

ZONASI KERENTANAN PERGERAKAN TANAH MENGUNAKAN METODE *SCORING* DAN PEMBOBOTAN DI KECAMATAN TIRTOMOYO, KABUPATEN WONOGIRI, PROVINSI JAWA TENGAH

FATHUNAJAH ELSHA CHRISTALIANINGSIH^{1*}, ICHA KHAERUNISSA¹, INDAR MERY SULYA
ARIYANI¹, HANA ROSYIDA¹, DEA MUTIARA JANNAH¹, SALMA KHOIRUNISSA¹, NUGROHO
BUDI WIBOWO²

¹Program Studi Fisika, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

Jl. Laksda Adisucipto, Papringan, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa
Yogyakarta 55281

²BMKG Stasiun Geofisika Yogyakarta, BMKG

Jl. Wates Km. 8, Dusun Jitengan, Kel. Balecat, Kec. Gamping, Pereng Kembang, Balecat, Sleman,
Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55294

*Corresponding author

Email: 21106020037@student.uin-suka.ac.id

Diserahkan : 02/04/2024

Diterima : 10/05/2024

Dipublikasikan :06/08/2024

Abstrak. Kecamatan Tirtomoyo merupakan salah satu kecamatan dengan jumlah kejadian tanah longsor yang besar dibandingkan dengan kecamatan lain yang berada di Kabupaten Wonogiri. Banyaknya kejadian tersebut membuat penting untuk dilakukan penelitian guna memetakan zona kerentanan pergerakan tanah pada Kecamatan Tirtomoyo. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode skoring dan pembobotan dari beberapa parameter seperti FFD, kemiringan lereng, dan kekuatan batuan. Dari beberapa parameter tersebut didapatkan parameter keluaran berupa peta zona kerentanan pergerakan tanah di Kecamatan Tirtomoyo. Daerah dengan zona kerentanan tanah yang tinggi berada di Desa Hargorejo, Desa Sidoharjo, Desa Genengharjo, Desa Hargosari, dan Desa Sukoharjo. Beberapa desa tersebut juga memiliki persentase jumlah penduduk yang padat. Persentase jumlah penduduk yang tinggi dengan kerentanan pergerakan tanah yang tinggi dikhawatirkan akan menimbulkan kerugian dan korban jiwa yang besar jika terjadi bencana tanah longsor. Sehingga perlu dilakukan mitigasi bencana pada daerah-daerah yang rentan.

Kata kunci: Pergerakan tanah, Tanah longsor, FFD, Kemiringan lereng, Kekuatan batuan

Abstract. Tirtomoyo is one of the sub-districts with a large number of landslide incidents compared to other sub-districts in Wonogiri Regency. The large number of incidents makes it important to carry out research to map land movement vulnerability zones in Tirtomoyo. The method used in this research is a scoring and weighting method for several parameters such as FFD, slope slope, and rock strength. From these several parameters, the output parameters are obtained in the form of a map of land movement vulnerability zones in Tirtomoyo. Areas with high land vulnerability zones are in Hargorejo Village, Sidoharjo Village, Genengharjo Village, Hargosari Village and Sukoharjo Village. Some of these villages also have a dense population percentage. It is feared that a high percentage of the population with high vulnerability to land movement will result in large losses and casualties if a landslide occurs. So it is hoped that disaster mitigation will be carried out in vulnerable areas.

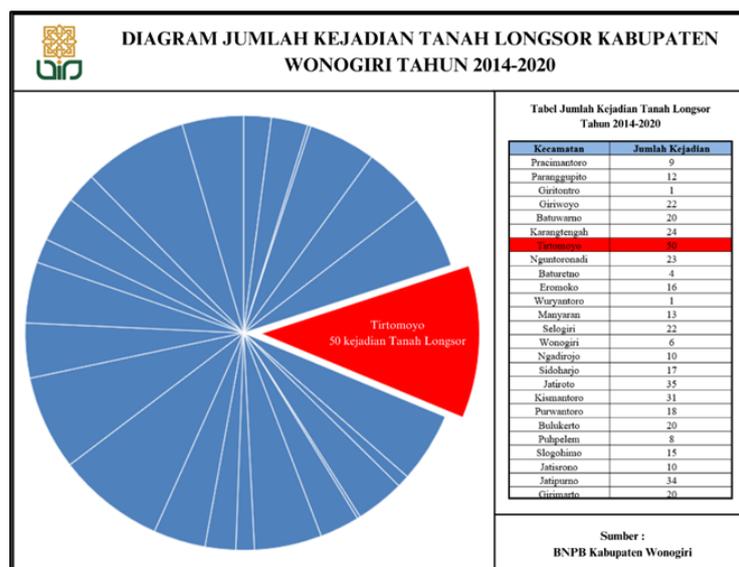
Keywords: Landslide, Land movement, FFD, Slope, Rock strengt

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah kejadian gempa bumi dan memiliki jumlah gunung api yang besar. Indonesia memiliki letak wilayah yang dilewati tiga lempeng benua dan dua lempeng samudra. Letak Indonesia tersebut menyebabkan sering terjadi aktivitas bawah permukaan seperti pergerakan tanah [1]. Pergerakan tanah di Indonesia dipengaruhi oleh tumbukan, geseran, atau subduksi antara lempeng-lempeng tersebut. Tumbukan lempeng dapat menyebabkan terbentuknya lembah, dan palung. Geseran lempeng dapat menyebabkan terjadinya patahan ataupun sesar [2]. Pergerakan tanah biasanya terjadi akibat perubahan posisi maupun bentuk tanah akibat gaya-gaya alam seperti aktivitas vulkanik, aktivitas tektonik, erosi, maupun sedimentasi.

Gerakan tanah merupakan perpindahan massa batuan atau tanah yang disebabkan oleh ketidakseimbangan baik pada arah datar, miring, maupun tegak [3, 4, 5]. Gerakan tanah biasa terdapat pada jenis tanah pelapukan yang berasal dari hasil letusan gunungapi. Tanah ini biasanya dijumpai pada daerah punggung/perbukitan yang berada pada batuan kedap air. Tanah pelapukan memiliki komposisi mineral yang sebagian besar tersusun atas lempung dengan sedikit pasir dan biasanya berada pada kemiringan yang sedang hingga terjal yang berpotensi mengakibatkan bencana yang disebut sebagai tanah longsor [6]. Dalam istilah geologi, tanah longsor dapat diartikan sebagai perpindahan material (batuan/tanah) pembentuk lereng yang bergerak ke tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah [7]. Salah satu wilayah yang sering mengalami tanah longsor adalah Pulau Jawa sepanjang jalur Pegunungan Selatan.

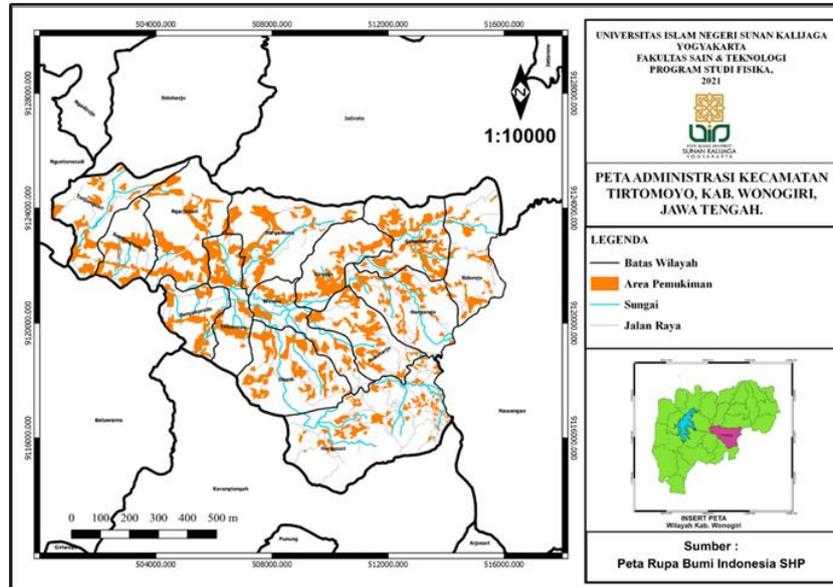
Pegunungan selatan merupakan pegunungan yang berada pada bagian selatan Provinsi Jawa Tengah, yang bermula di bagian tenggara provinsi Yogyakarta menuju arah timur Provinsi Jawa Timur. Daerah penelitian termasuk kedalam wilayah Pegunungan Selatan, yang berada di bagian selatan Provinsi Jawa Tengah, yaitu Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri. Menurut BPS Kabupaten Wonogiri (2023), Kecamatan Tirtomoyo memiliki kejadian tanah longsor yang tinggi dibandingkan wilayah sekitarnya, yaitu 50 kejadian dalam rentang antara tahun 2014-2020 yang dapat dilihat pada (Gambar 1):



Gambar 1. Diagram jumlah kejadian tanah longsor Kabupaten Wonogiri

Daerah penelitian termasuk kedalam wilayah Jawa Tengah, yaitu di Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri. Secara geografis daerah penelitian terletak pada

koordinat $7^{\circ} 54' 31.2084''$ - $8^{\circ} 0' 53.028''$ LS sampai $111^{\circ} 0' 13.7844''$ - $111^{\circ} 8' 44.088''$ BT. Wilayah administrasi kecamatan Tirtomoyo terdiri dari 2 kelurahan dan 12 desa luas wilayah kecamatan Tirtomoyo adalah 9.301,0885 hektar. Peta administrasi daerah penelitian dapat dilihat pada (Gambar 2):



Gambar 2. Peta administrasi Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

Tujuan dari penelitian ini adalah, untuk mengetahui kerentanan pergerakan tanah pada daerah penelitian dengan beberapa parameter, dan untuk menganalisis fenomena alam yang mengakibatkan terjadinya pergerakan tanah sehingga dapat membentuk zonasi kerentanan tanah pada daerah penelitian yang kemudian di korelasikan dengan persebaran pemukiman setempat.

2. Metode Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Wilayah yang menjadi objek penelitian adalah Kecamatan Tirtomoyo merupakan dataran tinggi yang memiliki ketinggian tanah antara 150-1250 meter di atas permukaan air laut. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Data DEMNAS Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah
- Data Shp Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah
- Peta Geologi Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah
- Data kelurusan (*lineament*) daerah penelitian yang dianalisis menggunakan *software Global Mapper*
- Data kemiringan lereng yang berasal dari nilai *slope raster* yang di olah menggunakan *software QGIS*

2.2 Metode

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan kuantitatif menggunakan metode penelitian *scoring*, dan pembobotan. Metode *scoring* merupakan suatu teknik yang bertujuan untuk memberikan nilai (*score*) pada suatu variabel atau objek kajian. Metode *scoring* melibatkan proses perubahan data mentah menjadi angka atau skor [8]. Parameter

masukannya akan diberlakukan model *scoring*, yang kemudian akan menghasilkan klasifikasi tingkat keterkaitan pada parameter keluaran [9]. Rentang klasifikasi pada parameter keluaran dipengaruhi oleh rentang nilai tertinggi (χ_{\max}), rentang nilai terendah (χ_{\min}), dengan jumlah kelas yang diinginkan. Jika jumlah kelas pada parameter keluaran yang diinginkan adalah n , maka rentang skor pada setiap kelasnya adalah

$$\text{Rentang kelas} = \frac{(\text{nilai tertinggi} - \text{nilai terendah})}{n} \quad (1)$$

2.3 Analisis Data

Analisis kerentanan pergerakan tanah menggunakan teknik penginderaan jauh yang didasarkan pada beberapa parameter seperti :

- *Fault Fracture Density* (FFD)

FFD merupakan suatu parameter yang dapat digunakan untuk mengukur kerapatan dari struktur geologi, berupa kelurusan pada punggungan dan lembahan yang terlihat pada data DEMNAS. Kelurusan (*lineament*) yang digunakan untuk mengidentifikasi pola-pola yang berada di permukaan bumi dan dapat digunakan untuk mengetahui informasi yang terkait dengan kondisi bawah permukaan [10]–[12].

- Kemiringan Lereng (*Slope*)

Kemiringan lereng merupakan perbedaan ketinggian yang membentuk sudut kemiringan lereng yang biasanya disajikan dalam satuan derajat atau persentase [13], [14]. Stabilitas lereng sangat bergantung pada massa batuan penyusun lereng tersebut, meliputi jenis batuan dan struktur geologi bawah permukaan pada daerah penelitian [7]. Klasifikasi kemiringan lereng menurut Pola Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (2021) yaitu:

Tabel 1. Klasifikasi kemiringan lereng menurut pola rehabilitasi lahan dan konservasi tanah

Kelas	Kemiringan (%)	Klasifikasi
I	0-8	Datar
II	>8-15	Landai
III	>15-25	Agak Curam
IV	>25-45	Curam
V	>45-100	Sangat Curam

- Uji Kekuatan Batuan

Analisis klasifikasi kekuatan dapat dilakukan menggunakan klasifikasi pada uji tekan kekerasan batuan. Klasifikasi kekuatan batuan menurut Stagg dan Zienkiewics (1969) ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi kekuatan batuan menurut Stagg & Zienkiewics (1969)

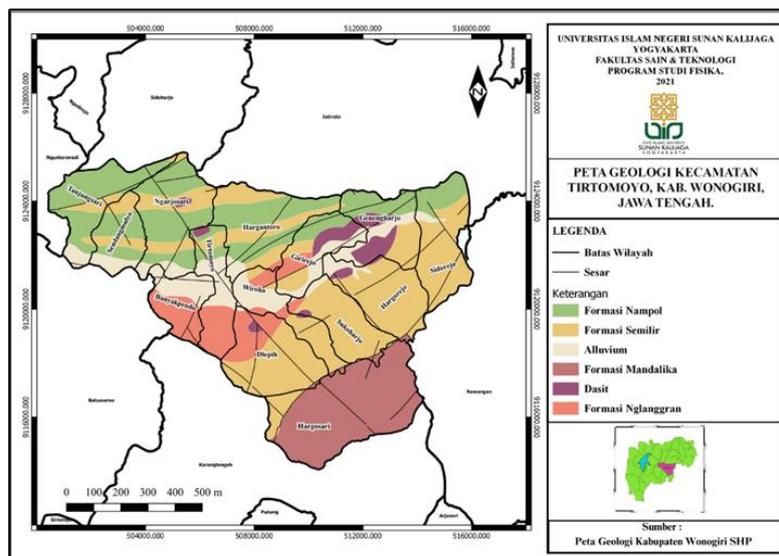
Kelas	Kekuatan	Point-Load Index	Jenis Batuan
A	Sangat Tinggi	>95	Quartzite, Diabase, Danase, Basalt Mayoritas Batuan Beku, Metamorf Keras
B	Tinggi	50-95	Batupasir tersementasi baik, batulempung keras, batugamping keras, dolomites.
C	Sedang	25-50	Batulempung, batupasir porositas baik, batugamping, skis metamorf.
D	Rendah	<25	Batuan porositas baik dan densitas rendah, batulempung pasir, kapur, halite.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Geologi Regional

Kecamatan Tirtomoyo merupakan salah satu kecamatan di Wonogiri yang memiliki struktur bawah permukaan yang menarik. Menurut Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa (Sampurno 1997), Kecamatan Tirtomoyo memiliki stratigrafi yang berumur Tersier dan Quarter mencakup enam formasi geologi dan dilewati oleh tiga sesar aktif. Formasi Nglanggran terdiri atas breksi gunung api dan aglomerat, dengan sisipan tuf dan lava andesit. Sesar yang berada pada daerah penelitian, yaitu Sesar Geser, Sesar Gunung Kukusan, dan Sesar Melokolegi.

Formasi Nampol terdiri dari batupasir tufaan, batulempung, napal pasiran, batupasir gampingan, dan batulempung hitam. Formasi Semilir terdiri atas runtunan turbidit yang dikuasai oleh breksi berbatuapung dan perulangan batupasir kerikilan, batupasir dan batulempung. Formasi Alluvium terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lanau, dan lumpur, sebagai endapan sungai. Dasit terdiri dari 30% plagioklas ($An_{27}-An_{28}$), 10% ortoklas, 10% biotit, 15% kuarsa, 5% hornblende dan 5% mineral bijih, dalam massa dasar mikrolit-plagioklas, kuarsa dan mineral ubahan sekitar 25%. Formasi Mandalika disusun oleh breksi, lava, tufa dengan sisipan batupasir dan batulanau. Peta Geologi pada daerah penelitian dapat dilihat pada (Gambar 3) :



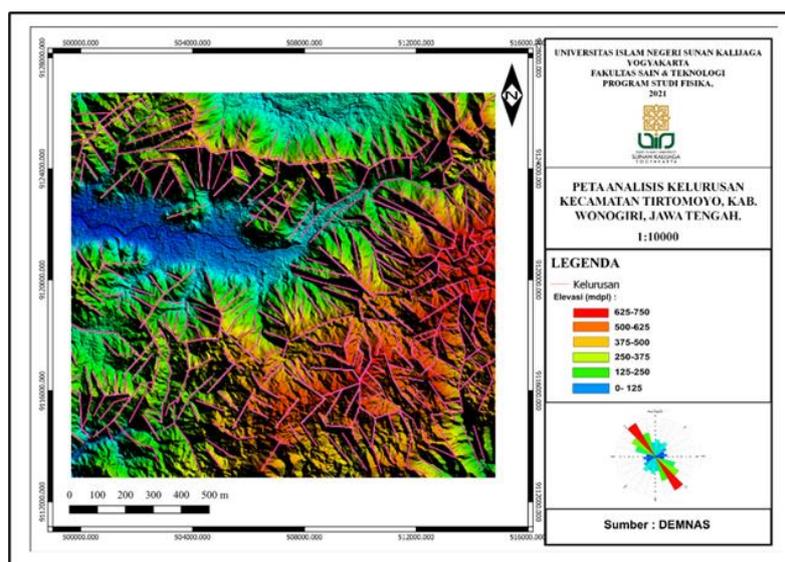
Gambar 3. Peta Geologi Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

3.2 Parameter Uji

Gerakan tanah merupakan suatu perpindahan batuan atau massa jenis tanah karena adanya gangguan kesetimbangan pada arah miring, datar, maupun tegak dari kedudukannya mula-mula. Faktor-faktor yang memengaruhi pergerakan tanah dibagi menjadi dua jenis yaitu faktor aktif dan faktor pasif. Faktor yang bersifat aktif antara lain gempa bumi, aktivitas manusia, getaran tanah akibat seismisitas, dan aliran air yang merubah kemiringan lereng menjadi lebih terjal. Faktor yang bersifat pasif antara lain adalah litologi bawah permukaan, struktur geologi, stratigrafi, topografi, dan material organik [15], [16].

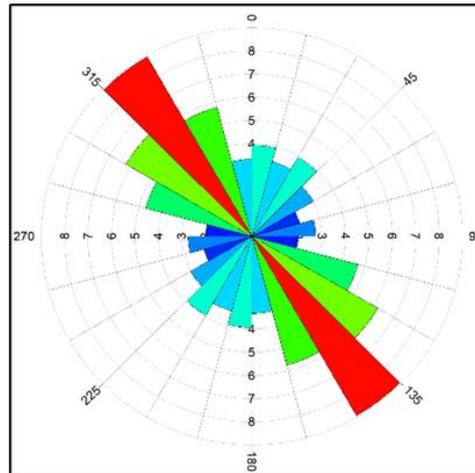
Lokasi penelitian berada di Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Provinsi Jawa Tengah. Kecamatan Tirtomoyo memiliki 12 desa dan 2 kelurahan yang meliputi Desa Hargosari, Desa Dlepih, Desa Wiroko, Desa Sukoharjo, Desa Hrgorejo, Desa Sidorejo, Desa Genengharjo, Desa Girirejo, Desa Hargantoro, Desa Tanjungsari, Desa Banyakprodo, Desa Sendangmulyo, Kelurahan Ngarjosari, Kelurahan Tirtomoyo. Informasi yang diperoleh dari BNPB (2020-2022) bahwa di Kecamatan Tirtomoyo dalam kurun waktu 3 tahun terjadi 75 kejadian gerakan tanah. Akibat gerakan tanah tersebut menyebabkan kerusakan di beberapa ruas jalan, kebun milik warga, maupun rumah-rumah warga. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dan mitigasi bencana tanah longsor berupa pembuatan peta zonasi wilayah yang rentan akan pergerakan tanah menggunakan teknik penginderaan jauh. Teknik ini digunakan untuk menganalisis parameter-parameter terkait akan fenomena gerakan tanah seperti *Fault Fracture Density* (FFD), kemiringan lereng, dan batuan penyusun bawah permukaan.

Parameter yang pertama menggunakan parameter masukan berupa analisis kelurusan secara manual menggunakan data DEMNAS dan *software Global Mapper* yang ditarik berdasarkan pola punggungan dan lembahan yang terlihat pada wilayah penelitian. Pada bidang ilmu geologi, keberadaan punggungan dan lembahan ini dapat memberikan informasi terkait aktivitas bawah permukaan pada suatu wilayah. Berikut analisis kelurusan yang telah dibuat pada wilayah kajian:



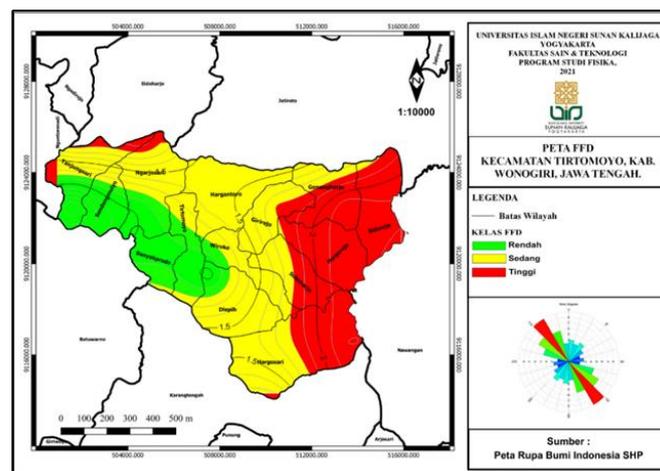
Gambar 4. Peta Analisis Kelurusan Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

Parameter masukan diatas kemudian diolah menggunakan *software Rockwork* yang menghasilkan diagram mawar dan *software Surfer* yang menghasilkan parameter keluaran berupa peta FFD wilayah penelitian. Digram mawar merupakan suatu diagram yang dapat menggambarkan arah dominan kelurusan yang telah dibuat pada suatu wilayah penelitian. Diagram mawar yang didapat dari analisis manual pada Kecamatan Tirtomoyo memiliki arah dominan kelurusan pada arah Tenggara-Baratlaut. Arah dominan kelurusan ini selaras dengan keberadaan sesar geser yang memotong wilayah Kecamatan Tirtomoyo pada (Gambar 3) dengan arah yang sama dengan diagram mawar. Diagram mawar yang terbentuk pada wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Peta Administrasi Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

Parameter keluaran berupa peta FFD pada wilayah kajian dilakukan pembobotan atau klasifikasi kerapatan dari yang renggang sampai yang rapat. Klasifikasi ini terbagi menjadi tiga kelas kerapatan yaitu kelas rendah, sedang, dan tinggi. Pola FFD yang terbentuk pada wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



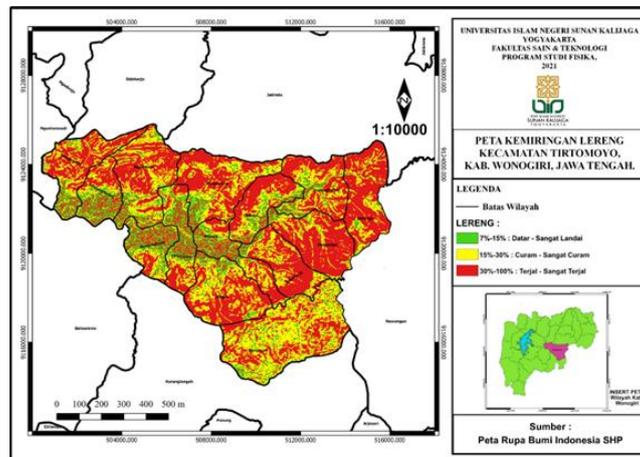
Gambar 6. Peta FFD Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

Tabel 3. Modifikasi Klasifikasi Nilai FFD

Klasifikasi	Nilai (km/km^2)	Bobot
Rendah	0.5-1.1	1
Sedang	>1.1-1.7	2
Tinggi	>1.7-2.3	3

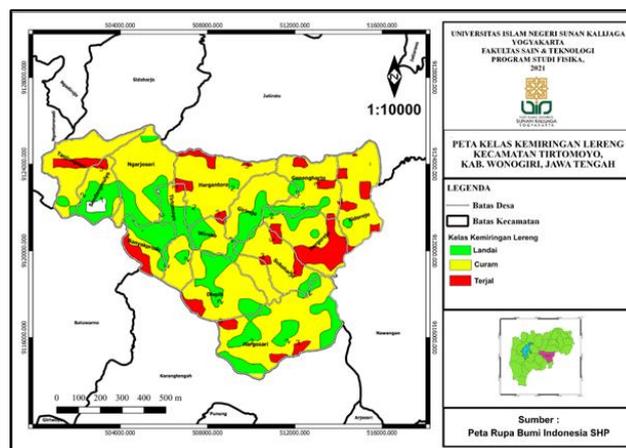
Dari analisis FFD yang telah dilakukan di dapat bahwa kerapatan yang tinggi didominasi pada bagian Timur wilayah Kecamatan Tirtomoyo yaitu pada Desa Hargosari, Desa Sidorejo, Desa Sukoharjo, Desa Hargorejo, dan Desa Genengharjo. Nilai kerapatan yang tinggi mengindikasikan bahwa daerah tersebut memiliki pengaruh struktur yang tinggi, yang berarti aktivitas bawah permukaan daerah tersebut juga lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lainnya.

Parameter kedua merupakan analisis kemiringan lereng di wilayah Kecamatan Tirtomoyo. Parameter masukan didapatkan dari data DEM SRTM berupa kemiringan lereng pada wilayah penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Kemiringan Lereng Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

Dari parameter masukan diatas, kemudian dilakukan pembobotan berupa klasifikasi kelas kemiringan yang terbagi menjadi tiga kelas yaitu landai, curam dan terjal. Dari klasifikasi dan pembobotan kemiringan lereng Kecamatan Tirtomoto didapatkan parameter keluaran berupa peta kemiringan lereng hasil pembobotan yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Peta hasil pembobotan kemiringan lereng Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

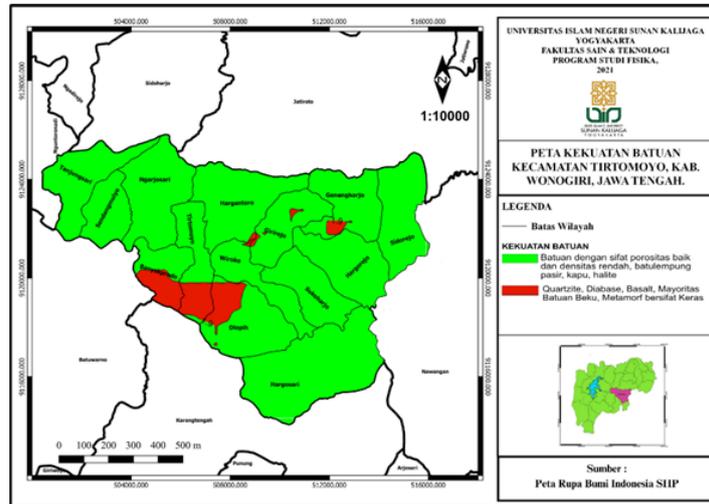
Tabel 4. Modifikasi klasifikasi kemiringan lereng pola rehabilitas lahan dan onservasi tanah (2021)

Kelas Lereng (%)	Klasifikasi	Bobot
7-15	Landai	1
15-30	Curam	2
30-100	Terjal	3

Pada pembobotan zonasi kemiringan lereng dimulai dari kelas pertama kemiringan 7-15% dengan nilai bobot 1, kelas kedua 15-30% dengan nilai bobot 2 dan kelas ketiga yaitu kemiringan lereng yang lebih dari 30-70% dengan nilai bobot 3. Daerah yang memiliki kemiringan lereng yang terjal tersebar di seluruh wilayah di Kecamatan

Tirtomoy, hal ini dikarenakan pada wilayah penelitian didominasi oleh dataran tinggi antara rentang 150-1250 m diatas permukaan laut.

Parameter ketiga menggunakan analisis kekuatan batuan pada daerah penelitian. Analisis kekuatan batuan ini didasarkan pada (Gambar 3) yaitu peta geologi wilayah kajian dengan menganalisis batuan penyusun pada masing-masing formasi. Analisis ini kemudian dilakukan pembobotan yang dapat dilihat pada Gambar 9.



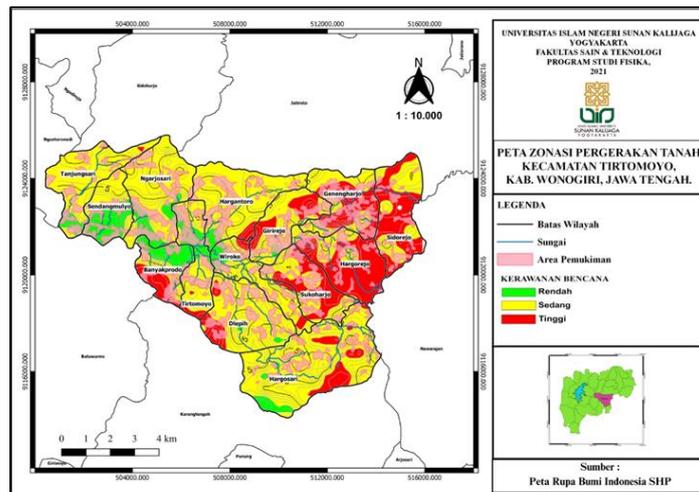
Gambar 9. Peta Kekuatan Batuan Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

Tabel 5. Modifikasi Klasifikasi Kekuatan Batuan Stagg & Zienkiewics (1969)

Batuan Penyusun	Bobot
Batuan dengan sifat porositas baik dan densitas rendah, batu lempung, batupasir, helite	1
<i>Quartzite, diabase, basalt</i> , mayoritas batuan beku dan metamorf yang bersifat keras.	2

3.3 Pembahasan

Dari parameter-parameter yang telah diuji sebelumnya, kemudian dilakukan analisis dan pembobotan dengan menjumlahkan parameter tersebut dan dihasilkan peta zonasi kerawanan tanah yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Peta Zonasi Pergerakan Tanah Kecamatan Tirtomoyo, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah

Tabel 6. Nilai Pembobotan Zona Kerentanan Pergerakan Tanah

Nilai Pembobotan	Potensi Pergerakan Tanah
2 - 4	Rendah
>4-6	Sedang
>6-8	Tinggi

Kecamatan Tirtomoyo merupakan salah satu wilayah di Kabupaten Wonogiri yang setiap tahunnya memiliki jumlah kejadian tanah longsor yang besar dibanding dengan wilayah lainnya. Menurut BPS (2023) didapatkan data jumlah kejadian tanah longsor pada rentang tahun 2020-2022 dan persentase jumlah penduduk pada tahun 2023 pada masing-masing desa/kelurahan yang berada di Kecamatan Tirtomoyo seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Persentase Jumlah Penduduk Tahun 2023 & Data Kejadian Bencana Tanah Longsor Tahun 2020-2022 BPS (2023)

Nama Desa / Kelurahan	Jumlah penduduk 2023 (%)	Tahun		
		2020	2021	2022
Hargosari	9.00	1	3	29
Dlepih	6.32	-	-	1
Wiroko	5.28	-	-	2
Sukoharjo	9.64	-	-	9
Hargorejo	6.02	-	9	4
Sidorejo	11.44	-	1	1
Genengharjo	4.46	-	-	1
Girirejo	5.27	-	-	2
Hargantoro	9.49	6	-	3
Tirtomoyo	9.73	-	-	-
Banyakprodo	6.20	-	-	2
Ngrajosari	7.00	-	-	-
Sendangmulyo	5.35	1	-	-
Tanjungsari	4.80	-	-	-
Kecamatan Tirtomoyo	100	8	13	54

Dari peta zonasi kerentanan pergerakan tanah dan jumlah kejadian tanah longsor pada rentan tahun 2020-2022 memiliki korelasi. Wilayah-wilayah yang memiliki kerentanan pergerakan tanah yang tinggi akan berkorelasi dengan besarnya jumlah kejadian tanah longsor pada daerah tersebut. Hal ini dapat dilihat bahwa persebaran nilai kerentanan pergerakan tanah yang tinggi, yaitu di dominasi pada bagian Timur dari Kecamatan Tirtomoyo terdapat pada Desa Hargorejo, Desa Sidoharjo, Desa Genengharjo, Desa Hargosari, dan Desa Sukoharjo. Dari beberapa desa tersebut juga dapat dilihat bahwa jumlah penduduk yang tinggal di daerah dengan kerentanan pergerakan tanah yang tinggi memiliki populasi yang cukup padat. Kondisi dikhawatirkan akan menyebabkan korban jiwa atau kerugian yang besar ketika terjadi bencana tanah longsor, sehingga diharapkan pemerintah setempat untuk melakukan mitigasi bencana tanah longsor dan relokasi pemukiman pada daerah-daerah yang memiliki zona kerentanan pergerakan tanah yang tinggi.

4. Kesimpulan

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa Kecamatan Tirtomoyo merupakan kecamatan yang memiliki jumlah kejadian tanah longsor yang besar dibandingkan

dengan kecamatan lainnya di Kabupaten Wonogiri. Banyak jumlah kejadian tanah longsor ini disebabkan oleh aktivitas pergerakan tanah di wilayah penelitian. Pergerakan tanah dapat diidentifikasi menggunakan beberapa parameter antara lain FFD, kemiringan lereng, dan kekuatan batuan penyusun bawah permukaan. Kemudian dilakukan pembobotan dan skoring pada masing-masing parameter. Dimana daerah yang memiliki akumulasi bobot nilai yang tinggi pada masing-masing parameter akan menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki kerentanan pergerakan tanah yang tinggi pula.

Daerah-daerah yang memiliki kerentanan pergerakan tanah yang tinggi berada di bagian Timur Kecamatan Tirtomoyo, yaitu Desa Hargorejo, Desa Sidoharjo, Desa Genengharjo, Desa Hargosari, dan Desa Sukoharjo. Hal tersebut juga berkorelasi dengan data jumlah kejadian bencana tanah longsor, bahwa daerah-daerah yang memiliki kerentanan pergerakan tanah yang tinggi memiliki kejadian tanah longsor yang cukup banyak. Selain itu, daerah dengan kerentanan tanah yang tinggi juga memiliki persentase jumlah penduduk yang cukup padat, sehingga diharapkan pemerintah setempat waspada, dan melakukan mitigasi bencana tanah longsor pada daerah-daerah yang rentan.

Daftar Pustaka

1. R. Riyadi. (2019). "Analisis Peta Bentuk Rupa Bumi Dalam Menentukan Lokasi Dari Pengaruh Tsunami Di Kabupaten Cilacap," *IJTIMAIYA J. Soc. Sci. Teach.*, vol. 3, no. 2, doi: 10.21043/ji.v3i2.6293.
2. Djaja and I. Pratomo (2009). "Potensi Bencana Alam Gempa Bumi dan Gerakan Tanah, di Kawasan Taman Nasional Gunung Ciremai dan Sekitarnya," *J. Biol. Indones.*, vol. 5, no. 3, pp. 339–354.
3. A. Chandra *et al.* (2016). "Analisis Potensi Pergerakan Tanah Longsor Di Gegebitung Kabupaten Sukabumi," *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 2, no. 2, pp. 41–48.
4. A. S. Fajarulloh, K. L. Ariwibowo, and A. N. Habib. (2020) "Analisis Gerakan Tanah di Daerah Sekaran dan Sekitarnya Beserta Rekomendasi Penanggulangannya," *Paradig. J. Multidisipliner Mhs. Pascasarj.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10.
5. E. Febriarta and Y. A. Wibowo, "Kerentanan Gerakan Tanah Menggunakan Teknik Geospasial Statistik Di Macang Pacar, Nusa Tenggara Timur," *J. Geogr. Media Inf. Pengemb. dan Profesi Kegeografian*, vol. 18, no. 1, pp. 9–20, 2021, doi: 10.15294/jg.v18i1.26234.
6. A. R. Putri, "Identifikasi Daerah Rawan Tanah Longsor Menggunakan SIG (Sistem Informasi Geografis) (Studi Kasus : Kabupaten Kediri)," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.17237.
7. R. T. Saputra, S. R. Utami, and C. Agustina, "Hubungan Kemiringan Lereng Dan Persentase Batuan Permukaan Terhadap Longsor Berdasarkan Hasil Simulasi," *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 9, no. 2, pp. 339–346, 2022, doi: 10.21776/ub.jtsl.2022.009.2.14.
8. M. Sholahuddin DS, "Metode Skoring Dan Pembobotan," *Sist. Informasi, Fasilkom, Udinus*.
9. D. M. Sihotang, "Metode Skoring dan Metode Fuzzy dalam Penentuan Zona Resiko Malaria di Pulau Flores," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 4, 2016, doi: 10.22146/jnteti.v5i4.278.
10. S. Sulistyono, "Analisis Rawan Bencana Tanah Longsor Di Kecamatan Ratahan

- Timur,” vol. 7, no. 1, pp. 164–175, 2020.
11. D. Wahyono, S.C., Rifkiati., Zulfian, M.E., Faisal, A., & Monalisa, “Penentuan Lapisan Bawah Permukaan di Tempat Pengolahan Akhir Sampah (TPAS) Banjarbaru dengan Metode Geolistrik,” *J. Fis. FLUX*, vol. 7, no. 2, pp. 185–192, 2010.
 12. A. F. Sandi and E. Sutriyono, “Analisis Kelurusan Struktur Geologi Di Desa Karang Tengah Dan Sekitarnya , Kabupaten Bogor , Jawa Barat Lineament Analysis in Karang Tengah Village and Surrounding Village , Bogor District , West Java,” vol. IV, pp. 90–103, 2023.
 13. M. R. Devara, S. Sutoyo, and M. I. Rau, “Analisis Spasial Sebaran Pemukiman terhadap Kemiringan Lereng di Kota Depok,” *J. Tek. Sipil dan Lingkungan.*, vol. 8, no. 1, pp. 47–56, 2023, doi: 10.29244/jsil.8.1.47-56.
 14. D. Lesmana, M. Fauzi, B. Sujatmoko, M. Jurusan, T. Sipil, and D. Jurusan, “Analisis kemiringan lereng daerah aliran sungai kampar dengan titik keluaran waduk plta koto panjang,” *Jom FTEKNIK*, vol. 8, pp. 1–7, 2021.
 15. Nadia Aisa Pratiwi, “Identifikasi Potensi Pergerakan Tanah Berdasarkan Analisis Ground Shear Strain (Gss) Di Kampung Cemara, Desa Sukorejo, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang,” *Skripsi*, 2020.
 16. T. T. Polanunu, E. Sukiyah, and A. D. Haryanto, “Analisis Kerapatan Kelurusan (Liniament Density) Untuk Pendugaan Zona Permeabilitas Di Daerah Gunung Patuha,” vol. 4, no. 5, pp. 393–400, 2020.