



ANALISIS STABILITAS LERENG MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DI KAWASAN GUNUNGLARANG, KABUPATEN MAJALENGKA

Rio Bagas Prakoso^{1*}, *Elisabet Dwi Mayasari*²

^{1,2}Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM. 32, Indralaya, Kab. Ogan Ilir, Sumsel 30662

*Korespondensi e-mail: rbprakoso05@gmail.com

SARI

Analisis kestabilan lereng digunakan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan atau keruntuhan lereng. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan potensi longsor, menghitung besarnya bidang geser untuk kestabilan lereng dan menghitung kuat geser yang menyebabkan terjadinya longsor. Daerah Jawa Barat merupakan salah satu daerah yang sering terjadi bencana longsor, tepatnya pada Kabupaten Majalengka. Litologi batuan di daerah penelitian ini berupa batupasir, batuserpih, batulempung dan breksi. Batupasir dan batuserpih merupakan batuan yang paling dominan dengan luasan hampir 50% dari daerah penelitian dan berpotensi mengalami keruntuhan lereng. Metodologi penelitian menggunakan penginderaan jauh seperti data multispektral landsat TM dan Radarsat SAR untuk mendapatkan faktor penting dalam menentukan kestabilan lereng, sudut kemiringan (α) berasal dari *Digital Elevation Model* (DEM) yang dihasilkan dari data stereo Radarsat SAR, parameter indeks vegetasi dengan menerapkan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Hasil penelitian berupa peta-peta berbagai parameter yang dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi analisis stabilitas lereng dan dapat berguna bagi wilayah Jawa Barat khususnya Daerah Gununglarang.

Kata kunci: Stabilitas lereng, vegetasi, penginderaan jauh, DEM

ABSTRACT

Slope stability analysis is used to minimize the occurrence of damage or slope collapse. This research aims to determine the safety factor for potential landslides, calculate the magnitude of the shear plane for slope stability and calculate the shear strength that causes landslides. The West Java area is one of the areas that often occurs landslides, precisely in Majalengka Regency. The rock lithology in this research area is in the form of sandstone, shale, claystone and breccia. Sandstone and shale are the most dominant rocks with an area of almost 50% of the research area and have potential to experience slope failure. The research methodology using remote sensing such as multispectral data from Landsat TM and Radarsat SAR to obtain important factors in determining slope stability. The slope angle (α) is derived from the Digital Elevation Model (DEM) generated from Radarsat SAR stereo data, vegetation index parameters by applying Normalized Difference. Vegetation Index (NDVI). The results of the research are in the form of maps of various parameters that can be used to improve the accuracy of slope stability analysis and can be useful for the West Java region, especially the Gununglarang area.

Keywords: Slope stability, vegetation, remote sensing, DEM.

Publikasi pada:

Journal of Earth and Energy

Institusi:

Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara, Palembang, Sumatera Selatan

Surel:

teknikgeologi@ft.unsri.ac.id

Jejak artikel:

Diterima: 20 Jul 22

Diperbaiki: 01 Agu 22

Disetujui: 03 Agu 22

Lisensi oleh:

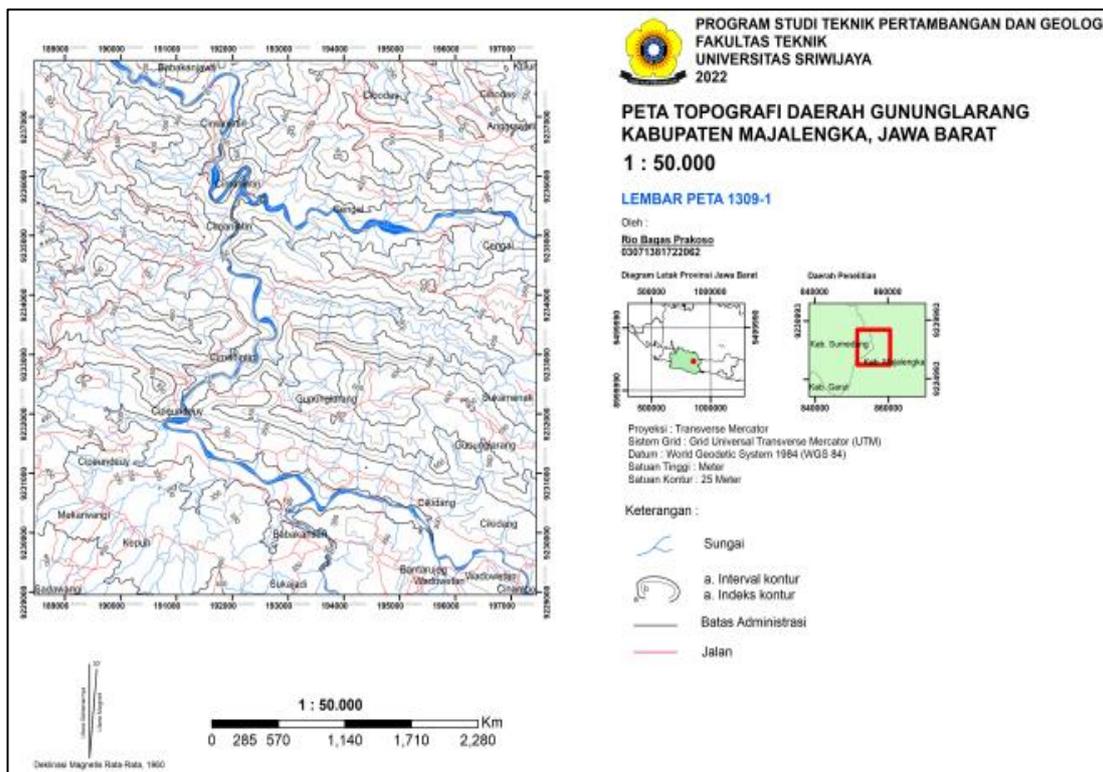
CC BY-NC-SA 4.0



PENDAHULUAN

Analisis kestabilan lereng pada penelitian ini menggunakan parameter dan metode yang berhubungan dengan tutupan lahan. Indeks vegetasi (*normalized difference vegetation index*) menggunakan Landsat 8, berupa data indeks vegetasi serap dan pantul. Pengaruh vegetasi terhadap stabilitas lereng dapat dibagi menjadi kekuatan sistem akar dalam menahan tanah pada lereng dan pengaruh vegetasi terhadap hidrologi. Dengan kemajuan zaman dan teknologi, perkembangan penelitian banyak yang menggunakan penginderaan jauh untuk analisa kestabilan lereng. Penginderaan jauh yang menggunakan indeks vegetasi untuk mempelajari vegetasi, diasumsikan bahwa sifatnya konstan atau variasi tanah yang dinormalisasi dengan indeks vegetasi tertentu (Sutasoma dkk, 2017).

Lokasi penelitian berada di Daerah Gununglarang dan sekitarnya, Kabupaten Majalengka, Jawa Barat (Gambar 1). Lokasi penelitian memiliki tingkat kerentanan longsor yang tinggi, berdasarkan data pada BNPB selama 10 tahun terakhir. Menurut Boggs dkk (1995) bahwa lokasi penelitian dikontrol oleh Formasi Halang Anggota Bawah (Tmhl), Formasi Cinambo Anggota Batupasir (Tomcl) dan Formasi Cinambo Anggota Batuserpih (Tomcu). Adapun litologi yang terdapat pada Formasi Halang (Tmhl) yaitu batupasir tuffaan, konglomerat dan batulempung. Sedangkan litologi pada Formasi Cinambo yaitu perselingan batuserpih dan batupasir. Formasi Cinambo ini memiliki litologi yang cenderung memiliki tingkat resisten yang rendah, sehingga rentan akan terjadinya longsor. Hal ini mempengaruhi laju proses sedimentasi di lokasi penelitian.



Gambar 1. Lokasi topografi daerah penelitian

Pada umumnya pola struktur lipatan pada daerah Majalengka secara regional memiliki orientasi arah barat-timur. Sedangkan jalur sesarnya berarah barat-timur, timur laut-barat daya, barat laut-tenggara dan utara-selatan (Gambar 2). Sesar yang termasuk dalam pola Sunda

umumnya berkembang di bagian utara Pulau Jawa. Sesar ini merupakan sesar tua yang memotong batuan dasar dan mengontrol dari pembentukan cekungan Paleogen di Jawa Barat (Pulunggono & Martodjojo, 1994).



Gambar 2. Pola struktur daerah Jawa Barat (Pulunggono & Martodjojo, 1994)

Data kelurusan juga digunakan sebagai pendukung pada penelitian ini yang berkaitan dengan kestabilan lereng. Kelurusan (*lineament*) merupakan kenampakan cerminan morfologi yang teramati di permukaan bumi sebagai hasil dari aktivitas gaya geologi dari dalam bumi (Ricardo dkk, 2020). Data kelurusan berupa data kelurusan punggung, kelurusan lembah dan kelurusan sesar. Data kestabilan lereng digunakan untuk mitigasi bencana geologi seperti longsor.

Analisis *normalized difference vegetation index* (NDVI) menurut Gandhi, dkk (2015) menerapkan metode penginderaan jauh dan *geographic information system* (GIS) untuk mengetahui kestabilan lereng. Analisis tersebut menggunakan beberapa parameter seperti indek vegetasi, kelembaban tanah, tipe klasifikasi hutan dan *oceanography*. Berdasarkan hasil data

dari penelitian tersebut, dapat digunakan dalam upaya mitigasi bencana geologi.

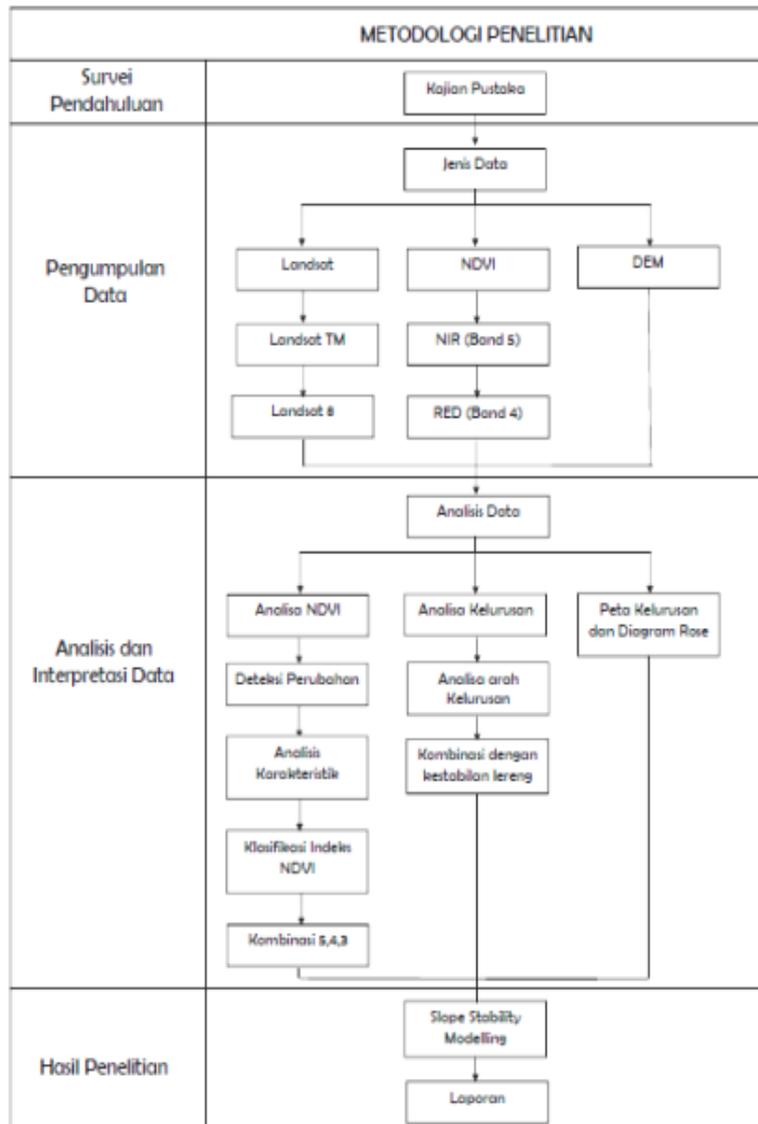
Penelitian ini bertujuan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan atau keruntuhan lereng. Parameter yang diukur berupa faktor keamanan suatu lereng dengan cara pengukuran lereng, menghitung besarnya bidang geser untuk menjaga kestabilan lereng dan menghitung kuat geser yang menyebabkan terjadinya bencana longsor.

METODE PENELITIAN

Analisis kestabilan lereng diidentifikasi dengan menganalisis data spasial berupa penginderaan jauh yang membandingkan perubahan dari berbagai aspek, diantaranya kelembaban tanah, indek vegetasi, kelurusan (*lineament*) dan pola aliran sungai. Perangkat lunak (*Software*) ArcMap 10.6 digunakan untuk proses

identifikasi kestabilan lereng. Data yang diolah berupa data citra Landsat 8 TM dari tanggal 22 November 2019 hingga 25 Agustus 2020. Untuk memvisualisasikan perubahan indeks vegetasi yang terjadi dilakukan kombinasi antara *band 5*, *band 4*

dan *band 3*. Berikut Alur metodologi penelitian di bawah ini (Gambar 3).



Gambar 3. Alur metodologi penelitian

Survei pendahuluan merupakan tahapan awal dari penelitian. Pada tahap ini berisi studi pustaka dan beberapa literatur terdahulu yang berkaitan dengan analisis kestabilan lereng dengan metode GIS dan parameter lain seperti indeks vegetasi dan arah kelurusan. Dari beberapa studi literatur yang telah dikumpulkan,

kemudian dijadikan sebagai konsep untuk memahami dan mencari informasi tentang daerah penelitian. Sedangkan tahap *literature review* digunakan untuk menganalisis kelurusan dan kestabilan lereng.

Persiapan data merupakan tahap lanjut dari survei pendahuluan, berupa data



pendukung seperti data citra satelit. Dalam perekaman data citra, sensor satelit sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya vegetasi, kondisi atmosfer dan sudut pengambilan data sensor. Hasil dari data citra satelit terkadang menampilkan informasi yang bias, sehingga perlu dikoreksi ulang. Berikut klasifikasi *band* Landsat 8 menurut Acharya & Yang (2015) yang digunakan pada penelitian (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi *band* Landsat 8 (Acharya & Yang, 2015)

<i>Band</i>	Panjang Gelombang (μm)	Kegunaan Pemetaan
<i>Band 3 - Green</i>	0.53-0.59	Menekankan vegetasi puncak untuk menilai kekuatan tanaman
<i>Band 4 - Red</i>	0.64-0.67	Membedakan lereng vegetasi
<i>Band 5 - Near Infrared (NIR)</i>	0.85-0.88	Menekankan kandungan biomassa dan garis pantai

Teknik *normalized difference vegetation index* (NDVI) digunakan untuk membedakan berbagai aspek yang disajikan dalam 3 *band* yang berbeda (Gandhi dkk, 2015). Vegetasi tutupan merupakan salah satu indikator biofisik yang paling penting untuk erosi tanah. Biofisik dapat diperkirakan dengan menggunakan indek vegetasi yang berasal dari citra satelit. Indek vegetasi memungkinkan untuk menggambarkan distribusi vegetasi dan tanah berdasarkan karakteristik pola reflektansi vegetasi hijau. NDVI adalah indikator numerik sederhana yang dapat digunakan untuk menganalisis pengukuran penginderaan jauh dan menilai target atau objek yang diamati berupa vegetasi hijau hidup atau tidak.

Dari persamaan (1) dan persamaan (2), NDVI dapat dihitung sebagai berikut :

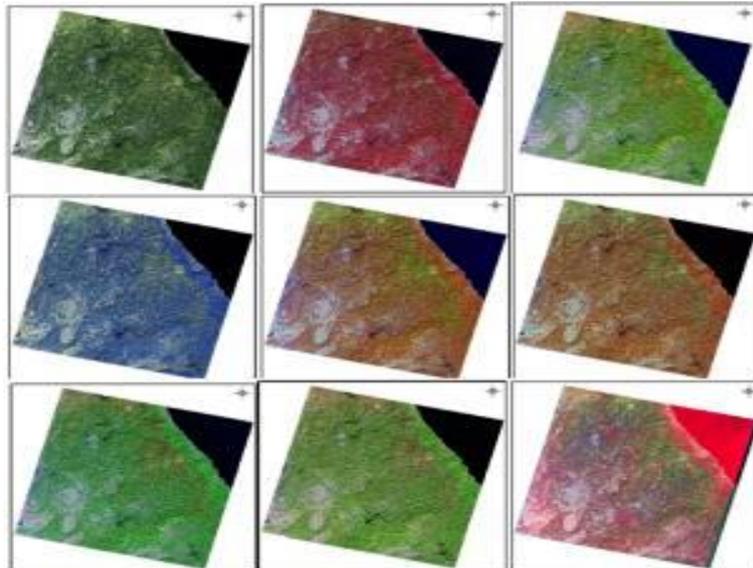
$$RNDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}, \text{ dimana } (0 < NDVI < 1) \quad (1)$$

$$GNDVI = \frac{NIR-GREEN}{NIR+GREEN}, \text{ dimana } (0 < NDVI < 1) \quad (2)$$

RED adalah reflektansi merah yang terlihat dan NIR adalah reflektansi inframerah terdekat. Rentang panjang gelombang *band* NIR adalah (750-1300 μm), *band* merah (600-700 μm) dan *band* hijau (550 μm). NDVI dilatarbelakangi oleh pengamatan vegetasi yaitu perbedaan antara NIR dan *band* merah harus lebih besar untuk kepadatan klorofil. Dibutuhkan perbedaan (NIR - red) dan menormalkan untuk menyeimbangkan efek pencahayaan yang tidak merata seperti bayangan awan atau bukit.

Hasil data dari citra satelit ini difokuskan untuk mendapatkan citra dengan resolusi yang berkualitas, memiliki kenampakan yang tajam dan jelas pada fitur vegetasi. Metode yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu juga dijadikan acuan, khususnya dalam peningkatan kualitas citra. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan citra *Landsat-8 Operational Land Imager* (OLI).

Data yang digunakan untuk interpretasi dan analisis data adalah data deteksi perubahan lahan tahun 2019-2020 dan proses analisis karakteristik perubahan vegetasi menggunakan *software* GIS untuk mendapatkan *output* peta dengan kombinasi *band* 5, *band* 4 dan *band* 3. Berikut kenampakan indek vegetasi menurut Acharya & Yang (2015) dari berbagai macam *band* yang dibedakan dari warna (nilai kerapatan) (Gambar 4).

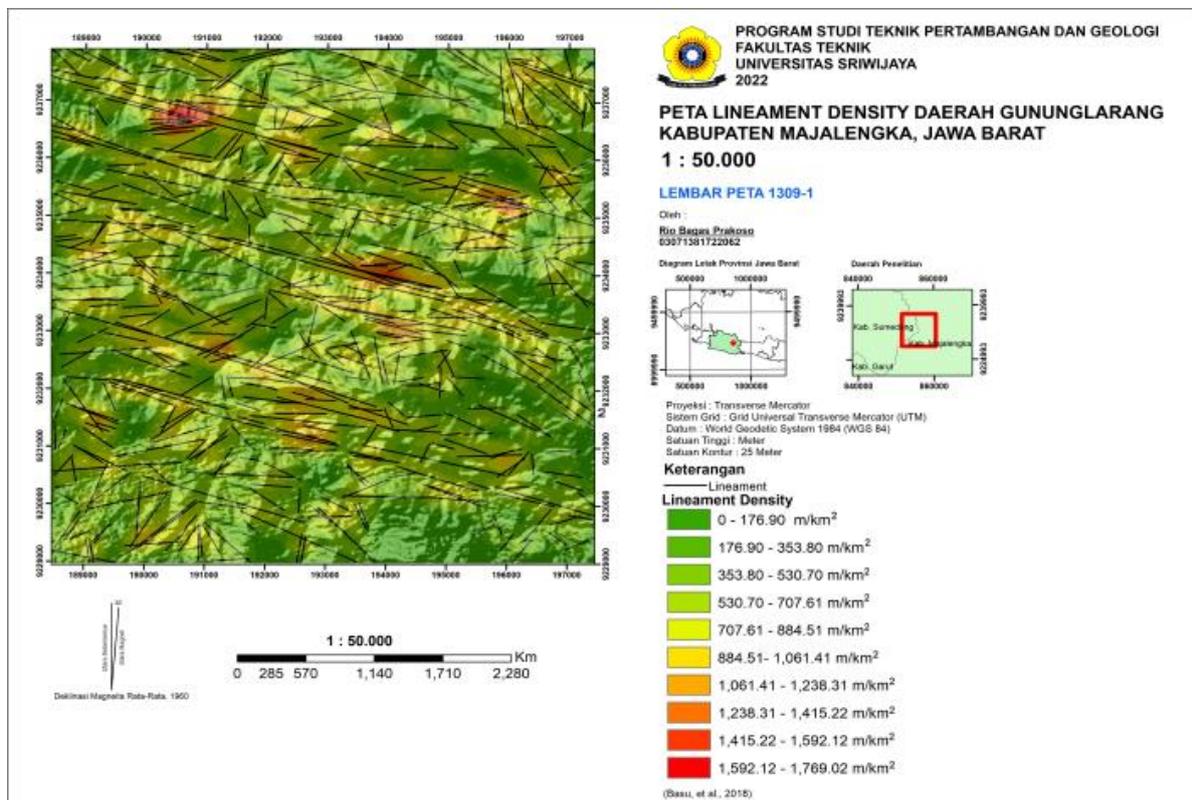


Gambar 4. Indek vegetasi dari berbagai macam *Band* (Acharya & Yang, 2015)

HASIL

Hasil dari peta kelurusan pada daerah penelitian menunjukkan daerah didominasi oleh keadaan lereng yang buruk (hijau muda-merah). Sedangkan untuk pola

kelurusan yang didapatkan sangat kompleks, yang berarti daerah penelitian dikontrol oleh struktur geologi berupa sesar dan lipatan, yang ditunjukkan dengan rapat dan banyaknya keterdapatan *lineament density* (Gambar 5).

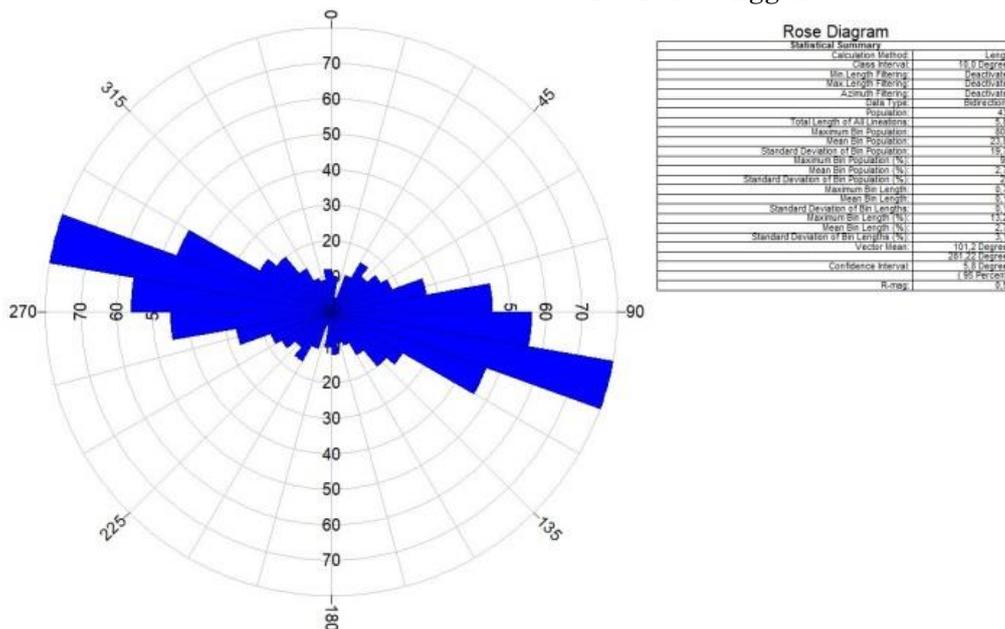


Gambar 5. Peta *lineament density* daerah penelitian

Peta kelurusan diperoleh dari berbagai nilai parameter dan analisis kerapatan kelurusan. Analisis densitas ini digunakan untuk menghitung frekuensi kelurusan per satuan luas. Kestabilan lereng berkaitan dengan kerapatan kelurusan yaitu daerah dengan nilai kerapatan rendah (warna hijau tua) dapat diidentifikasi daerah dengan kemiringan cukup baik sedangkan daerah yang memiliki nilai kerapatan tinggi (hijau muda-merah) dapat diidentifikasi daerah dengan kemiringan lereng cukup buruk. Nilai densitas yang tinggi menunjukkan bahwa tanah memiliki permeabilitas yang tinggi. Permeabilitas yang tinggi ini mengakibatkan batuan atau tanah cenderung memiliki kandungan air yang banyak, membuat tanah menjadi

tidak stabil dan dapat memicu keruntuhan lereng bahkan menyebabkan longsor.

Berdasarkan hasil dari analisis orientasi kelurusan, didapatkan 4 arah kelurusan utama yaitu NE-SW, EW, NS dan NW-SE dengan rentang yang berbeda (Gambar 6). Sesar pada daerah penelitian cenderung berarah NE-SW sedangkan untuk struktur lipatan baik *sinklin* maupun *antiklin* ditemui umumnya berarah barat-timur (E-W) hingga baratlaut-tenggara (NW-SE). Peta kelurusan dan diagram *rose* menunjukkan kelurusan yang heterogen dengan tren kelurusan yang meningkat. Dari diagram *rose* tersebut, dapat disimpulkan bahwa orientasi arah dominan kelurusan adalah mengarah ke barat laut-tenggara.



Gambar 6. Diagram *rose* daerah penelitian dari data kelurusan

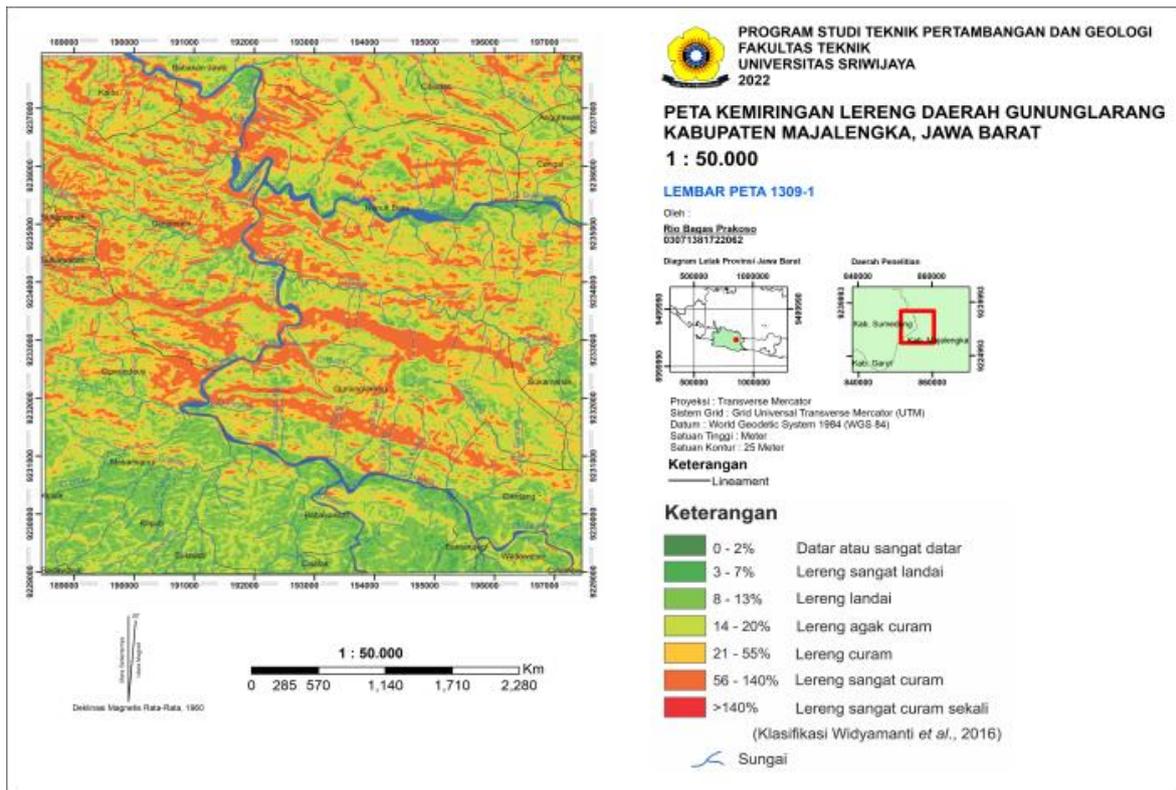
Peta kerapatan kelurusan menjelaskan bahwa daerah penelitian berada pada daerah yang dikontrol oleh struktur geologi. Hal ini dapat mempengaruhi kestabilan lereng karena memiliki nilai kerapatan kelurusan yang tinggi. Arah dominan ini juga sesuai dengan geologi regional Pulau Jawa yaitu Pola Meratus dan Pola Jawa. Beberapa proses

pembentukan sesar berasosiasi dengan pelipatan atau dikenal *fold related fault*. Kondisi ini dapat dibuktikan secara langsung di lapangan, seperti yang dijumpai pada lintasan sungai Cilutung, dimana kemiringan bidang lapisan yang relatif lebih tegak di sekitar zona sesar. Hal ini dipengaruhi akibat adanya pengaruh geseran. Arah kelurusan NW-SE di

daerah penelitian dapat disimpulkan bahwa morfologi memiliki arah NW-SE sehingga diasumsikan stabilitas lereng cukup buruk. Kestabilan lereng di daerah penelitian cukup buruk sehingga dapat menyebabkan daerah penelitian rawan bencana.

Peta kemiringan lereng (Gambar 7) berdasarkan klasifikasi menurut Widyatmanti, dkk (2016), bahwa daerah penelitian diinterpretasikan terdapat tujuh kelas kemiringan lereng dan didominasi oleh kemiringan lereng dengan kategori topografi agak curam – sangat curam sekitar 60% dari lokasi penelitian yang tersebar di bagian utara dengan proses

denudasional yang cukup kuat dengan elevasi 500-900 m, sehingga ditemukan longsoran akibat gerakan tanah pada beberapa wilayah. Lereng dengan topografi landai – miring sekitar 25% dari luasan lokasi penelitian yang diakibatkan oleh pelapukan yang cukup kuat dan adanya proses erosional. Pembentukan lereng tersebut dapat menimbulkan limbah masal (*creeping*) dan longsoran batuan sehingga dapat diartikan bahwa pada ketinggian tersebut memiliki kemiringan lereng yang tinggi dengan klasifikasi terjal-sangat curam dengan morfologi berbukit. Sedangkan pada lereng dengan kategori datar sekitar 15% yang terdapat di daerah bagian selatan pada lokasi penelitian.



Gambar 7. Peta kemiringan lereng daerah penelitian.

PEMBAHASAN

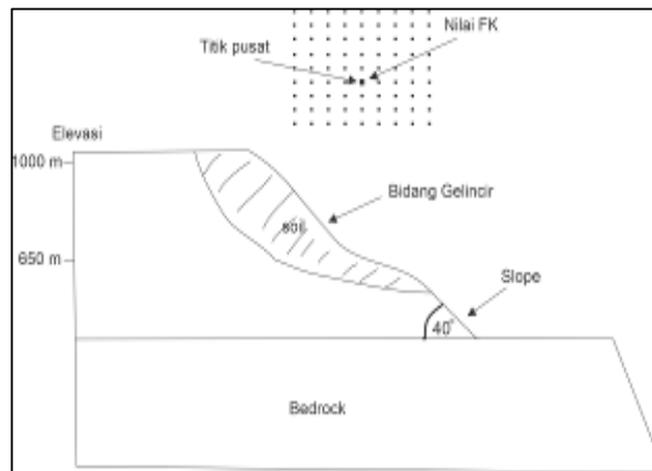
Peta indeks vegetasi menggunakan NDVI tahun 2019 menggambarkan tanah yang kurang vegetasi (ditunjukkan dengan

warna merah) dan nilai vegetasi yang rendah, sehingga nilai NDVI rendah. Hal ini disebabkan akibat perkembangan penggunaan lahan dan pemukiman yang tidak disertai dengan reboisasi atau

penyuluhan pembukaan lahan terlebih dahulu. Minimnya vegetasi tersebut yang mengakibatkan peran dalam menahan beban tanah pada muka lereng berkurang dan juga memiliki sistem hidrologi yang buruk dengan tidak adanya tanaman yang menyerap maupun menahan air pada saat hujan. Berdasarkan peta indek vegetasi NDVI tahun 2019, merupakan tahun yang cukup rawan bencana dan dibuktikan dengan terjadinya 34 titik bencana tanah longsor yang terjadi di Majalengka sepanjang tahun itu.

Peta indek vegetasi NDVI tahun 2019 (Gambar 8) diinterpretasikan sebagai gambaran ilustrasi kemiringan lereng

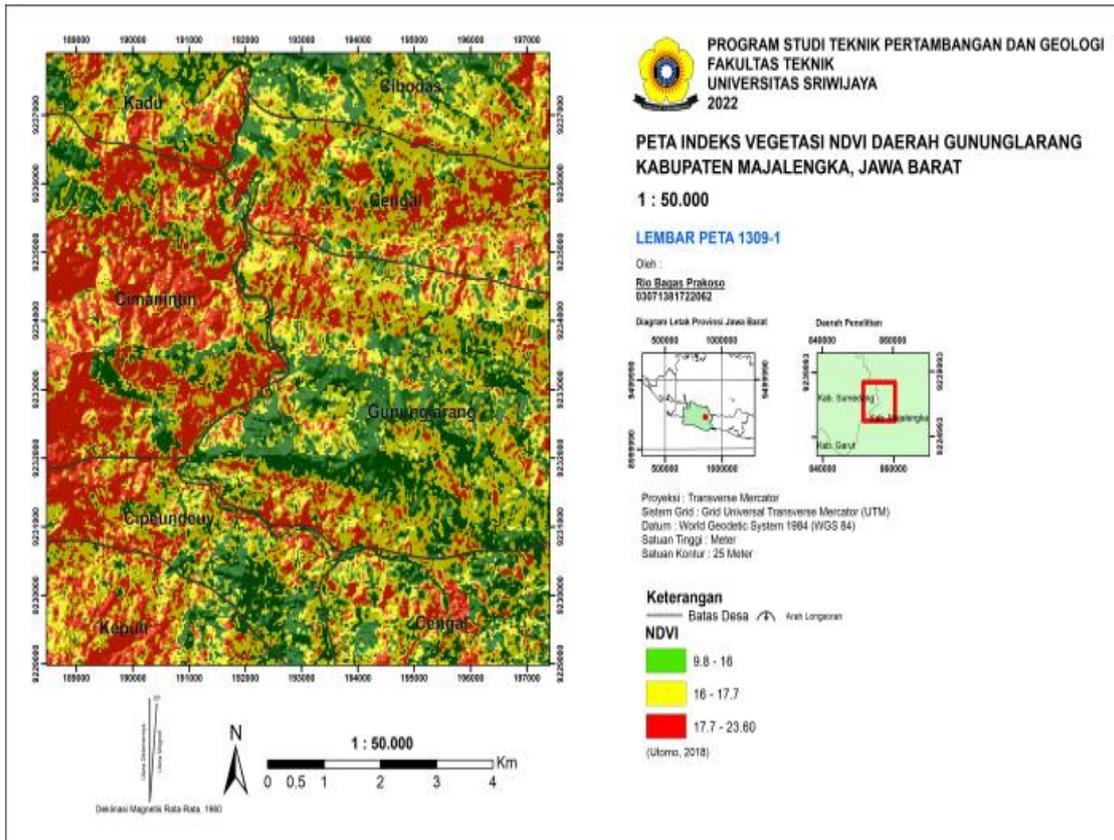
(Gambar 9) yang dapat diartikan bahwa pada ketinggian lebih dari 650 m memiliki kemiringan lereng yang tinggi dengan klasifikasi curam-sangat curam dengan morfologi berbukit lereng terjal gundul (Munir, 2018). Morfologi daerah penelitian yang dominan lereng-lereng menjadi sebab mudahnya terjadinya longsor dan litologi yang memiliki tingkat resisten yang rendah berupa batupasir dan batuserpih. Faktor sesar juga mempengaruhi keadaan lereng. Jika suatu lereng berada pada jalur sesar dengan litologi yang resistensinya rendah, akan menambah tingkat terjadinya bencana longsor pada daerah tersebut.



Gambar 8. Ilustrasi kestabilan lereng (Munir, 2018)

Penelitian ini menggunakan hubungan antara variabilitas spektral dan perubahan laju pertumbuhan vegetasi dengan metode dan analisis NDVI. Adanya perubahan bentuk lahan yang terjadi

karena vegetasi, dapat mempengaruhi stabilitas lereng. Dengan demikian metode NDVI ini dapat menentukan produksi vegetasi serta mendeteksi perubahan vegetasi.



Gambar 9. Peta indeks vegetasi NDVI tahun 2019

KESIMPULAN

Berdasarkan penjelasan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan dalam beberapa parameter penilaian. Daerah penelitian memiliki nilai kerapatan yang tinggi dan tingkat permeabilitas yang tinggi sehingga batuan atau tanah cenderung memiliki kandungan air yang banyak dan membuat tanah menjadi tidak stabil. Hal ini dapat memicu terjadinya keruntuhan lereng bahkan dapat menyebabkan longsor. Nilai kerapatan kelurusan dari peta *lineament density* menggambarkan bahwa daerah penelitian terletak di zona sesar, dibuktikan dengan nilai kerapatan yang tinggi dan padat sehingga dapat mempengaruhi kestabilan lereng. Hasil data frekuensi memperkuat bahwa daerah penelitian terdapat pada zona struktur aktif. Kecenderungan arah kelurusan NW-SE lebih tinggi dari yang lain, didukung dengan diagram *rose* yang menunjukkan

arah dominan (NW-SE) yang sama. Diasumsikan bahwa morfologi pada kelurusan tersebut berupa perbukitan atau pegunungan dengan kemiringan yang kurang baik. Perubahan lahan yang terlihat pada peta indeks vegetasi NDVI mencerminkan perkembangan pembukaan lahan dan pemukiman. Perubahan itu mengalami kenaikan atau meluas, sehingga berkurangnya vegetasi akibat dari aktivitas tersebut. Sistem perakaran dan penahanan beban pada muka lereng berkurang, sehingga sistem kelerengan menjadi tidak stabil dan sistem hidrologi atau pengaliran air yang buruk akibat tidak adanya vegetasi.

UCAPAN TERIMA KASIH



Penulis ucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing yang telah memberikan masukan serta arahan dalam proses menyelesaikan jurnal ilmiah. Tidak lupa juga terima kasih kepada kedua orang tua dan teman atas semangat serta doa yang selalu di panjatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, T.D. & Yang, I., 2015, Exploring Landsat 8, *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)*, Volume 4, No. 4, April 2015.
- Boggs, S.J., 1995, *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, Second Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- Gandhi, G.M., Parthiban, S., Thummalu, N. & Christy, A., 2015, Ndvi: Vegetation change detection using remote sensing and gis – A case study of Vellore District, 3rd International Conference on Recent Trends in Computing 2015 (ICRTC-2015), *Procedia Computer Science*, 57 (2015) 1199 – 1210.
- Munir, A.S., 2018, Kestabilan Lereng Menggunakan Program Slope/W Pada Pit Gn-10 Pulau Gag Kabupaten Raja Ampat Papua Barat, *Jurnal Geomine*, Vol. 6, No. 3: Desember 2018.
- Pulunggono & Martodjojo, S., 1994, Perubahan Tektonik Paleogene – Neogene Merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, *Proceeding Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa*, Percetakan NAFIRI, Yogya.
- Ricardo, F., Purwiyono, T.T. & Aryanto, R., 2020, Analisis Zona Potensi Longsor Menggunakan Metode Landslide Hazard Zonation Di Desa Kaligending, Kecamatan Karangsambung, Kebumen, Jawa Tengah, *Prosiding TPT XXIX Perhapi 2020*.
- Sutasoma, M., Susilo, A. & Suryo, E.A., 2017, Penyelidikan Zona Longsor dengan Metode Resistivitas dan Analisis Stabilitas Lereng untuk Mitigasi Bencana Tanah Longsor (Studi Kasus di Dusun Jawar, Desa Sri Mulyo, Kecamatan Dampit, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur), *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol. 7 No.1 halaman 36.
- Widyatmanti, W., Wicaksono, I. & Syam, P.D.R., 2016, Identification of Topographic Elements Composition Based on Landform Boundaries from Radar Interferometry Segmentation (Preliminary Study on Digital Landform Mapping), *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 37 (1).