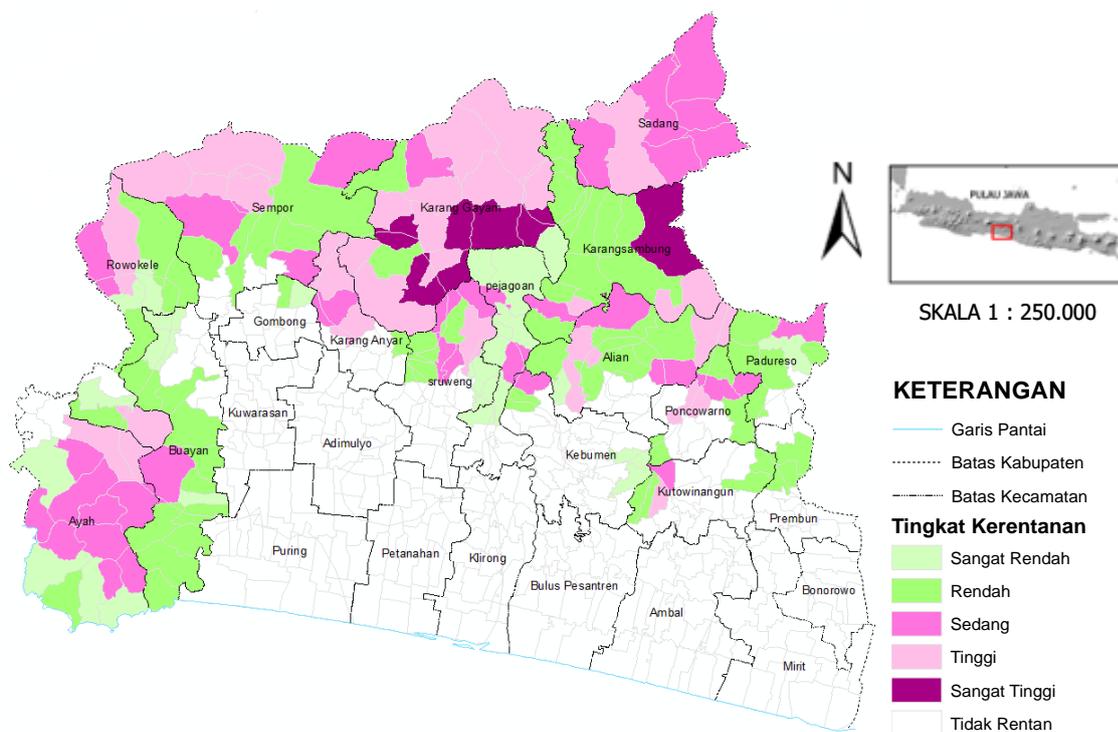
Berdasarkan indeks keterpaparan, indeks sensitivitas dan indeks kapasitas adaptif diperoleh nilai kerentanan pada masing-masing desa. Klasifikasi kerentanan sendiri dibagi menjadi lima kelas mulai dari kerentanan sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan kerentanan sangat tinggi. Pada klasifikasi kerentanan sangat rendah terdapat pada 24 desa atau 16,1% dari seluruh desa, pada klasifikasi kerentanan rendah terdapat pada 56 desa atau 37,58%. Pada klasifikasi kerentanan sedang terdapat pada 36 desa atau 24,16%, dan pada klasifikasi kerentanan tinggi terdapat pada 27 desa atau 18,12% dari seluruh desa yang ada. Sedangkan untuk klasifikasi kelas kerentanan sangat tinggi hanya tersebar pada 6 desa yaitu Desa Kebakalan, Kajoran, Kalirejo, Clapar, Logandu dan Wadasmalang atau 4,02%.

Berdasarkan penjelasan di atas dapat dilihat sebaran kerentanan longsor di Kabupaten Kebumen melalui **Gambar 4**.

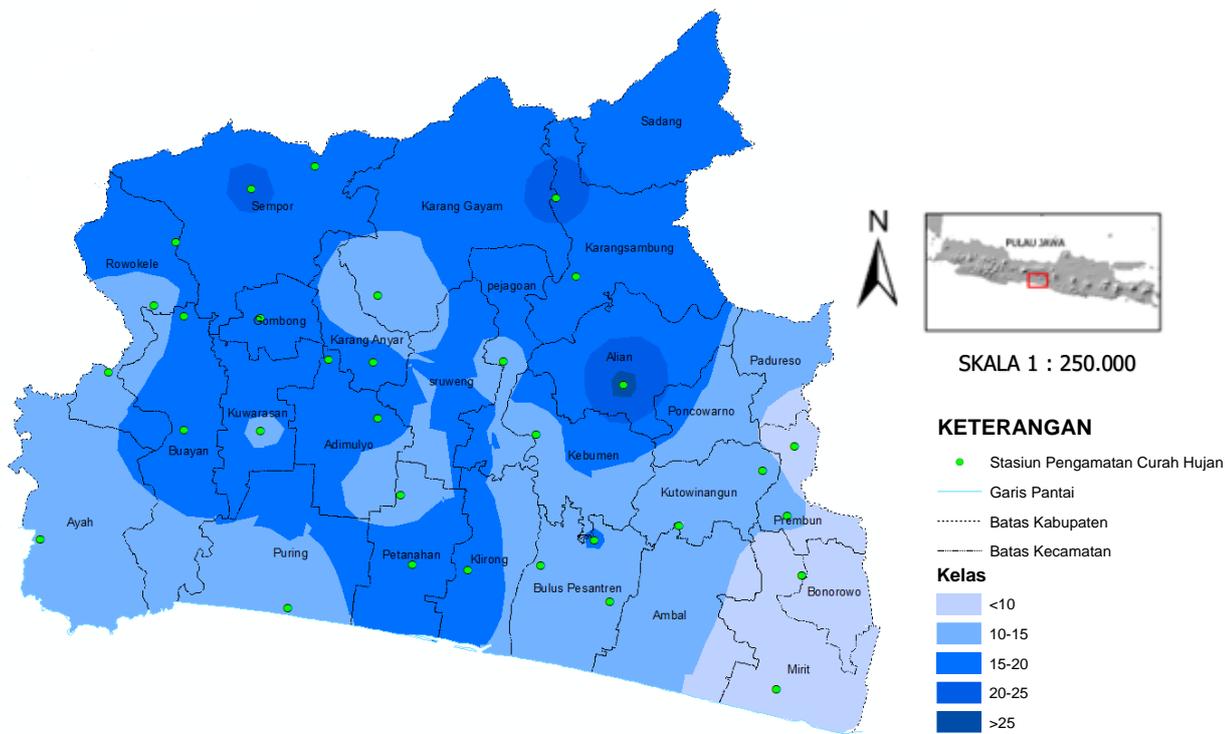
### Potensi Kerentanan Wilayah Longsor Pada Masa Mendatang Sehubungan Dengan Perubahan Iklim

Sebaran frekuensi curah hujan ekstrem di Kabupaten Kebumen terbagi menjadi sebelas kelas yang terdiri dari frekuensi terkecil <10 dan terbesar >25 kejadian. Sebaran frekuensi rerata kejadian hujan ekstrem dari tahun 1981-2014 digunakan untuk melihat frekuensi dari kejadian hujan ekstrem cenderung meningkat atau tidak, guna mengetahui wilayah dengan kejadian frekuensi curah hujan ekstrem terbanyak.

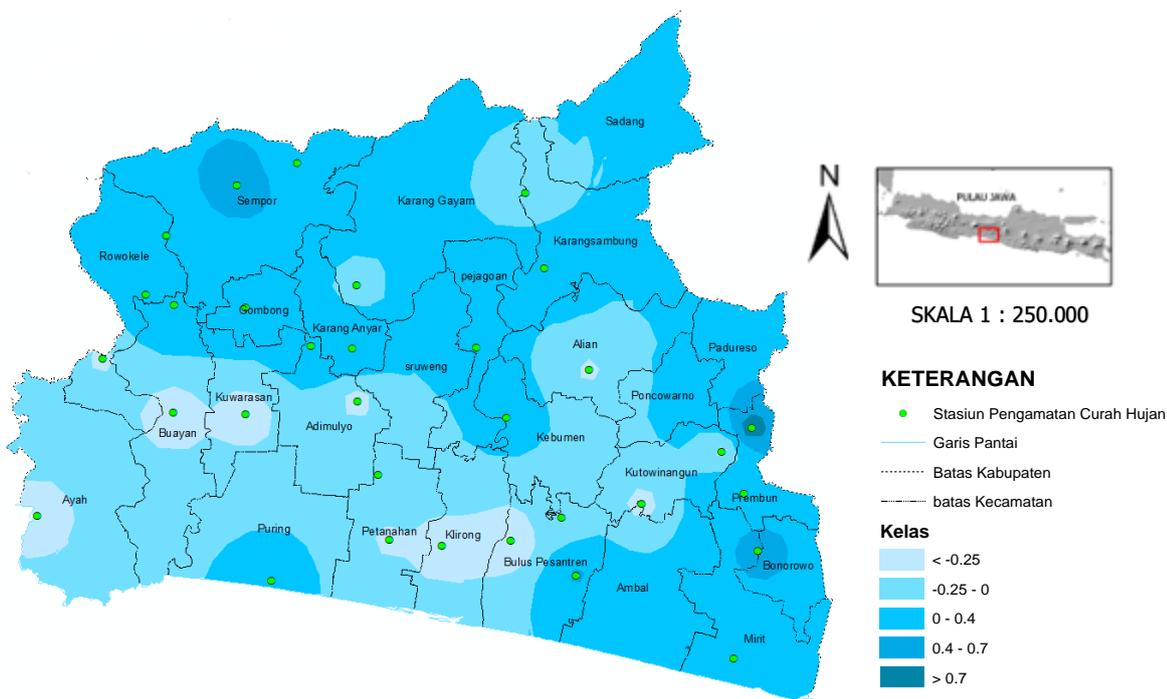
Berdasarkan proses interpolasi data curah hujan ekstrem dalam rentang 1981-2014 menunjukkan bahwa wilayah dengan frekuensi hujan ekstrem terbanyak terdapat pada Desa Sawangan dengan total 1 desa atau 0,67%. Frekuensi hujan ekstrem dengan frekuensi 15-20 kejadian tersebar pada 130 desa atau 87,24%, frekuensi hujan ekstrem dengan frekuensi 10-15 kejadian tersebar di 13 desa atau 8,72% dan frekuensi hujan ekstrem <10% tersebar di 5 desa atau 3,35%. Untuk lebih jelasnya mengenai sebaran hujan ekstrem pada wilayah Kebumen dapat dilihat lebih jelas pada **Gambar 5**.



**Gambar 4.** Peta model tingkat kerentanan longsor di Kabupaten Kebumen.



**Gambar 5.** Peta model frekuensi curah hujan ekstrem di Kabupaten Kebumen.



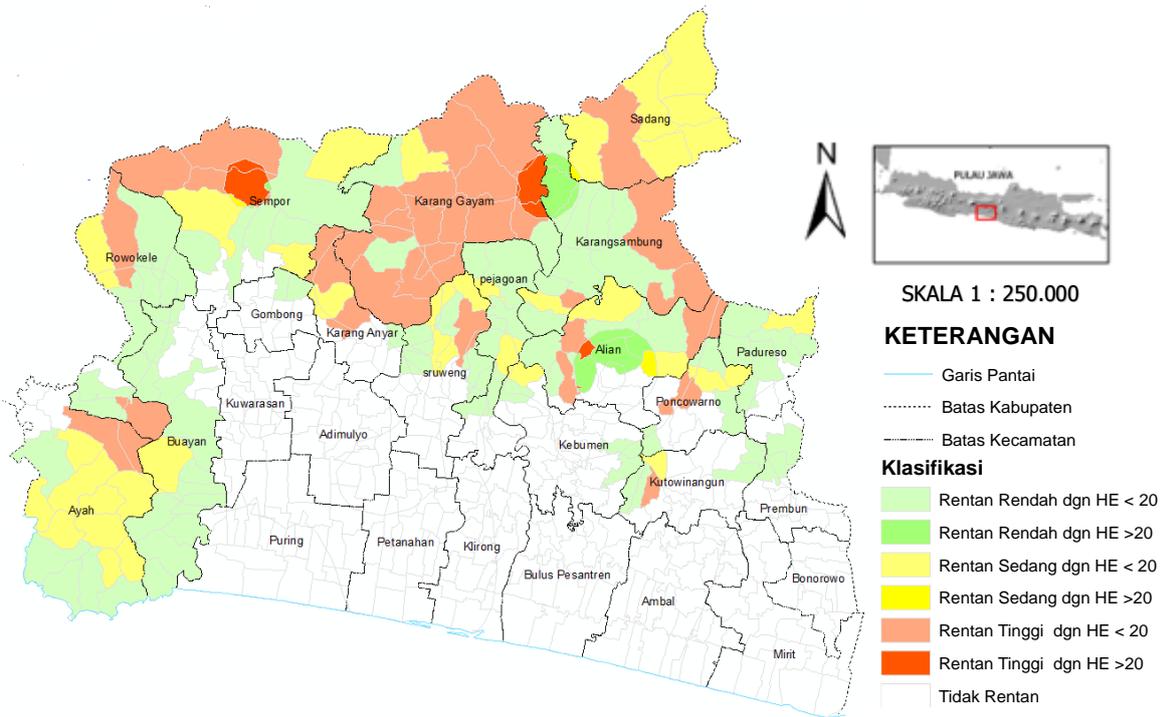
**Gambar 6.** Peta model tren frekuensi curah hujan ekstrem di Kabupaten Kebumen.

Tren curah hujan ditunjukkan melalui klasifikasi berdasarkan tren curah hujan tertinggi diatas 0,7 yaitu terdapat pada satu desa atau 0,48%, untuk tren dengan nilai dari 0,4-0,7 terdapat pada 9 desa atau 4,33%. Untuk lebih jelasnya mengenai tren frekuensi hujan ekstrem (HE) pada wilayah Kebumen dapat dilihat lebih jelas melalui **Gambar 6** yang menunjukkan hasil analisis melalui perhitungan frekuensi curah hujan ekstrem. Melalui frekuensi hujan ekstrem dapat diketahui bahwa wilayah yang berpotensi longsor cenderung berada pada nilai tren kenaikan berkisar nilai  $r$  (0,2-1). Hal

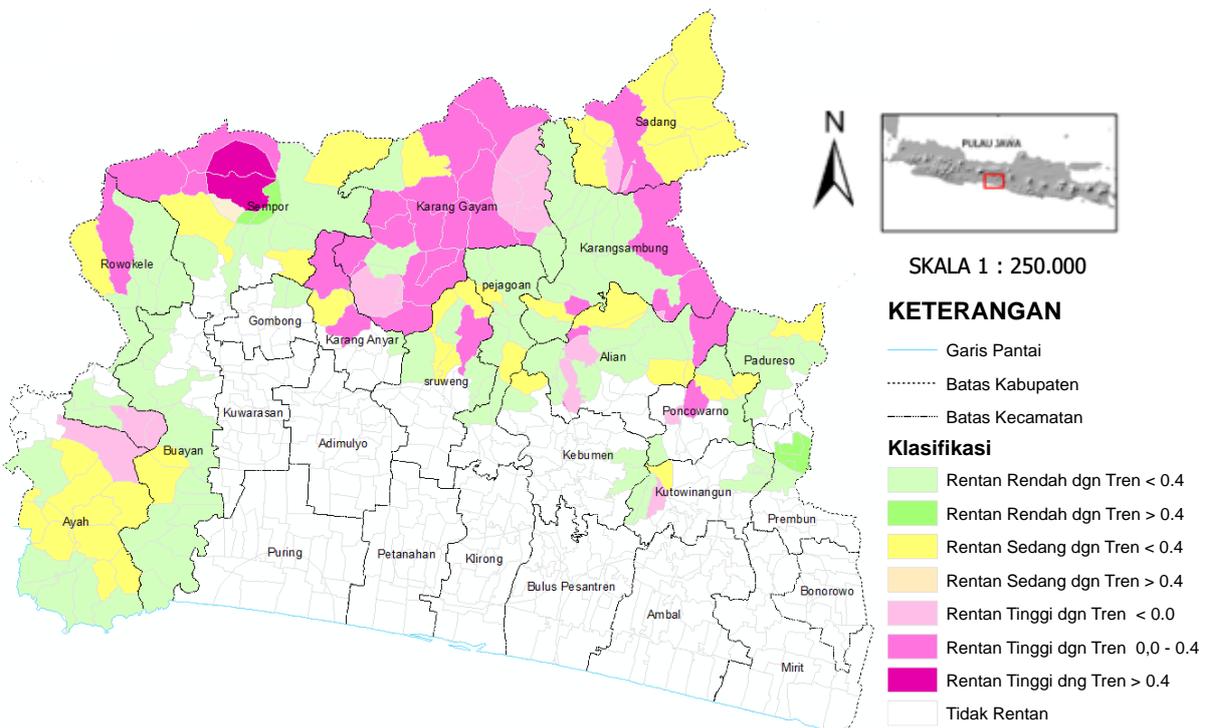
ini mengakibatkan sering terjadinya hujan ekstrem pada wilayah yang juga dinyatakan rentan longsor, dengan wilayah yang memiliki tren  $< -0,25$  yaitu terdapat pada 18 desa atau 8,65%. Jumlah desa dengan tren antara  $-0,25-0,0$  terdapat pada 73 desa atau 35,0%, tren dengan nilai  $0,0-0,4$  tersebar pada 107 desa atau 51,44% atau semua hampir berada pada daerah perbukitan dan juga perbatasan. Tren hujan ekstrem dengan nilai  $0,4-0,7$  terdapat pada 9 desa atau 4,33% dan desa dengan tren  $>0,7$  terdapat pada 1 desa.

Berdasarkan sebaran peta rerata frekuensi hujan ekstrem dan peta kerentanan longsor dapat dilihat wilayah sebaran kerentanan longsor. Berdasarkan rerata frekuensi hujan ekstrem maka sebaran kerentanan longsor dibagi atas 7 kelas yaitu dari kelas tidak rentan hingga rentan tinggi, pada hujan ekstrem (HE) <20 hari dan > 20 hari. Klasifikasi rentan rendah dengan HE <20 tersebar pada 62 desa atau 41,61%, klasifikasi rentan rendah dengan HE >20 tersebar pada 10 desa, atau 6,71%. Pada klasifikasi rentan sedang dengan

dengan HE <20 tersebar pada 34 desa atau 22,81% dan klasifikasi rentan sedang dengan HE >20 tersebar pada 3 desa atau 2,01%. Untuk sebaran klasifikasi rentan tinggi dengan HE <20 tersebar pada 32 desa atau 21,48% dan untuk klasifikasi rentan tinggi dengan HE >20 tersebar pada 8 desa atau 5,37%. Untuk melihat sebaran wilayah yang longsor berdasarkan hujan ekstrem dapat dilihat melalui **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Peta sebaran kerentanan longsor berdasarkan rerata hujan ekstrem.



**Gambar 8.** Peta sebaran kerentanan longsor berdasarkan tren hujan ekstrem di Kabupaten Kebumen.

Wilayah ekstrem yang memiliki sebaran longsor dengan kerentanan sangat tinggi terdapat di 2 desa atau 1,34 % wilayah yang dinyatakan rentan dengan tren > 0,7. Sedangkan wilayah yang memiliki kerentanan tinggi dan memiliki tren kenaikan hujan ekstrem tinggi yaitu 0,0-0,4 terdapat di 30 desa atau 20,13%, sementara untuk desa dengan rentan tinggi dan tren <0,0 terdapat pada 17 desa atau 11,41%.

Perbedaan klasifikasi pada wilayah tinggi dengan kecenderungan terjadi peningkatan hujan ekstrem perlu mendapatkan perhatian yang serius dari pemerintah untuk dilakukan sosialisasi pada masyarakat desa tersebut guna menghindari dan meminimalisir korban. Untuk lebih jelasnya, sebaran kerentanan longsor berdasarkan frekuensi hujan ekstrem dan sebaran kerentanan berdasarkan tren hujan ekstrem dapat dilihat pada **Gambar 8**.

## KESIMPULAN

Sebaran longsor di Kabupaten Kebumen terdapat di 16 kecamatan, dengan wilayah berpotensi longsor tinggi terdapat di Kecamatan Rowokele dengan luas 60% dari total wilayah yang berpotensi tinggi, dan wilayah terkecil dengan potensi longsor tinggi yaitu di Kecamatan Padureso 1,01% dari luas wilayah yang berpotensi tinggi. Kerentanan wilayah terhadap longsor terdapat di 149 desa. Kerentanan wilayah yang berpotensi sangat rendah terdapat di 24 desa atau 16,10%, pada klasifikasi kerentanan wilayah rendah terdapat di 56 desa atau 37,58 %. Pada klasifikasi kerentanan sedang terdapat di 36 desa atau 24,16%, klasifikasi kerentanan wilayah tinggi terdapat di 27 desa atau 18,12%. Sedangkan untuk klasifikasi kelas kerentanan wilayah sangat tinggi hanya tersebar di 6 desa yaitu Desa Kebakalan, Desa Kajoran, Desa Kalirejo, Desa Clapar, Desa Logandu, dan Desa Wadasmalang atau 4,02%.

Kerentanan wilayah terhadap longsor sehubungan dengan perubahan iklim terbagi atas sebaran kerentanan longsor berdasarkan rerata frekuensi hujan ekstrem yang terus meningkat sepanjang tahun dengan intensitas hujan ekstrem >20 kejadian tersebar di Kecamatan Sempor, Kecamatan Karanggayam, dan Kecamatan Alian yang tersebar di 8 desa yaitu Desa Donorojo, Desa Kedungwringin, Desa Kebakalan, Desa Wonotirto, Desa Kalibening, Desa Giritirto, Desa Kalijaya, dan Desa Tanuharjo.

Dari hasil analisis kerentanan longsor berdasarkan tren kenaikan hujan ekstrem, dapat diketahui bahwa wilayah yang memiliki sebaran longsor dengan kerentanan sangat tinggi tersebar di 2 desa atau 1,34 % wilayah yang dinyatakan rentan dengan tren > 0,7. Sedangkan wilayah yang memiliki kerentanan tinggi dan juga memiliki tren

kenaikan hujan ekstrem yang tinggi 0,0-0,4 terdapat di 30 desa atau 20,13% untuk desa dengan rentan tinggi dan tren <0,0 tersebar pada 17 desa atau 11,41%.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan saran, motivasi, serta bimbingan dalam pembuatan jurnal ilmiah ini. Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada LPDP atas pemberian dana hibah hingga terlaksananya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aldrian, E. (2001). Pembagian iklim Indonesia berdasarkan pola curah hujan dengan metoda "double correlation". *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 2(1), 11-18. DOI: <https://doi.org/10.29122/jstmc.v2i1.2142>.
- Bappeda Kab. Kebumen (Badan Perencanaan Pembangunan Kabupaten Kebumen). (2010). *Profil Wilayah Kebumen 2010*. Kabupaten Kebumen. Kebumen.
- Barus, B. (1999). Pemetaan Bahaya longsor berdasarkan klasifikasi statistik peubah tunggal menggunakan SIG: studi kasus daerah Ciawi-Puncak-Pacet, Jawa-Barat. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 2(1), 7-16.
- Briguglio, L., Cordina, G., Farrugia, N. & Vella, S. (2008). Economic vulnerability and resilience: concepts and measurements. *Oxford Development Studies*, 37(3), 229-247. DOI: <https://doi.org/10.1080/13600810903089893>.
- Brooks, N., Adger, W.N. & Kelly, P.M. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 15(2), 151-163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.006>.
- Departemen Pertanian. (2006). *Pedoman Umum Budidaya Pertanian pada Lahan Pegunungan*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E. & Savage, W.Z. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. *Engineering Geology*, 102(3-4), 85-98. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2008.03.022>.
- Gallopín, G.C. (2006). Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16(3), 293-303. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004>.
- Guillaumont, P. (2009). An economic vulnerability index: its design and use for international development policy. *Oxford Development Studies*, 37(3), 193-228. DOI: <https://doi.org/10.1080/13600810903089901>.
- Karnawati, D. (2001). *Bencana Alam Gerakan Tanah Indonesia Tahun 2000 (Evaluasi dan Rekomendasi)*. Jurusan Teknik Geologi. Fakultas Teknik. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 232 hlm.
- Martin, R. & Sunley, P. (2015). On the notion of regional economic resilience: conceptualization and

- explanation. *Journal of Economic Geography*, 15(1), 1-42. DOI: <https://doi.org/10.1093/jeg/lbu015>.
- Metzger, M.J., Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, R. & Schröter, D. (2006). The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, ecosystems & environment*, 114(1), 69-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.11.025>.
- Nguyen, Q., Hoang, M.H., Öborn, I. & van Noordwijk, M. (2013). Multipurpose agroforestry as a climate change resiliency option for farmers: an example of local adaptation in Vietnam. *Climatic change*, 117(1), 241-257. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0550-1>.
- Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P. & Hanson, C. (2007). *Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability*. Working Group II Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press. New York, USA. 976pp.
- Strahler, A., d'Entremont, R., Lucht, W.W., Hu, B., Li, X. & Schaaf, C.B. (1997). The MODIS BRDF/Albedo product: prototyping albedo retrieval using AVHRR and GOES. *IGARSS'97. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings. Remote Sensing - A Scientific Vision for Sustainable Development*, 3, 1220-1223. DOI: <https://doi.org/10.1109/IGARSS.1997.606403>.
- Reed, S.B. (1992). *Introduction to Hazards*. 1<sup>st</sup> Edition. UNDP/UNDRO Disaster Management Training Programme, University Wisconsin. United Nations Development Programme. New York, USA. 156 pp.
- Turner, B.L., Kasperson, R.E., Matson, P.A., McCarthy, J.J., Corell, R.W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J.X., Luers, A. & Martello, M.L. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100(14), 8074-8079. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>.
- Verstappen, H.T. (1983). *Applied geomorphology: geomorphological surveys for environmental development*. Elsevier Science Ltd. New York, USA. 423 pp.

*Halaman ini sengaja kami kosongkan*