



Research article

## Geological condition and landslide vulnerability zonation using frequency ratio method in Salaman District, Magelang Regency, Central Java Province

**Rana Salsabiila, Eko Teguh Paripurno, C. Prasetyadi**

*Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta*

*Jl. Padjajaran (Lingkar Utara), Condongcatur, Sleman, Yogyakarta, 55283, Indonesia*

### Keywords:

Frequency Ratio,  
Magelang, Landslide.

### Corresponding author:

Eko Teguh Paripurno  
Email address:  
[paripurno@upnyk.ac.id](mailto:paripurno@upnyk.ac.id)

### Article history

Received: 19 January 2023  
Revised: 26 September 2023  
Accepted: 23 October 2023

©2023 The Author(s), Published by National Research and Innovation Agency BRIN  
This is an open access article under the CC BY-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).



### ABSTRACT

Salaman District is an area with an area of 68.87 km<sup>2</sup>, which is included in the Magelang Regency area. The southwest part of this area features hilly topography, forming the slope of the Menoreh Hills. In contrast, the central and eastern areas have predominantly flat topography, with breccia rocks distributed widely. The district has a population of 74,429 people, and the majority earn their livelihoods as farmers. The primary commodities include cassava, as well as fruit crops like mango and durian. Other commodities originating from this area are teak wood, bamboo, mahogany, sengon and waru. From January 2020 to April 2021, rainfall in Magelang Regency ranged from 20 mm to 531 mm. Based on data obtained from the BPPD Magelang Regency website, Salaman District is one of the sub-districts that had the highest intensity of landslides in that period, with a total of 67 landslides. Given the significant number of landslide disasters, it is deemed crucial to conduct mapping and develop a landslide susceptibility map for the research area. The research utilizes direct data, including lithological information, geological structure, and geomorphology, as well as secondary data comprising landslide occurrence, topography, DEM, and land cover data in the research area. The method used in this research is the frequency ratio (FR) method. It is constructed based on the relationship between the location of the landslide incident and the factors that control the occurrence of landslides. The FR method is included in the bivariate statistical method, which is used to determine the relationship between two variables. Based on the geomorphological analysis, it was found that several landforms developed in the research area, namely River Body (F1), Alluvial Plain (F2), Structural Hills (S1), and Residual Hill (D1). The stratigraphy of the research area consists of six rock units, listed from oldest to youngest as follows: Kaligesing Pyroclastic Breccia unit, Kaligesing Andesite Lava unit, Kaligesing Epiclastic Breccia unit, Old Sumbing Laharic Breccia unit, Young Sumbing Tuf-lapilli unit, and Alluvial Deposits. The geological structures that develop in the research area are right strike-slip faults and left strike-slip faults, which have a west-east line. Based on the results of the analysis using the Frequency Ratio method, which uses parameters in the form of slope, lithology, structure distance, river distance, land use, and landslide occurrence points, the zoning in the research area is divided into 4, namely the Very Low Landslide Susceptibility Zone with a Landslide Susceptibility value. Index (LSI) 22.48 – 40.75; Low Landslide Susceptibility Zone with LSI value of 40.75 – 46.72; Medium Landslide Susceptibility Zone with LSI value 46.72 – 52.87; and High Landslide Susceptibility Zone with an LSI value of 52.87 – 67.27. After validating the landslide susceptibility map using the Area Under Curve (AUC) method, the results obtained were 70.95% and included in the good category, so the map was suitable for use.

## Kondisi geologi dan zonasi kerentanan tanah longsor dengan metode *frequency ratio* di Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah

### ABSTRAK

Kecamatan Salaman merupakan area dengan luas 68,87 km<sup>2</sup> yang termasuk dalam wilayah Kabupaten Magelang. Bagian barat daya dari area tersebut memiliki topografi yang berbukit-bukit, membentuk lereng dari Perbukitan Menoreh. Sebaliknya, bagian tengah dan timur area tersebut didominasi oleh topografi datar, dengan litologi berupa batuan breksi yang tersebar hampir diseluruh wilayah. Daerah ini memiliki jumlah penduduk sebanyak 74.429 jiwa dan sebagian besar penduduk memiliki mata pencaharian sebagai petani. Komoditas utama yang dihasilkan berupa ubi kayu, dan tanaman buah seperti mangga dan durian. Komoditas lain yang berasal dari daerah ini yaitu kayu pohon jati, bambu, mahoni, sengon, dan waru. Dalam rentang waktu Januari 2020 – April 2021, curah hujan di Kabupaten Magelang berkisar antara 20 mm – 531 mm. Berdasarkan data yang didapat dari situs BPPD Kabupaten Magelang, Kecamatan Salaman merupakan salah satu kecamatan yang memiliki intensitas kejadian tanah longsor terbanyak dalam rentang waktu tersebut, dengan total 67 kejadian tanah longsor. Dari banyaknya kejadian bencana tanah longsor tersebut dianggap perlu dan penting untuk melakukan pemetaan dan membuat peta kerentanan tanah longsor di daerah penelitian. Penelitian ini menggunakan data langsung yang terdiri dari data litologi, struktur geologi dan geomorfologi, serta data sekunder yang terdiri dari data kejadian tanah longsor, data rupabumi, data DEM, dan data tutupan lahan di daerah penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *frequency ratio* (FR). Metode tersebut dibangun berdasarkan hubungan antara lokasi kejadian tanah longsor dengan faktor-faktor yang mengontrol terjadinya tanah longsor. Metode FR termasuk ke dalam metode statistik bivariate yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel. Berdasarkan analisis geomorfologi, didapatkan beberapa bentuk lahan yang berkembang di daerah penelitian yaitu Tubuh Sungai (F1), Dataran Aluvial (F2), Perbukitan Struktural (S1), dan Bukit Sisa / *Residual Hill* (D1). Stratigrafi daerah penelitian terdiri atas enam satuan batuan, diurutkan dari yang tertua hingga termuda sebagai berikut: satuan Breksi Piroklastik Kaligesing, satuan Lava Andesit Kaligesing, satuan Breksi Epiklastik Kaligesing, satuan Breksi Laharik Sumbing Tua, satuan Tuf-lapili Sumbing Muda, dan Endapan Aluvial. Struktur geologi yang berkembang di daerah penelitian yaitu sesar mendatar kanan dan sesar mendatar kiri, yang memiliki tegasan barat – timur. Berdasarkan hasil analisis dengan metode Frequency Ratio yang menggunakan parameter berupa kemiringan lereng, litologi, jarak struktur, jarak sungai, tata guna lahan, dan titik kejadian tanah longsor maka zonasi pada daerah penelitian dibagi menjadi 4 yaitu Zona Kerentanan Tanah Longsor Sangat Rendah dengan nilai *Landslide Susceptibility Index* (LSI) 22,48 – 40,75; Zona Kerentanan Tanah Longsor Rendah dengan nilai LSI 40,75 – 46,72; Zona Kerentanan Tanah Longsor Menengah dengan nilai LSI 46,72 – 52,87; dan Zona Kerentanan Tanah Longsor Tinggi dengan nilai LSI 52,87 – 67,27. Setelah dilakukan validasi peta kerentanan tanah longsor dengan menggunakan metode *Area Under Curve* (AUC) hasil yang didapatkan adalah 70,95% dan termasuk kategori good sehingga peta layak untuk digunakan.

### PENDAHULUAN

Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor (UU no. 24 Tahun 2007). Bencana tanah longsor merupakan salah satu bencana alam geologi yang dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang sangat besar, seperti terjadinya pendangkalan, terganggunya jalur lalu lintas, rusaknya lahan pertanian, pemukiman, jembatan, saluran irigasi dan prasarana fisik lainnya.

Kecamatan Salaman merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Magelang dengan luas 68,87 km<sup>2</sup> dan berpenduduk sebanyak 74.429 jiwa berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Magelang. Mata pencaharian utama sebagian besar penduduk Kecamatan Salaman adalah petani. Daerah tersebut memiliki komoditas utama berupa ubi kayu, buah-buahan (mangga dan durian), serta kayu yang berasal dari beberapa jenis pohon seperti pohon jati, bambu, mahoni, sengon, dan waru.

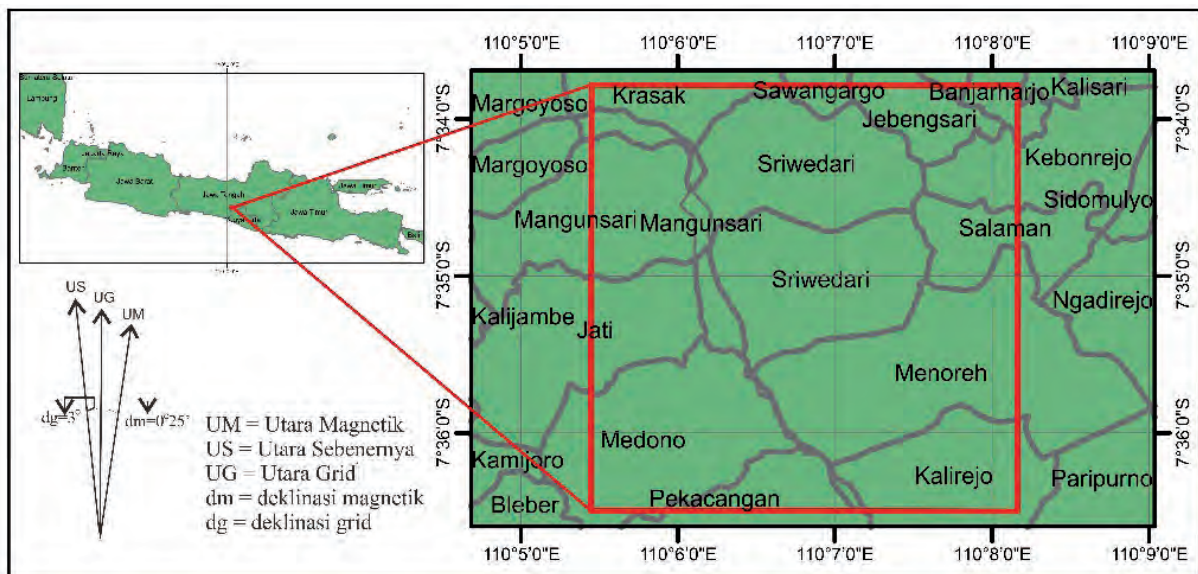
Dalam rentang waktu Januari 2020 – April 2021, curah hujan di Kabupaten Magelang berkisar antara 20 mm – 531 mm, dengan curah hujan terendah pada Juli 2020 dan curah hujan tertinggi pada Januari 2021. Berdasarkan laporan dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Magelang, tercatat sebanyak 401 kejadian tanah longsor telah terjadi terhitung sejak 1 Januari 2020 hingga 9 April 2021. Dari 401 kejadian, sebanyak 67 kejadian terjadi di Kecamatan Salaman yang menjadikan wilayah tersebut menjadi salah satu wilayah yang sering mengalami bencana tanah longsor.

Dari banyaknya kejadian tanah longsor yang terjadi di Kecamatan Salaman, dianggap perlu dan penting untuk melakukan pemetaan pada daerah penelitian dengan tujuan untuk mengetahui dan memahami geologi di daerah penelitian, parameter yang mempengaruhi kejadian tanah longsor serta hubungan antara parameter dengan kejadian tanah longsor, mengetahui tingkat kerentanan dan membuat peta kerentanan tanah longsor di daerah penelitian berdasarkan metode FR.

## DATA DAN METODE

### Area Penelitian dan Data

Lokasi penelitian secara administratif berada di Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang, dan Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah, dengan luas daerah penelitian kurang lebih 28,5 km<sup>2</sup>. Secara astronomis daerah penelitian masuk ke dalam zona UTM 49 S dengan koordinat x: 399700- 404686 dan y: 9158908-9164682. Lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian (Sumber: Peta RBI dari BIG)

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut (**Tabel 1.**)

**Tabel 1.** Daftar Sumber Data dalam pembuatan Peta Parameter

| Sumber Data   | Skala/Piksel | Peta Parameter yang dihasilkan                   |
|---|--------------|--|
| Peta Rupa Bumi Indonesia dari Badan Informasi Geospasial (BIG)    | 1:25.000     | Jarak dari Sungai, Geomorfologi, Tata Guna Lahan |
| Peta Geologi dari Pusat Survei Geologi (PSG)                      | 1:100.000    | Litologi, Jarak dari Struktur                    |
| DEMNAS ( <i>Seamless digital elevation model</i> ) dari BIG       | 10 m         | Kemiringan Lereng                                |
| Google Earth, survei lapangan, laporan longsor dari BPBD Magelang | -            | Titik lokasi kejadian tanah longsor              |

Parameter yang digunakan pada pembuatan peta kerentanan tanah longsor dibatasi hanya pada 6 parameter yaitu litologi, kemiringan lereng, tata guna lahan, jarak dari struktur, jarak dari sungai, dan persebaran titik tanah longsor. Parameter ini dipilih karena merupakan parameter yang umum digunakan oleh peneliti terdahulu (Wilopo & Pradana, 2018 dan Nusantara & Setianto, 2015) serta mengacu pada Standar Nasional Indonesia (2016) dan Badan Standarisasi Nasional (BSN). Parameter sebaran titik tanah longsor dibuat berdasarkan data pengamatan langsung yang diperoleh di lapangan serta data kejadian tanah longsor yang dirilis BPBD Magelang pada tahun 2021. Terdapat total 85 titik tanah longsor yang tersebar di daerah penelitian.

### Metode Frequency Ratio

Metode *frequency ratio* (FR) merupakan salah satu metode kuantitatif yang digunakan untuk pemetaan bahaya tanah longsor. Metode FR didasarkan pada hubungan antara lokasi kejadian tanah longsor dan faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya tanah longsor (Nusantara dan Setianto, 2015, dalam Fadilah dkk., 2019). Menurut Lee dan Pradhan (2007) beberapa faktor yang berpengaruh pada tanah longsor yaitu aspek kemiringan, jarak dari sungai, jarak dari patahan, litologi, jenis tanah, tutupan lahan, dan presipitasi. Metode FR termasuk ke dalam metode statistik bivariate yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara dua variabel.

Perhitungan dalam metode FR menggunakan nilai perbandingan antara area kejadian tanah longsor dengan total area berdasarkan faktor penyebabnya. Adapun perhitungan *frequency ratio* dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini (Nugroho dan Nugroho, 2020):

$$FR = \frac{LP/CP}{\sum LP/\sum CP} \dots\dots\dots (1)$$

Di mana, FR = *frequency ratio*

CP = *class pixel* suatu kelas dalam suatu faktor tertentu.

LP = *landslide pixel* suatu kelas dalam faktor tertentu.

$\sum CP$  = Jumlah *class pixel* suatu kelas dalam faktor tertentu.

$\sum LP$  = Jumlah *landslide pixel* suatu kelas dalam faktor tertentu.

Setelah nilai FR dari setiap parameter telah dihitung, peta parameter kemudian ditumpangtindihkan (*overlay*) untuk memperoleh nilai LSI (*Landslide Susceptibility Index*) menggunakan persamaan dibawah ini (Pradhan, 2010):

$$LSI = FR_1 + FR_2 + \dots\dots\dots + FR_a \dots\dots\dots (2)$$

Kemudian nilai LSI yang telah diperoleh diklasifikasikan menjadi 4 kelas interval (SNI, 2016), yaitu zona kerentanan sangat rendah, zona kerentanan rendah, zona kerentanan sedang, dan zona kerentanan tinggi yang disajikan dalam bentuk Peta Kerentanan Tanah Longsor. Peta Kerentanan Tanah Longsor divalidasi dengan titik sebaran tanah longsor. Validasi ini menunjukkan seberapa baik model memprediksi tanah longsor. Uji validasi dilakukan menggunakan metode analisis ROC (*Receiver Operating Characteristics*) untuk mendapatkan kurva probabilitas dan menghitung nilai akurasi prediksi berdasarkan AUC (*Area Under Curve*) yang didapatkan dengan mengetahui luas area dari suatu mode.

Kemudian luasan area di bawah kurva tingkat prediksi (*area under curve*) tersebut dihitung untuk mengetahui tingkat akurasi peta kerentanan gerakan tanah yang telah dibuat menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Luas Area (n) = \left(\frac{Y_0 + Y_1}{2}\right) \Delta x \left(\frac{Y_0 + Y_1}{2}\right) \Delta x \dots\dots\dots (3)$$

Di mana Y<sub>0</sub> = Nilai sumbu Y pertama

Y<sub>1</sub> = Nilai sumbu Y kedua

$\Delta X$  = Selisih nilai sumbu

Semakin besar nilai AUC (mendekati 1) menandakan semakin besar nilai akurasi peta tersebut. Nilai AUC yang kurang dari 0,5 dianggap gagal dan tidak layak digunakan.

## HASIL DAN DISKUSI

### Geologi Daerah Penelitian

#### 1. Geomorfologi

Berdasarkan kenampakan di lapangan dan hasil interpretasi dari aspek geomorfologi, daerah penelitian dibagi menjadi 4 satuan bentuk lahan, yaitu Tubuh Sungai (F1), Dataran Aluvial (F2), Bukit Sisa (D1), dan Perbukitan Struktural (S1) (**Gambar 2.**). Klasifikasi bentuk lahan tersebut didasarkan pada klasifikasi Van Zuidam (1983).

##### a. Tubuh Sungai (F1)

Bentuk lahan ini memiliki morfologi berupa cekungan dan bentuk lembah U dengan relief rendah. Terletak menyebar pada daerah penelitian dan menempati 4% dari luasan daerah penelitian. Bentuk lahan ini berasosiasi dengan dataran aluvial dan perbukitan struktural. Morfostruktur pasif berupa material yang berasal dari pelapukan dan erosi litologi yang ada disekitarnya.

##### b. Dataran Aluvial (F2)

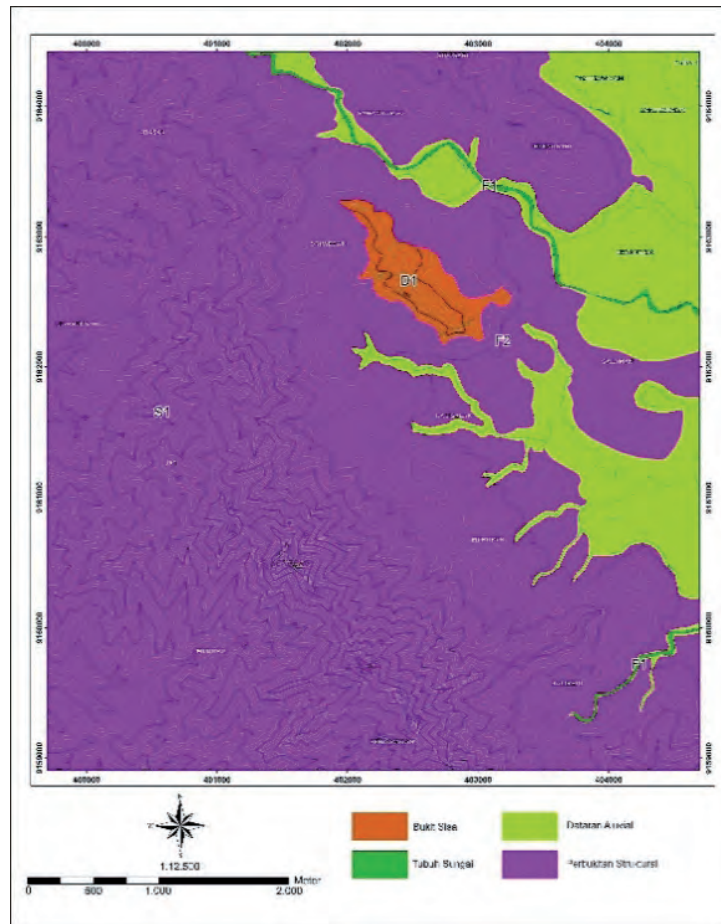
Bentuk lahan ini memiliki morfologi berupa dataran dengan kelerengan yang landai dan bentuk lembah U. Terletak di bagian utara – timur daerah penelitian dan menempati 22,9% dari luasan daerah penelitian. Bentuk lahan ini berasosiasi dengan tubuh sungai dan perbukitan struktural. Morfostruktur pasif berupa material yang berasal dari pelapukan dan erosi litologi yang ada disekitarnya.

##### c. Bukit Sisa / *Residual Hill* (D1)

Bentuk lahan ini memiliki morfologi berupa bukit, dengan kelerengan miring dengan bentuk lembah U. Terletak di bagian utara daerah penelitian dan menempati 6% dari luasan daerah penelitian. Litologi yang berkembang pada bentuk lahan ini yaitu breksi piroklastik. Morfostruktur pasif berupa batuan berbutir kasar dengan resistensi yang sedang – kuat, dengan morfodinamis berupa pelapukan dan erosi.

##### d. Perbukitan Struktural (S1)

Bentuk lahan ini memiliki morfologi berupa perbukitan, dengan kelerengan yang agak curam – curam dan bentuk lembah V-U. Terletak di bagian barat – selatan daerah penelitian dan menempati 67,1% dari luasan daerah penelitian. Morfostruktur aktif pada bentuk lahan ini yaitu sesar. Morfostruktur pasif berupa batuan berbutir kasar dengan resistensi yang sedang – kuat, dengan morfodinamis berupa pelapukan dan erosi. Litologi yang berkembang pada bentuk lahan ini yaitu breksi piroklastik, breksi epiklastik, breksi laharik, lava andesit, dan tuf - lapili.



Gambar 2. Peta Geomorfologi

## 2. Stratigrafi

### a. Satuan Breksi Piroklastik Kaligesing

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pemetaan geologi didapatkan satuan Breksi Piroklastik Kaligesing yang terdiri dari breksi piroklastik, lava andesit, dan sisipan tuff. Breksi piroklastik pada daerah penelitian merupakan hasil dari aktivitas vulkanisme dimana litik vulkanik tertanam dalam masa dasar debu vulkanik. Breksi piroklastik pada satuan ini memiliki struktur masif, terpilah sangat buruk dan memiliki fragmen andesit berukuran kerakal-berangkal dengan komposisi mineral berupa plagioklas, biotit, hornblende, piroksen, kuarsa, k-feldspar, dan mineral opak. Kondisi breksi piroklastik di daerah penelitian lapuk sedang. Berdasarkan analisa petrografi pada LP 19, pada sampel fragmen didapatkan nama batuan Andesit (IUGS, 1973), dengan komposisi berupa plagioklas sebanyak 40%, biotit 8%, hornblende 14%, piroksen 2%, kuarsa 5%, k-feldspar 10%, mineral opak 7%, massa dasar gelas 7% dan massa dasar kristal 7%. Sementara pada analisis petrografi sampel matriks LP 19 didapatkan nama batuan Vitric tuff (Pettijohn, 1975), dengan komposisi berupa litik 15%, plagioklas 30%, piroksen 5%, hornblende 10%, k-feldspar 10%, mineral opak 5%, dan massa dasar gelas 25%.

Pada Satuan Breksi Piroklastik Kaligesing tidak didapatkan fosil foraminifera, sehingga penentuan umur pada satuan ini mengacu pada umur regional berdasarkan hubungan stratigrafi dengan satuan batuan yang mengapitnya. Karena bagian atas dari Formasi Nanggulan yang berumur Oligosen Tengah terletak dibawahnya sedangkan Formasi Jonggrangan yang berumur Miosen Awal menutupinya maka umur Formasi Kaligesing berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal (Pringgoprawiro dan Riyanto, 1987).

Satuan Breksi Piroklastik Kaligesing memiliki umur yang sama dengan Lava Andesit Kaligesing dan memiliki kontak menjari. Berdasarkan hal tersebut satuan breksi piroklastik dan lava andesit memiliki hubungan stratigrafi selaras dengan kontak tegas. Sedangkan untuk hubungan stratigrafi dengan satuan breksi epiklastik yaitu tidak selaras.

b. Satuan Lava Andesit Kaligesing

Satuan ini berisi lava andesit yang merupakan hasil dari aktivitas vulkanisme. Secara megaskopis litologi andesit memiliki warna abu-abu, struktur masif, hipokristalin, afanitik-fanerik halus (<1 mm), anhedral, inequigranular vitroverik, dan tersusun atas plagioklas, kuarsa, hornblende, dan piroksen. Lava andesit yang ada di daerah penelitian memiliki kondisi lapuk sedang. Berdasarkan analisa petrografi pada LP 2 didapatkan nama batuan Andesit (IUGS, 1973) dengan komposisi berupa plagioklas sebanyak 30%, biotit 25%, hornblende 10%, kuarsa 2%, k-feldspar 10%, mineral opak 9%, massa dasar gelas 9% dan massa dasar kristal 9%. Pada Satuan Lava Andesit Kaligesing tidak didapatkan fosil foraminifera, sehingga penentuan umur pada satuan ini mengacu pada peneliti terdahulu dengan menggunakan metode radiometri K-Ar oleh Soeria Atmadja (1994), didapatkan umur 25,4 – 29,6 juta tahun yang lalu. Satuan Lava Andesit Kaligesing memiliki kontak menjari dengan Satuan Breksi Piroklastik Kaligesing dan memiliki umur yang sama. Berdasarkan hal tersebut kedua satuan memiliki hubungan stratigrafi selaras dengan kontak tegas.

c. Satuan Breksi Epiklastik Kaligesing

Satuan ini terdiri atas litologi breksi epiklastik. Breksi epiklastik pada satuan ini memiliki warna coklat kekuningan, struktur masif, menyudut, terpilah buruk, ukuran butir pasir sedang – kerikil (<0,25 - 4 mm), serta fragmen andesit dan tuff yang tertanam dalam massa dasar debu halus vulkanik. Kondisi breksi epiklastik pada daerah penelitian lapuk kuat (hampir sempurna). Berdasarkan analisa petrografi pada LP 78, pada sampel matriks didapatkan nama batuan Lithic Tuff (Pettijohn, 1975), dengan komposisi berupa kuarsa sebanyak 2%, k-feldspar 10%, plagioklas 5%, piroksen 1%, mineral opak 3%, litik 64%, dan masa dasar debu halus vulkanik 15%.

Pada Satuan Breksi Epiklastik Kaligesing tidak didapatkan fosil foraminifera, sehingga penentuan umur pada satuan ini mengacu pada umur regional berdasarkan hubungan stratigrafi dengan satuan batuan yang mengapitnya. Karena bagian atas dari Formasi Nanggulan yang berumur Oligosen Tengah terletak dibawahnya sedangkan Formasi Jonggrangan yang berumur Miosen Awal menutupinya maka umur Formasi Kaligesing berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal (Pringgoprawiro dan Riyanto, 1987).

Satuan Breksi Epiklastik Kaligesing memiliki hubungan stratigrafi tidak selaras dengan Satuan Breksi Piroklastik Kaligesing. Satuan breksi epiklastik cenderung menumpang diatas satuan breksi piroklastik.

d. Satuan Breksi Laharik Sumbing Tua

Satuan ini terdiri atas breksi laharik yang memiliki warna coklat tua, struktur aliran (flow), terpilah buruk, fragmen membundar berukuran pasir kasar – kerikil (0,5 – 4 mm) dengan kontak butiran mengambang dalam masa dasar debu halus vulkanik. Breksi laharik yang ada di daerah penelitian memiliki kondisi lapuk sedang. Berdasarkan analisa petrografi pada LP 102 pada sampel matriks didapatkan nama batuan Lithic Tuff (Pettijohn, 1975), dengan komposisi berupa kuarsa sebanyak 3%, k-feldspar 20%, plagioklas 10%, piroksen 3%, mineral opak 5%, litik 44%, dan masa dasar debu halus vulkanik 15%.

Pada Satuan Breksi Laharik Sumbing Tua tidak didapatkan fosil foraminifera, sehingga penentuan umur pada satuan ini mengacu pada peneliti terdahulu (Rahardjo, Sukandarrumidi & Rosidi, 1977) yaitu berumur kuartar. Satuan Breksi Laharik Sumbing Muda memiliki hubungan stratigrafi selaras dengan Satuan Tuf-lapili Sumbing Muda yang berada diatasnya. Sedangkan hubungan stratigrafi satuan breksi laharik dengan satuan dibawahnya yaitu tidak selaras.

e. Satuan Tuff-Lapili Sumbing Muda

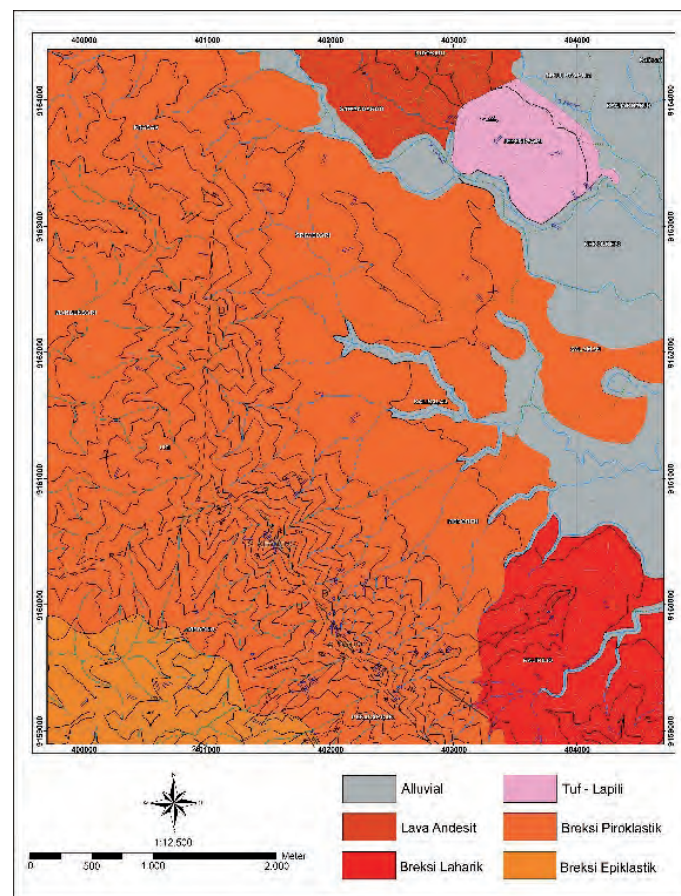
Satuan ini terdiri atas tuff-lapili yang memiliki warna putih, struktur masif, terpilah baik, dengan ukuran butir tuff kasar, dan dalam kondisi lapuk lanjut (hampir sempurna). Satuan ini merupakan hasil dari Gunung Sumbing. Berdasarkan analisa petrografi pada LP 104, didapatkan nama batuan Crystal Tuff (Pettijohn, 1975), dengan komposisi berupa kuarsa sebanyak 3%, k-feldspar 20%, plagioklas 13%, mineral opak 2%, hornblende 2%, glass shard 20%, dan masa dasar debu halus vulkanik 40%.

Pada Satuan Tuff-lapili Sumbing Muda tidak didapatkan fosil foraminifera, sehingga penentuan umur pada satuan ini mengacu pada peneliti terdahulu (Rahardjo, Sukandarrumidi, & Rosidi, 1977) yaitu berumur kuartar. Satuan tuff-lapili Sumbing Muda memiliki hubungan stratigrafi selaras dengan Satuan Breksi Laharik Sumbing Muda. Satuan tuff-lapili cenderung menumpang diatas satuan breksi laharik.

f. Satuan Endapan Aluvial

Berdasarkan data lapangan hasil pemetaan geologi permukaan didapatkan Endapan Aluvial yang merupakan endapan permukaan sebagai hasil erosi dari batuan yang telah ada sebelumnya, dapat diakibatkan oleh proses sungai, maupun iklim dan resistensi batuan, terdiri dari material aneka bahan yang tidak terkonsolidasi dengan ukuran bervariasi, dari lempung hingga kerikil.

Umur dari endapan aluvial berdasarkan hasil pengamatan lapangan, endapan ini merupakan endapan darat berumur mulai Holosen. Dengan lingkungan pengendapan satuan ini yaitu pada lingkungan terrestrial atau darat. Hubungan stratigrafi antara endapan aluvial dengan satuan lain yang lebih tua yaitu breksi piroklastik, breksi epiklastik, lava andesit, breksi laharik, dan tuff-lapili adalah tidak selaras (**Gambar 3.**).



Gambar 3. Peta Geologi



### 3. Struktur Geologi

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh di lapangan, yang berupa data kedudukan bidang sesar, rake, gash fracture, shear fracture, dan breksiasi, didapatkan adanya dua sesar yang berada di daerah penelitian. Dua jenis sesar tersebut yaitu sesar mendatar kanan dan sesar mendatar kiri.

#### a. Sesar Mendatar Kanan

Sesar ini memiliki arah relatif NW-SE. Data-data sesar mendatar kanan di daerah penelitian dilihat berdasarkan ditemukannya bukti sesar pada LP 46 dengan hasil pengukuran di lapangan mendapatkan kedudukan bidang sesar  $N148^{\circ}E/83^{\circ}$ , *plunge bearing*  $8^{\circ}$ ,  $N149^{\circ}E$ , dan *rake*  $8^{\circ}$ . Mengacu pada Klasifikasi Rickard (1972), maka sesar tersebut termasuk jenis *Right Slip Fault*.

#### b. Sesar Mendatar Kiri

Sesar ini memiliki arah relatif NW-SE. Data-data sesar mendatar kiri di daerah penelitian dilihat berdasarkan ditemukannya bukti sesar pada LP 90 dengan hasil pengukuran di lapangan mendapatkan arah umum GF  $N099^{\circ}E/56^{\circ}$ , SF  $N188^{\circ}E/58^{\circ}$ , dan breksiasi  $N127^{\circ}E$ . Mengacu pada Klasifikasi Rickard (1972), maka sesar tersebut termasuk jenis *Left Slip Fault*.

### Analisis Frequency Ratio

Metode *frequency ratio* didasarkan pada hubungan antara kejadian gerakan tanah dan parameter pengontrolnya. Hubungan tersebut menjelaskan pengaruh setiap parameter terhadap kejadian tanah longsor. Parameter tanah longsor yang digunakan telah diubah menjadi data *raster* menggunakan GIS. Parameter kemiringan lereng dibuat menggunakan data DEMNAS dengan resolusi 10 m.

#### 1. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng di daerah penelitian dibagi menjadi 5 satuan berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng yang ada dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 22/PRT/M/2007, yaitu datar (0% -8%), landai (8% - 15%), agak curam (15% - 25%), curam (25% - 45%), dan sangat curam (>45%). Peta Kemiringan Lereng dapat dilihat pada **Gambar 4**.

#### 2. Tata Guna Lahan

Berdasarkan pengamatan dilapangan, tata guna lahan pada daerah penelitian terdiri dari pemukiman, sawah, perkebunan, tegalan/ladang, padang rumput, semak belukar, dan sungai. Peta Tata Guna Lahan dapat dilihat pada **Gambar 5**.

#### 3. Litologi

Berdasarkan pengamatan langsung dilapangan, daerah penelitian dibagi menjadi 6 satuan litologi, yaitu satuan Breksi Piroklastik, satuan Lava Andesit, satuan Breksi Epiklastik, satuan Breksi Laharik, satuan Tuff-Lapili, dan satuan Aluvial.

#### 4. Jarak dari Sungai

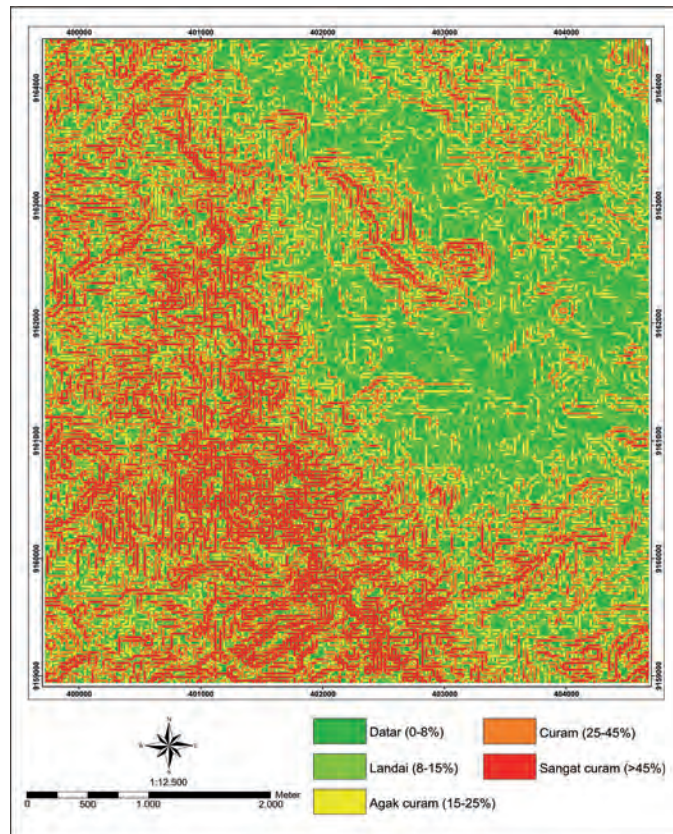
Parameter jarak dari sungai di daerah penelitian dibagi menjadi 4 satuan, yaitu jarak 0-100 m, 100-200 m, 200-300 m, dan >300 m berdasarkan klasifikasi jarak dari sungai oleh Gokceoglu dan Aksoy (1996, dalam Baskoro, 2020). Peta Jarak dari Sungai dapat dilihat pada **Gambar 6**.

#### 5. Jarak dari Struktur

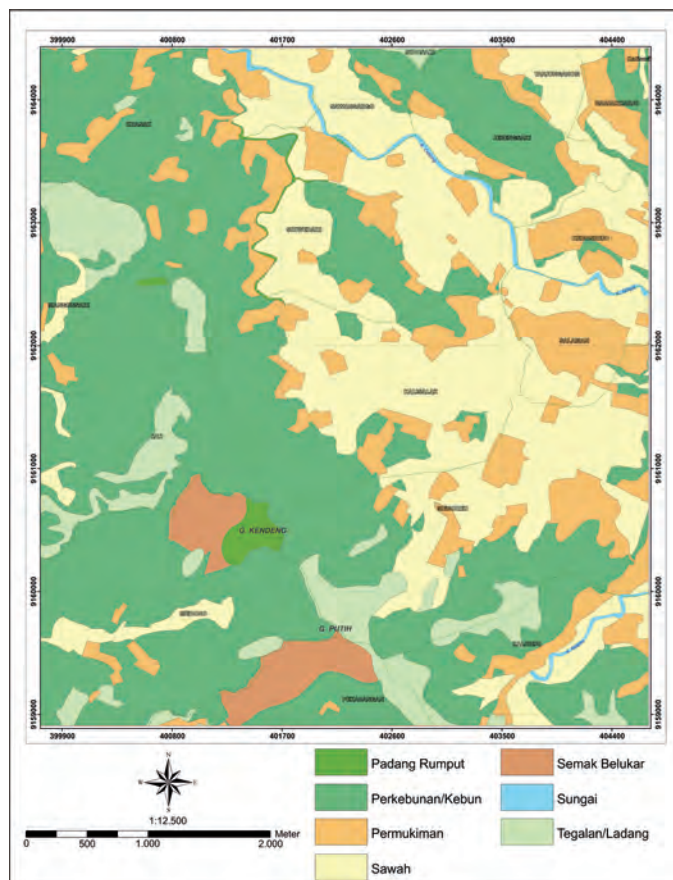
Jarak struktur geologi di daerah penelitian dibagi menjadi 3 satuan yaitu jarak <200 m, jarak 200-400 m, dan jarak >400 m berdasarkan klasifikasi oleh Braathen dan Gabrielsen (2000, dalam Silaban, 2021). Peta Jarak dari Struktur dapat dilihat pada **Gambar 7**.

#### 6. Titik Tanah Longsor

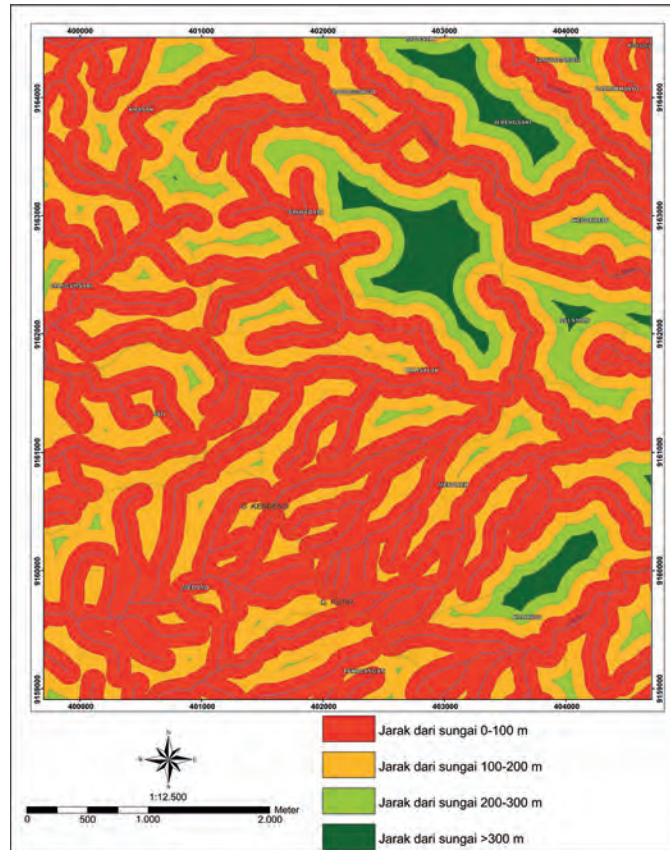
Titik tanah longsor yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data primer yang ditemukan di lapangan maupun data sekunder yang berasal dari BPBD Kabupaten Magelang dan *Google Earth*, dengan total titik tanah longsor sebanyak 85 titik kejadian tanah longsor yang kemudian dibagi menjadi 2 bagian, yaitu 68 titik digunakan perhitungan nilai *frequency Ratio* dan 17 titik digunakan untuk validasi peta kerentanan tanah longsor. Peta Persebaran Titik Tanah Longsor dapat dilihat pada **Gambar 8**.



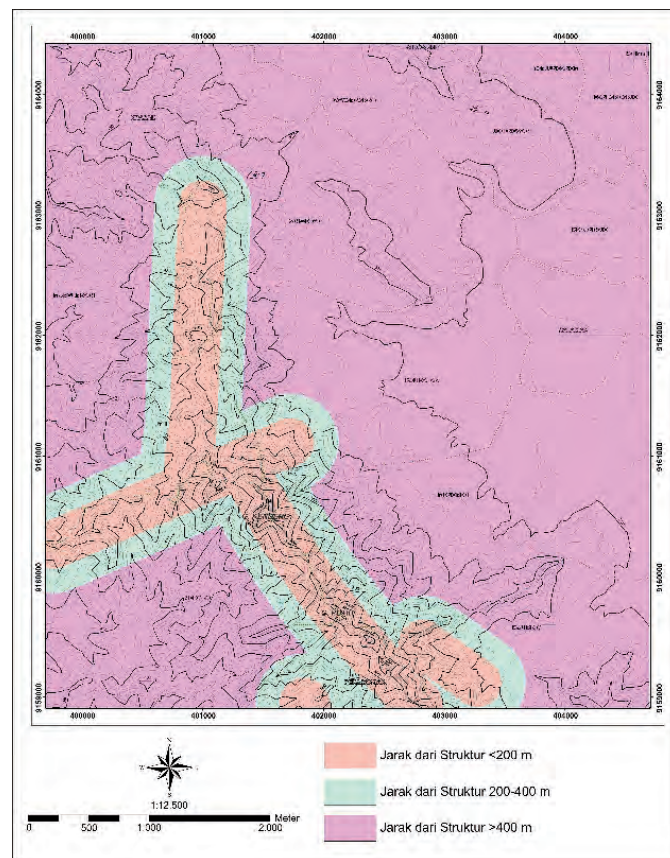
Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng



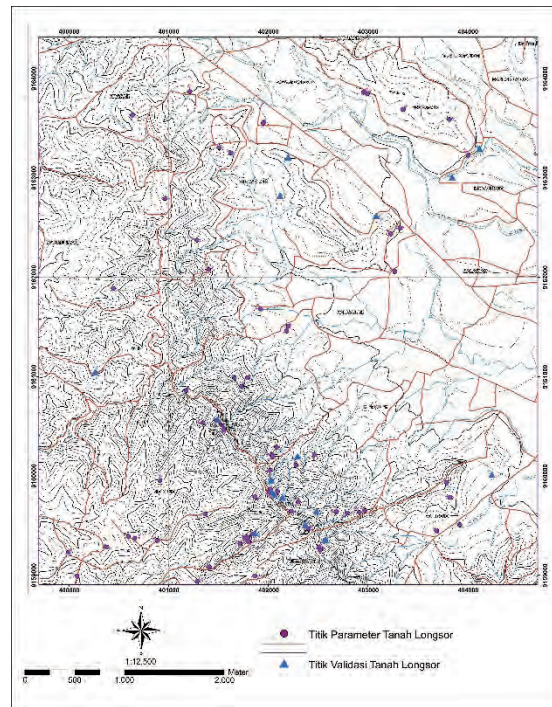
Gambar 5. Peta Tata Guna Lahan



Gambar 6. Peta Jarak dari Sungai



Gambar 7. Peta Jarak dari Struktur



**Gambar 8.** Peta Persebaran Titik Tanah Longsor

Nilai *Frequency Ratio* pada tiap parameter dihitung dengan menggunakan persamaan (1) dan nilai FR tiap parameter dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Perhitungan *Frequency Ratio* pada setiap parameter

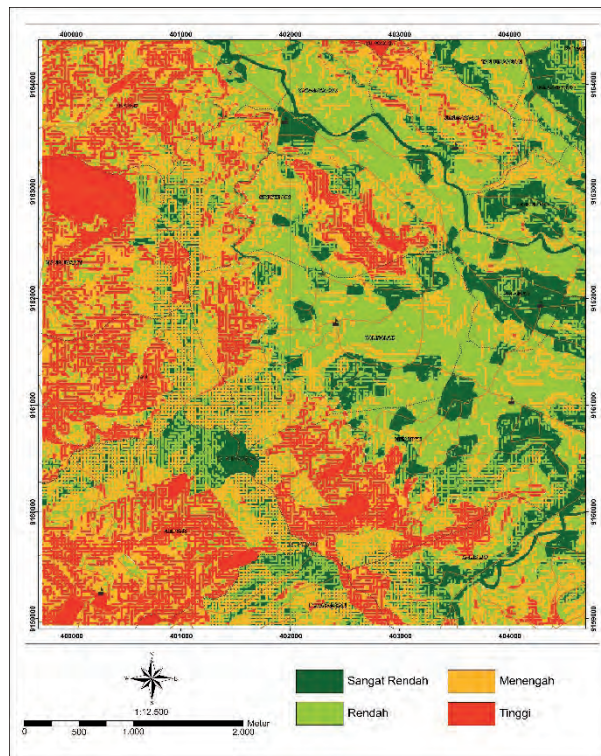
| No | Parameter                 | Class              | Class Pixels | %Class Pixels | Landslide Pixels | %Landslide Pixels | FR      |
|----|---------------------------|--------------------|--------------|---------------|------------------|-------------------|---------|
| 1. | <b>Kemiringan Le-reng</b> | Datar              | 85785        | 31.562855     | 12               | 17.6470588        | 0.55911 |
|    |                           | Landai             | 44657        | 16.430639     | 7                | 10.294117         | 0.62652 |
|    |                           | Agak Curam         | 45522        | 16.748898     | 9                | 13.235294         | 0.79022 |
|    |                           | Curam              | 51857        | 19.079734     | 15               | 22.058823         | 1.15614 |
|    |                           | Sangat Curam       | 43970        | 16.177871     | 25               | 36.764705         | 2.27253 |
|    | Total                     | 271791             |              | 68            |                  | 5.40451           |         |
| 2. | <b>Litologi</b>           | Breksi Piroklastik | 129253       | 46.925327     | 45               | 66.17647          | 1.41025 |
|    |                           | Andesit            | 13306        | 4.830745      | 3                | 4.411764          | 0.91328 |
|    |                           | Breksi Epiklastik  | 13716        | 4.979596      | 7                | 10.294117         | 2.06725 |
|    |                           | Breksi Laharik     | 4855         | 1.762608      | 2                | 2.941176          | 1.66865 |
|    |                           | Tuf-lapili         | 5439         | 1.97463       | 2                | 2.941176          | 1.48948 |
|    |                           | Aluvial            | 108875       | 39.52709      | 9                | 13.235294         | 0.33484 |
|    | Total                     | 275444             |              | 68            |                  | 7.88375           |         |
| 3. | <b>Jarak Struktur</b>     | <200 m             | 32323        | 11.687856     | 21               | 30.882352         | 2.64225 |
|    |                           | 200-400 m          | 30117        | 10.890176     | 11               | 16.17647          | 1.48542 |
|    |                           | >400 m             | 214112       | 77.421967     | 36               | 52.941176         | 0.6838  |
|    |                           | Total              | 276552       |               | 68               |                   | 4.81147 |
| 4. | <b>Jarak Sungai</b>       | 0-100 m            | 159573       | 57.913246     | 46               | 67.647058         | 1.16807 |
|    |                           | 100-200 m          | 81464        | 29.565431     | 16               | 23.529411         | 0.79584 |
|    |                           | 200-300 m          | 24083        | 8.740355      | 4                | 5.882352          | 0.67301 |
|    |                           | >300 m             | 10418        | 3.780966      | 2                | 2.941176          | 0.77789 |
|    |                           | Total              | 275538       |               | 68               |                   | 3.41481 |

| No    | Parameter       | Class            | Class Pixels | %Class Pixels | Landslide Pixels | %Landslide Pixels | FR       |
|-------|-----------------|------------------|--------------|---------------|------------------|-------------------|----------|
| 5.    | Tata Guna Lahan | Padang Rumput    | 2058         | 0.74736       | 4                | 5.882352          | 7.87083  |
|       |                 | Perkebunan       | 128617       | 46.707145     | 29               | 42.647058         | 0.91307  |
|       |                 | Pemukiman        | 40884        | 14.846987     | 10               | 14.705882         | 0.99050  |
|       |                 | Sawah            | 75389        | 27.377446     | 4                | 5.882352          | 0.21486  |
|       |                 | Semak Belukar    | 6970         | 2.531149      | 8                | 11.764705         | 4.64797  |
|       |                 | Sungai           | 1738         | 0.631153      | 0                | 0                 | 0        |
|       |                 | Tegalan / ladang | 19713        | 7.158757      | 13               | 19.117647         | 2.67053  |
| Total |                 |                  | 275369       |               | 68               |                   | 17.30776 |

Nilai *frequency ratio* yang tinggi menunjukkan suatu faktor pengontrol tanah longsor memiliki pengaruh yang besar terhadap terjadinya tanah longsor. Pada perhitungan nilai FR, apabila nilai FR yang dihasilkan oleh suatu parameter lebih dari 1 maka hubungan antara kejadian tanah longsor dengan parameter tersebut semakin besar. Sebaliknya, jika nilai FR yang dihasilkan kurang dari 1 maka hubungan antara kejadian tanah longsor dengan parameter tersebut semakin kecil.

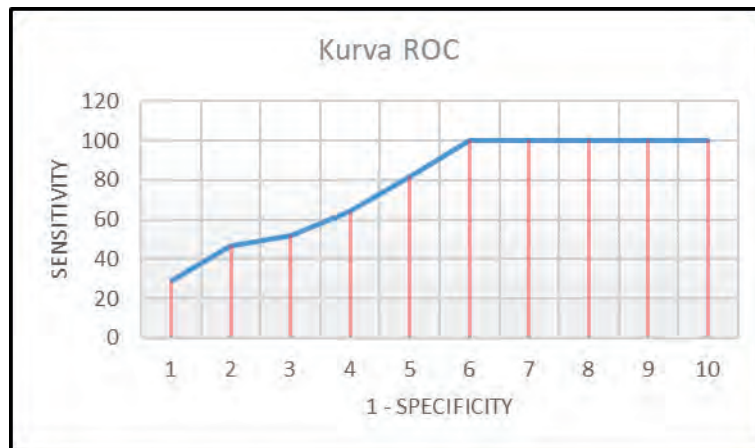
Peta parameter yang telah dibuat dan dihitung nilai FR pada masing-masing satuan parameternya kemudian ditumpangtindihkan menggunakan *tool raster calculator* untuk memperoleh nilai LSI (Landslide Susceptibility Index). Nilai LSI menunjukkan tingkat kerentanan relatif suatu area terhadap tanah longsor atau kemungkinan terjadinya tanah longsor pada suatu daerah. Semakin tinggi nilai LSI maka semakin tinggi kemungkinan terjadinya tanah longsor di daerah tersebut, dan semakin rendah nilai LSI maka semakin rendah kemungkinan terjadinya tanah longsor di daerah tersebut (Pradhan, 2010). Nilai LSI diperoleh melalui rumus (2).

Nilai LSI pada peta kerentanan tanah longsor di daerah penelitian bervariasi dari 16,27 – 52,46. Nilai LSI tersebut kemudian dibagi menjadi 4 kelas interval (SNI 2016) untuk mendapatkan zona kerentanan tanah longsor pada daerah penelitian yaitu sangat rendah (hijau tua), rendah (hijau muda), sedang (kuning), dan tinggi (merah) (**Gambar 9.**).



**Gambar 9.** Peta Kerentanan Tanah Longsor menggunakan Metode *Frequency Ratio*

Hasil analisis kerentanan longsor kemudian divalidasi menggunakan data titik tanah longsor yang ada. Perhitungan tingkat akurasi dilakukan dengan membuat kurva ROC menggunakan validasi titik tanah longsor yang merupakan titik tanah longsor yang berbeda dengan parameter titik tanah longsor yang digunakan untuk membuat peta kerawanan. Titik validasi tanah longsor yang digunakan sebanyak 17 titik atau 20% dari total titik tanah longsor di daerah penelitian (Aditian, Kubota, & Shinohara, 2018). Validasi dilakukan untuk mengetahui nilai akurasi prediksi model dengan menghasilkan nilai LSI yang dibagi menjadi 10 kelas, dan digunakan sebagai sumbu x pada kurva tingkat prediksi yang dibuat. Pada sumbu y, dimasukkan nilai persentase kumulatif kejadian tanah longsor validasi di daerah penelitian. Kemudian nilai *Area Under Curve* (AUC) dihitung untuk mengetahui tingkat akurasi dari peta kerentanan tanah longsor yang telah dibuat (**Gambar 10**).



**Gambar 10.** Kurva Tingkat Prediksi Peta Kerentanan Tanah Longsor dengan Sumbu X berupa Nilai Kelas *Landslide Susceptibility Index* (LSI) dan Sumbu Y berupa Persentase Kumulatif Kejadian Tanah Longsor.

Berdasarkan luasan AUC kurva tingkat prediksi peta kerawanan gerakan tanah daerah penelitian didapatkan nilai AUC sebesar 0,7095 yang mana termasuk ke dalam kelas Good atau baik (Bekkar, dkk., 2010, dalam Baskoro, 2020). Nilai AUC tersebut dihitung menggunakan rumus (3), yaitu dengan menjumlahkan luas seluruh area berupa trapezium dan persegi panjang yang ada dibawah kurva ROC kemudian dibagi 1000 (total luas seluruh area, baik dibawah maupun diatas kurva).

## KESIMPULAN

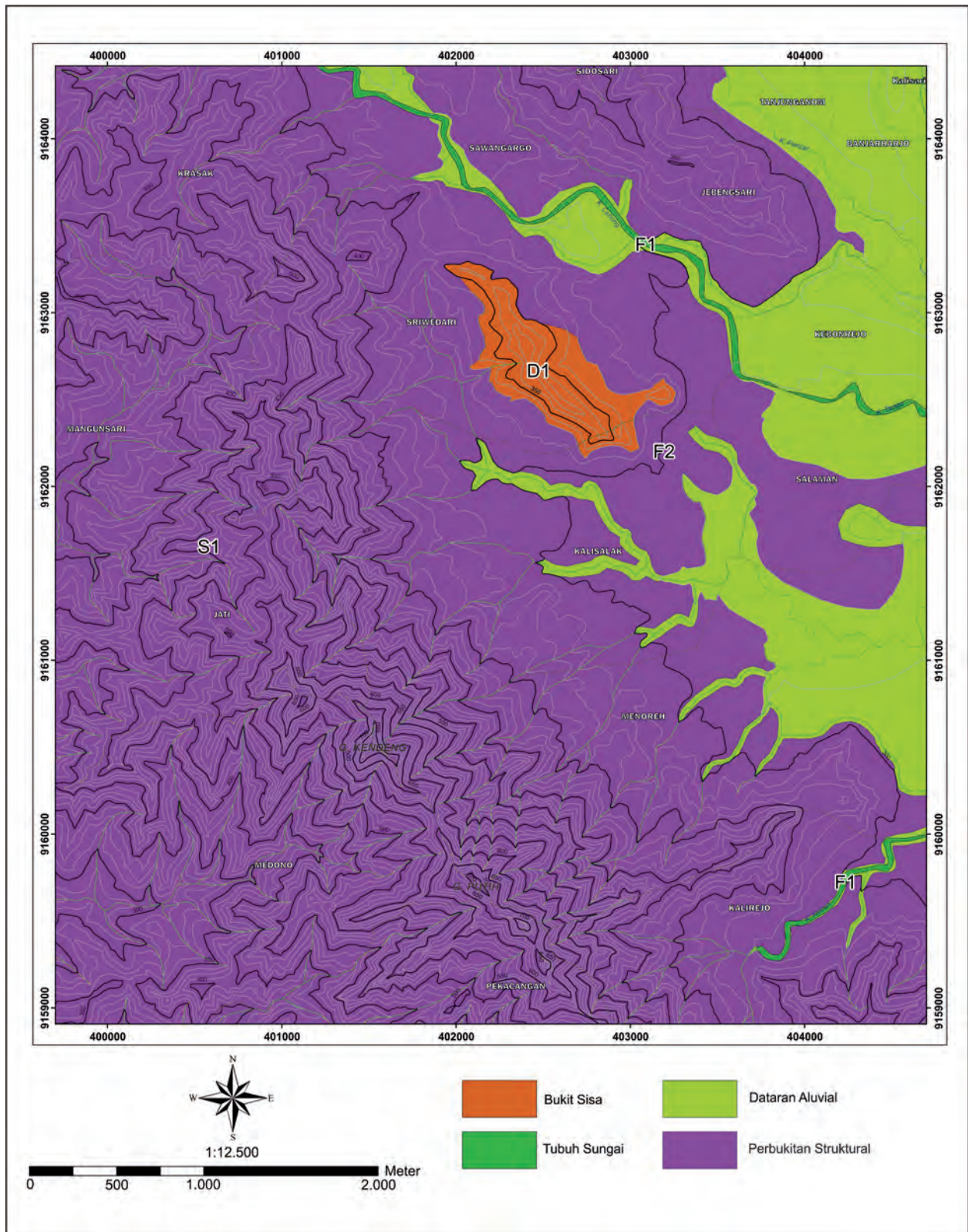
1. Daerah penelitian terdiri atas empat bentuk lahan yaitu Tubuh Sungai (F1), Dataran Aluvial (F2), Perbukitan Struktural (S1), dan Bukit Sisa (D1). Stratigrafi daerah penelitian dari tua ke muda yaitu Satuan Breksi Piroklastik Kaligesing yang berumur Oligosen Akhir, Satuan Lava Andesit Kaligesing yang berumur Oligosen Akhir, Satuan Breksi Epiklastik Kaligesing yang berumur Miosen Awal, Satuan Breksi Laharik Sumbing Tua yang berumur Pleistosen, Satuan Tuf-lapili Sumbing Muda yang berumur Pleistosen, dan Satuan Endapan Aluvial yang berumur Holosen. Struktur Geologi yang berkembang di daerah penelitian berupa sesar mendatar kanan yang ditemukan pada LP 86 dan sesar mendatar kiri yang ditemukan pada LP 7 dengan tegasan utamanya berarah barat – timur.
2. Nilai Frequency Ratio tertinggi pada setiap satuan parameter yaitu satuan kemiringan lereng curam dengan nilai FR 2,272, satuan litologi breksi epiklastik dengan nilai FR 2,158, satuan jarak dari struktur <200 m dengan nilai FR 2,642, satuan jarak dari sungai 0-100 m dengan nilai FR 1,168, dan satuan tata guna lahan padang rumput dengan nilai FR 7,87.
3. Zona kerentanan tanah longsor menggunakan metode Frequency Ratio di Kecamatan Salaman, Kabupaten Magelang, dan Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah, dengan

parameter pengontrol berupa kemiringan lereng, litologi, jarak struktur, jarak sungai, tata guna lahan, dan persebaran titik tanah longsor dibagi menjadi 4 zona kerentanan (SNI 2016) yaitu zona kerentanan sangat rendah dengan pelampiran 15% dari total luas daerah penelitian dan nilai LSI 22,48 – 40,75; zona kerentanan rendah dengan pelampiran 33% dari total luas daerah penelitian dan nilai LSI 40,75 – 46,72; zona kerentanan menengah dengan pelampiran 30% dari total luas daerah penelitian dan nilai LSI 46,72 – 52,87; dan zona kerentanan tinggi dengan pelampiran 22% dari total luas daerah penelitian dan nilai LSI 52,87 – 67,27.

4. Peta kerentanan tanah longsor yang dihasilkan memiliki tingkat akurasi 0,7095 atau 70,95% dan termasuk ke dalam kategori *good*, sehingga layak untuk digunakan.

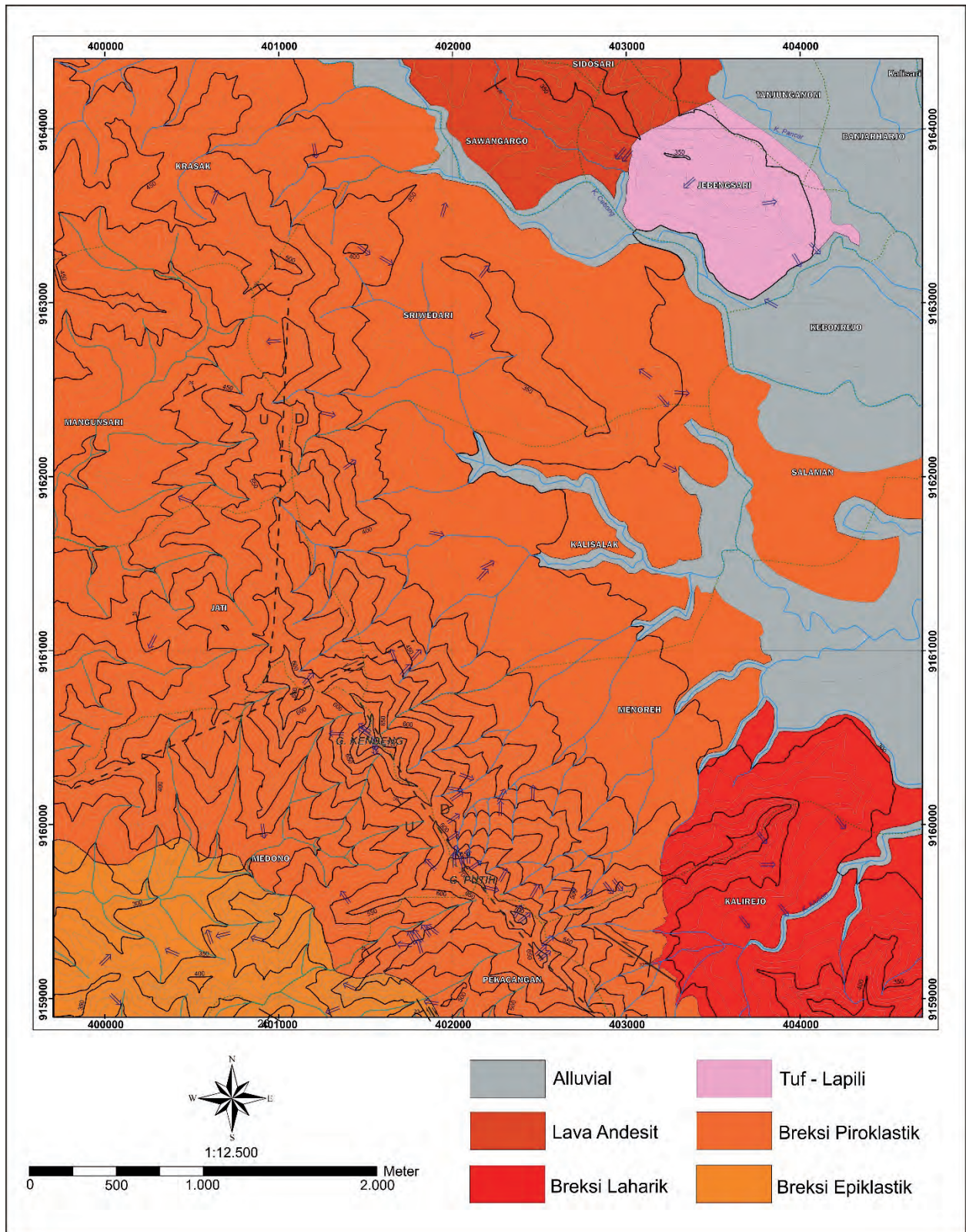
## DAFTAR PUSTAKA

- Adition, A., Kubota, T., & Shinohara, Y. (2018). Comparison of GIS-based landslide susceptibility models using frequency ratio, logistic regression, and artificial neural network in a tertiary region of Ambon, Indonesia. *Geomorphology*, 318, 101-111.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magelang. <https://magelangkab.bps.go.id/>, diakses pada 1 November 2023.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Penyusunan dan Penentuan Zona Kerentanan Gerakan Tanah SNI 8291:2016*. Jakarta.
- Baskoro, E. T. (2020). *Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah dengan Metode Frequency Ratio di Kecamatan Pundong, Kabupaten Bantul, Provinsi D.I. Yogyakarta*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- BPBD Kab. Magelang. <https://sikk.magelangkab.go.id/>, diakses tanggal 9 April 2021.
- Departemen Pekerjaan Umum. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.20/PRT/M/2007: Pedoman Teknik Analisis Fisik & Lingkungan, Ekonomi serta Sosial Budaya dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang*. Direktorat Jendral Penataan Ruang. Jakarta.
- IUGS, S. (1973). Plutonic rocks. Classification and nomenclature recommended by the IUGS Sub-commission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geotimes*. Oct., 26-30.
- Lee, S., Pradhan, B., (2007). Landslide Hazard Mapping at Selangor, Malaysia Using Frequency Ratio and Logistic Regression Models, *Landslide Vol.4*, p. 33-41
- Nugroho, D. D., & Nugroho, H. (2020). Analisis Kerentanan Tanah Longsor Menggunakan Metode Frequency Ratio di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. *Geoid*, 16(1), 8-18.
- Nusantara, Y. P. & Setianto, A. (2015, October). Pemetaan Bahaya Tanah Longsor dengan Metode Frequency Ratio di Kecamatan Piyungan dan Pleret, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. In *PROCEEDING, SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-8 Academia-Industry Linkage 15-16 OKTOBER 2015; GRHA SABHA PRAMANA*. Departemen Teknik Geologi.
- Pemerintah Indonesia. (2007). *Undang-Undang (UU) nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Pettijohn, F. J. (1975). *Sedimentary rocks* (Vol. 3, p. 628). New York: Harper & Row.
- Pradhan, B. (2010). Landslide susceptibility mapping of a catchment area using frequency ratio, fuzzy logic and multivariate logistic regression approaches. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 38, 301-320.
- Pringgoprawiro, H., & Riyanto, B. (1987). Formasi andesit tua suatu revisi. *Proceedings, PIT IAGI XVI, Bandung*.
- Van Zuidam, R. A. (1983). Guide to Geomorphologic aerial photographic interpretation and mapping. *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands*, 325.
- Rahardjo, W. Sukandarrumidi, & Rosidi, HMS (1977), *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa, skala 1: 100.000*. Direktorat Geologi, Bandung.
- Rickard, M. J. (1972). Fault classification: discussion. *Geological Society of America Bulletin*, 83(8), 2545-2546.
- Soeria-Atmadja, R., Maury, R. C., Bellon, H., Pringgoprawiro, H., Polve, M., & Priadi, B. (1994). Tertiary magmatic belts in Java. *Journal of southeast asian earth sciences*, 9(1-2), 13-27.
- Silaban, Poltak Juliatma. (2021). *Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah dengan Metode Frequency Ratio di Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Yogyakarta*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Wilopo, W., & Pradana, I. D. A. (2018, September). Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah Desa Gerbosari dan Desa Sidoharjo, Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo dengan Metode *Frequency Ratio*. In *PROCEEDING, SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-11 PERSPEKTIF ILMU KEBUMIHAN DALAM KAJIAN BENCANA GEOLOGI DI INDONESIA 5-6 SEPTEMBER 2018; GRHA SABHA PRAMANA*.

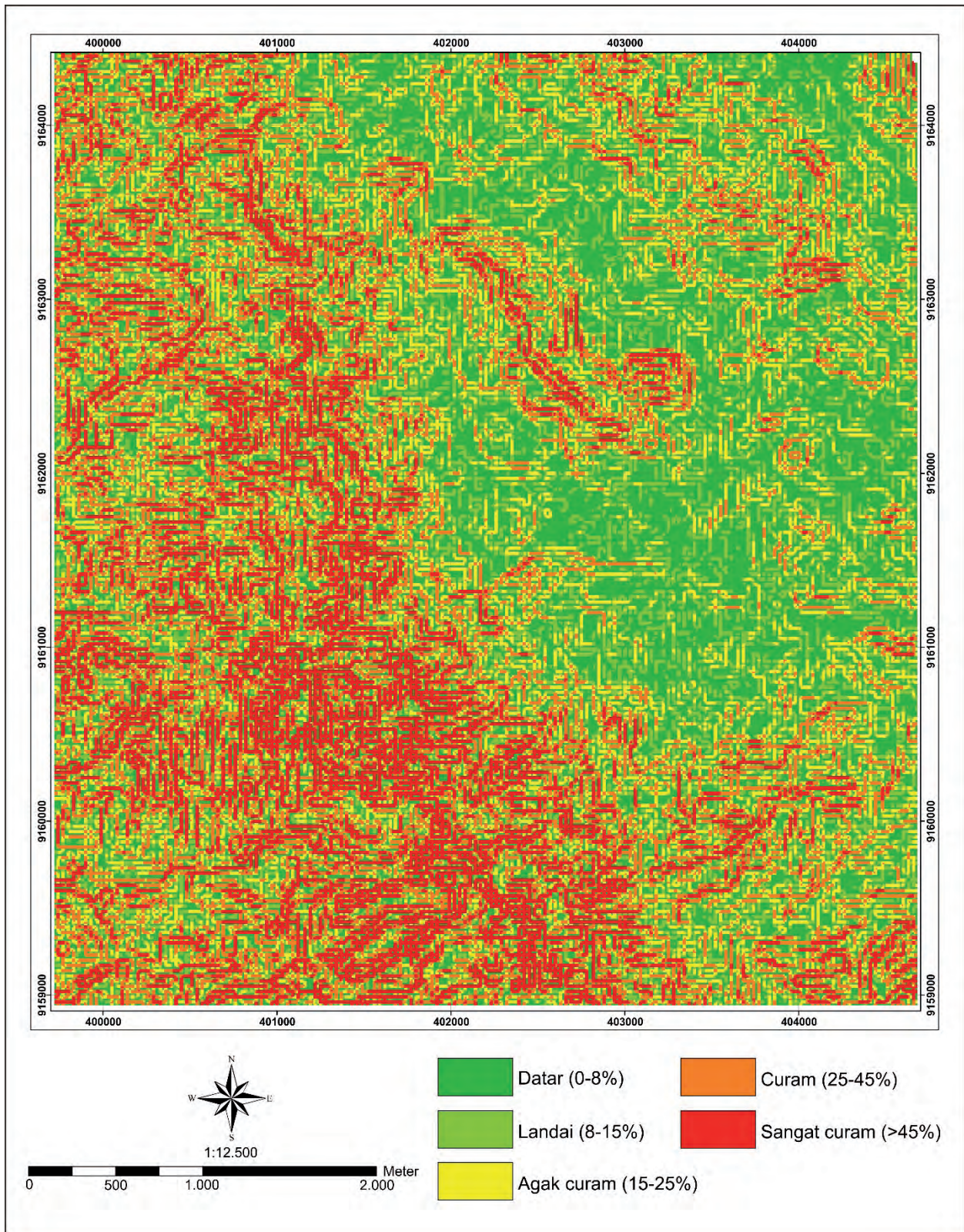


Gambar 2. Peta Geomorfologi

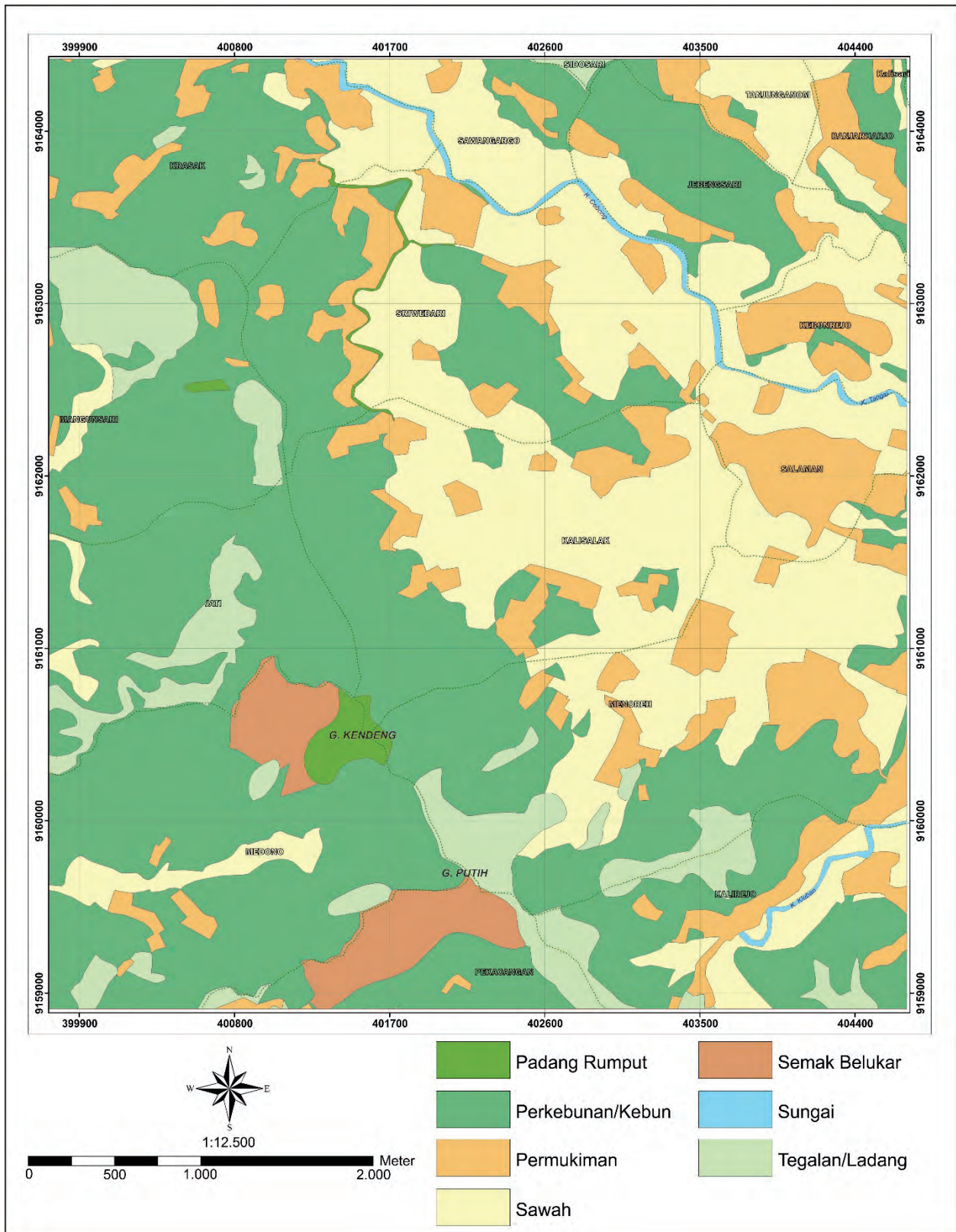




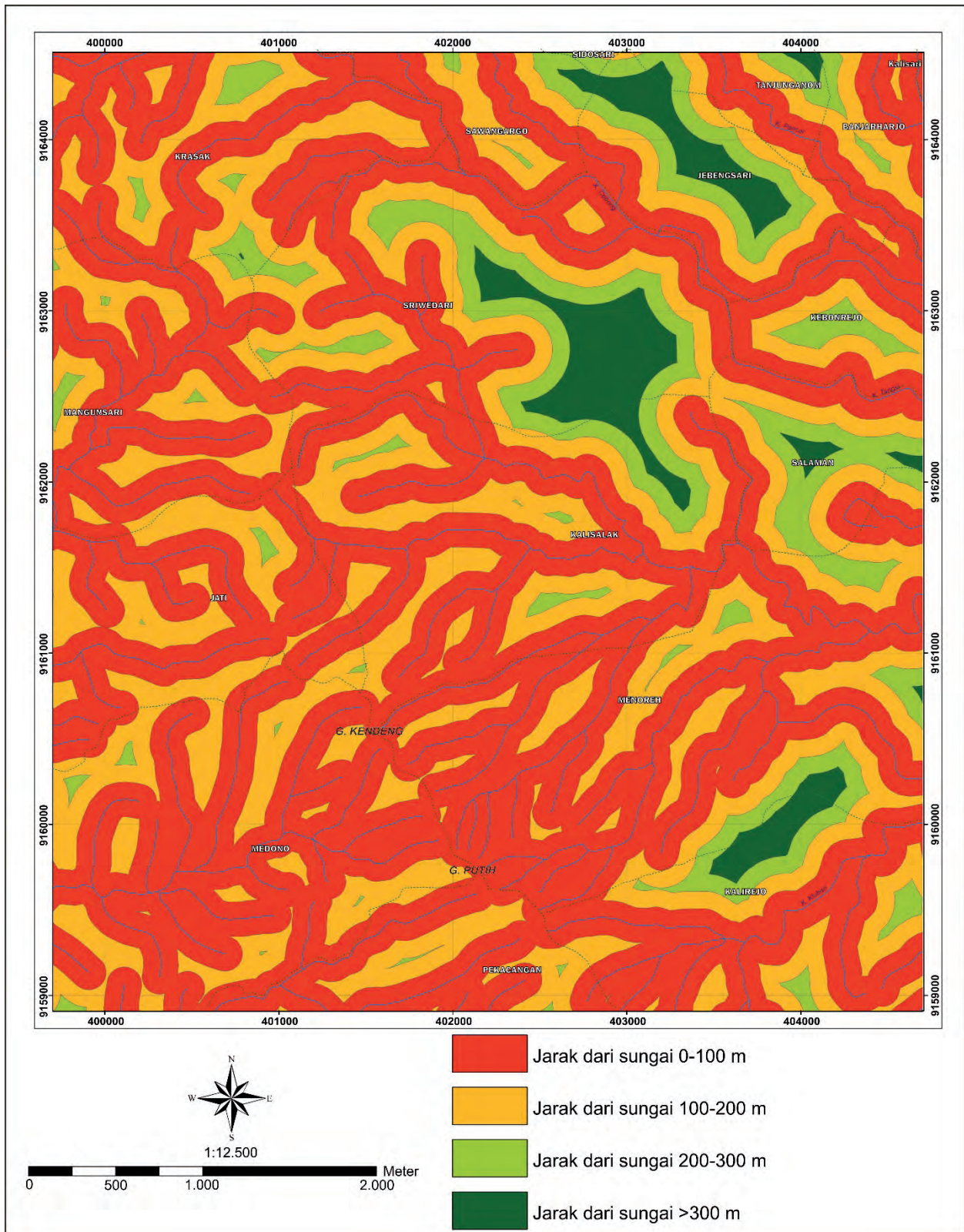
Gambar 3. Peta Geologi



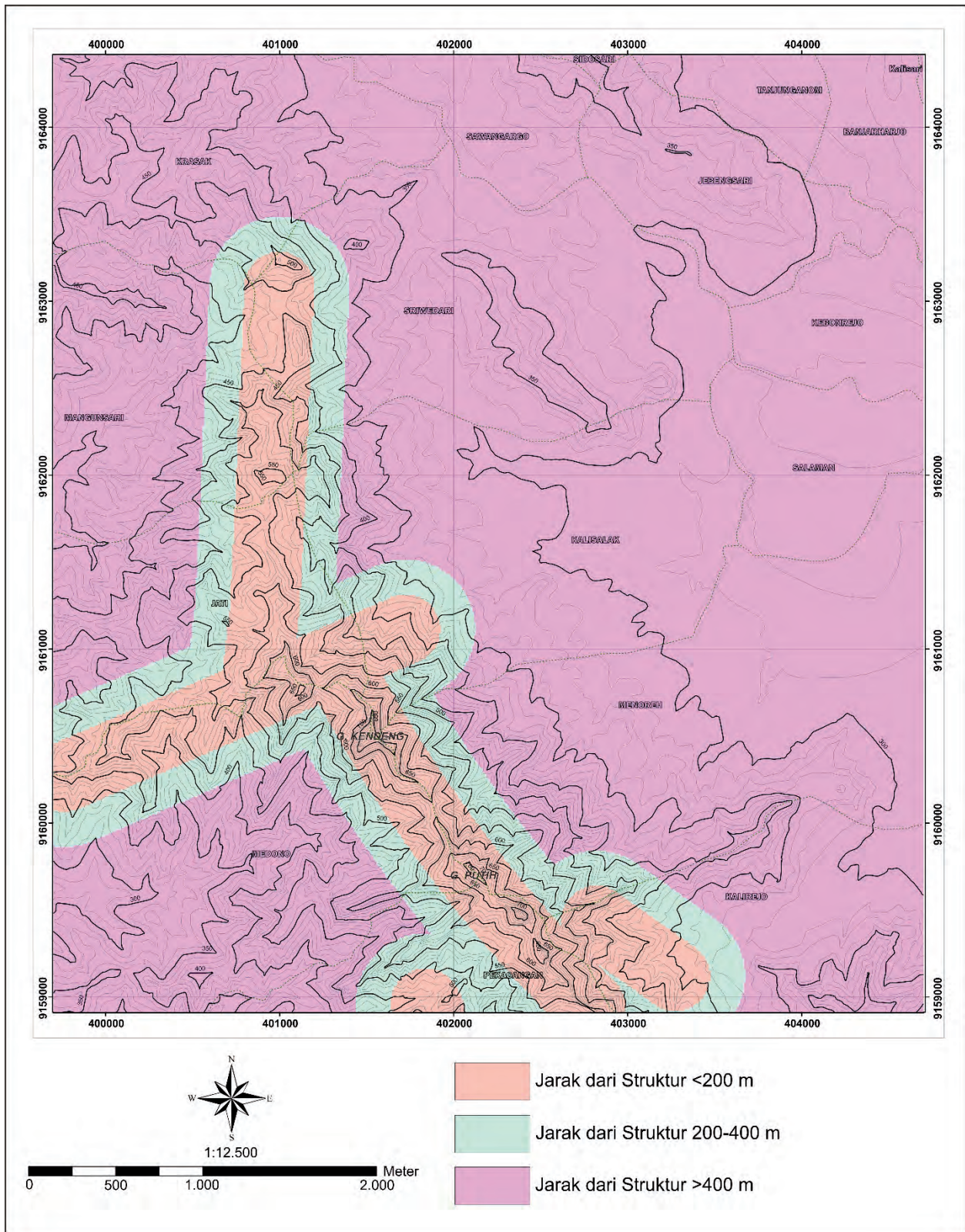
Gambar 4. Peta Kemiringan Lereng



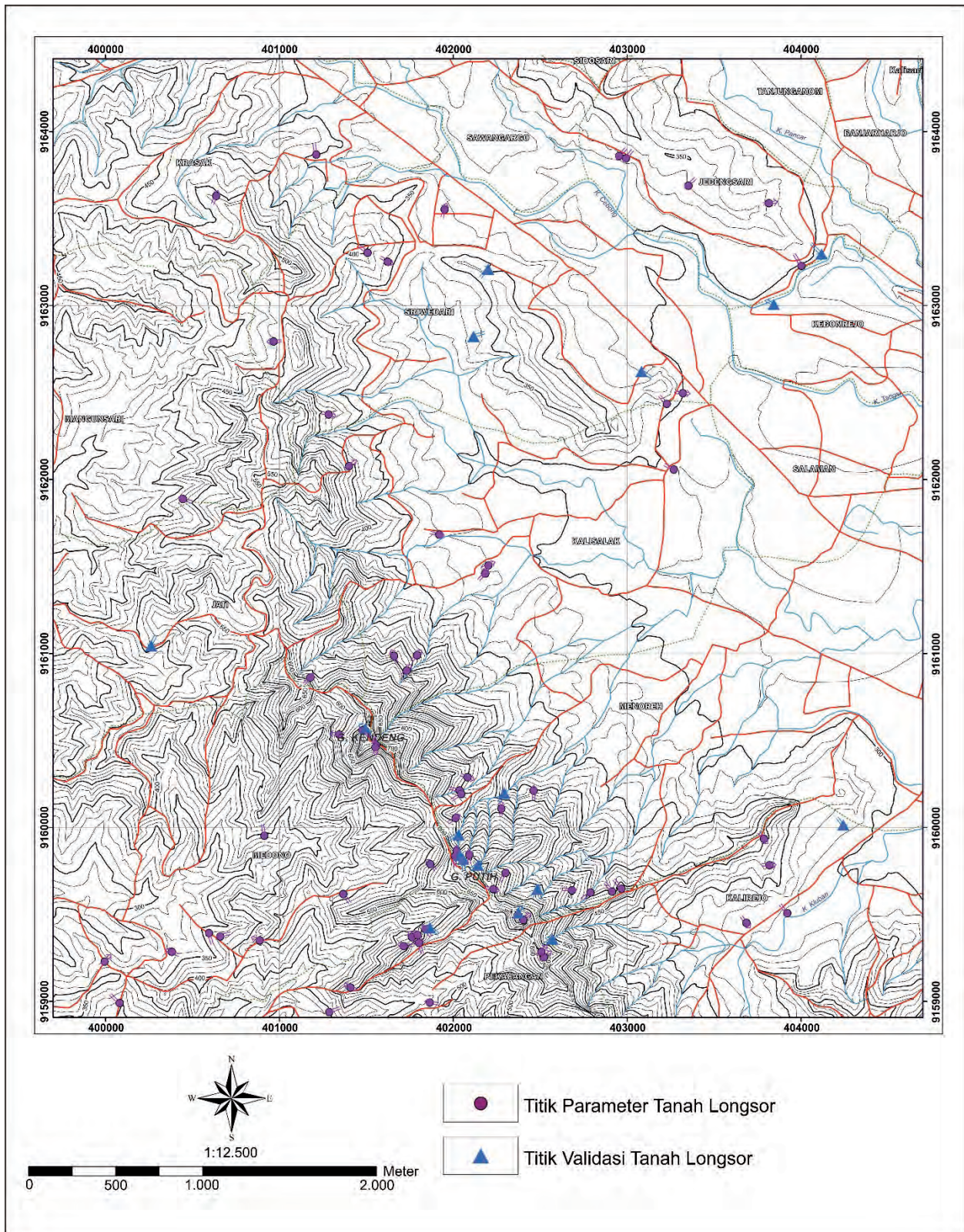
Gambar 5. Peta Tata Guna Lahan



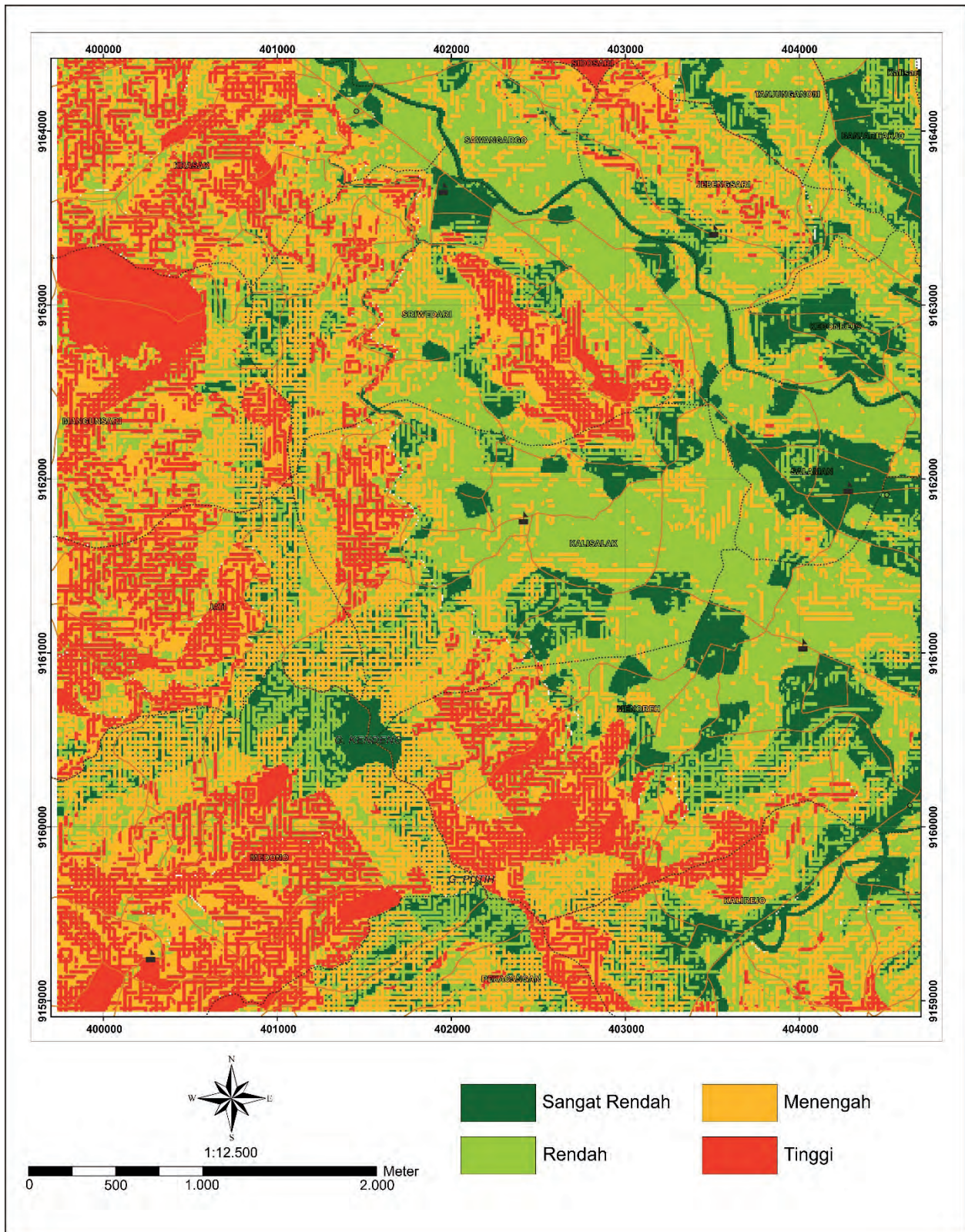
Gambar 6. Peta Jarak dari Sungai



Gambar 7. Peta Jarak dari Struktur



Gambar 8. Peta Persebaran Titik Tanah Longsor



Gambar 9. Peta Kerentanan Tanah Longsor menggunakan Metode *Frequency Ratio*