

ANALISIS MULTI KRITERIA SPASIAL UNTUK EVALUASI RENCANA PENGEMBANGAN PERUMAHAN DI GODEAN, YOGYAKARTA

Jurnal Pengembangan Kota (2020)

Volume 8 No. 2 (163–176)

Tersedia online di:

<http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jpk>

DOI: 10.14710/jpk.8.2.163-176

Doni Prakasa Eka Putra^{1*}, Rilo Restu Surya Atmaja¹, Kurnianto
Dwi Setyawan¹, Raja Susatio²

¹Departemen Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta

²Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Gadjah Mada
Jalan Teknik Utara, Kampus UGM, Yogyakarta

Abstrak. Kebutuhan perumahan di daerah perkotaan semakin tinggi, tidak sebanding dengan ketersediaan lahan untuk perumahan. Upaya pembukaan lahan yang murah tersedia pada daerah bentang alam ekstrim seperti perbukitan, seperti di Godean, Yogyakarta, yang memiliki potensi bahaya gerakan massa. Kajian ini bertujuan untuk memetakan zona bahaya gerakan massa dan mengevaluasi keamanan *site-plan* perumahan. Metodologi penelitian berupa pemetaan aspek geologi teknik yaitu kelereng, kekuatan batuan, dan densitas struktur geologi yang kemudian diolah dengan metode *overlay* pada perangkat lunak Sistem Informasi Geografis. Aplikasi analisis multi kriteria (AMK) spasial menghasilkan zonasi kerentanan/potensi bahaya gerakan massa detail di lokasi penelitian, dimana zona ekstrim bahaya gerakan massa berasosiasi dengan lereng yang curam-terjal, kekuatan batuan lemah dan densitas struktur geologi yang rapat-sangat rapat. Penampalan peta bahaya tersebut dengan *site-plan* memungkinkan perencana dan pemangku kepentingan melakukan perencanaan ulang pada beberapa blok perumahan untuk memastikan pengembangan perumahan yang aman.

Kata kunci: Analisis Multi Kriteria Spasial; Perbukitan; Perumahan

[Title: Analysis of Spatial Multi-Criteria for Evaluation of Housing Development Plan in Godean, Yogyakarta]. *The availability of land is not proportional to the increasing need for housing in the urban area. New cheap land for housing is provided in a hilly area, in this case, in Godean, Yogyakarta where potential hazards of mass movement exist. This study aims to map the hazard zones of mass movement and evaluate the safety of the housing site plan. This study conducted geological field observations to determine the engineering geology aspects including slope, rock strength, and geological structures density. Furthermore, data processing is demonstrated by overlay analysis using Geographic Information Systems software. The result is a map of mass movement potential hazard zones where the extreme zone is associated with steep slopes, weak rock strength, and very tight density of geological structures. Overlaying the hazard map with a site-plan allows planners and stakeholders to re-plan several housing blocks to ensure the development of safe and sustainable housing.*

Keyword: Analysis of Spatial Multi-Criteria; Hilly Area; Housing

Cara Mengutip: Putra. D. P. E., Atmaja. R. R. S., Setyawan. K. D., & Susatio. R. (2020). Analisis Multi Kriteria Spasial untuk Evaluasi Rencana Pengembangan Perumahan di Godean, Yogyakarta. **Jurnal Pengembangan Kota**. Vol 8 (2): 163-176. DOI: 10.14710/jpk.8.2.163-176

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk keempat terbesar di dunia setelah Cina, India, dan Amerika Serikat. Badan Pusat Statistik (BPS) memprediksi jumlah penduduk Indonesia akan mencapai 319 juta jiwa pada 2045 mendatang. Artinya, jumlah penduduk Indonesia

meningkat sebesar 52 juta jiwa dibandingkan total keseluruhan penduduk saat ini yaitu 267 juta jiwa (Gischa, 2020). Angka kenaikan jumlah penduduk ini akan berdampak pada jumlah kebutuhan lahan untuk tempat tinggal, hal ini mengakibatkan permasalahan bagi kota-kota besar di Indonesia. Kebutuhan perumahan di daerah perkotaan yang semakin tinggi tidak sebanding ketersediaan lahan

untuk perumahan. Permasalahan penyediaan lahan ini sering menjadi kendala pada upaya pelaksanaan program pemerintah yang berkaitan dengan pengadaan perumahan untuk masyarakat khususnya untuk masyarakat berpenghasilan rendah (MBR).

Dalam rangka memenuhi kebutuhan pengadaan perumahan, hal dasar yang wajib dilakukan adalah penyediaan lahan murah. Upaya pembukaan lahan baru yang murah dapat dipenuhi pada daerah yang memiliki bentang alam ekstrim seperti perbukitan. Salah satu lokasi pengembangan perumahan rakyat di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta berada di daerah perbukitan Godean, yang terletak di padukuhan Jering, Desa Sidorejo, Kecamatan Godean, Kabupaten Sleman. Lokasi rencana pembangunan perumahan terletak pada perbukitan yang memiliki bahaya geologi gerakan tanah/massa rendah-menengah (Pusat Volkanologi dan Mitigasi Bencana, 2014). Pengembang perumahan pada daerah seperti ini telah melaksanakan kegiatan pra-konstruksi khusus seperti pelandaian lereng dan penanganan kestabilan lereng, serta perbaikan kondisi tanah/batuan untuk memastikan bahwa bangunan rumah yang dibangun pada daerah tersebut aman, namun masih terdapat kekhawatiran pemangku kepentingan sehingga dibutuhkan kajian bahaya gerakan massa ataupun bahaya geologi lainnya secara detil di lokasi penelitian.

Kerentanan atau bahaya gerakan massa pada suatu wilayah berkaitan erat dengan pertimbangan banyak faktor yang dibagi dalam dua kategori. Kategori pertama disebut "faktor pengontrol kestabilan" dan kategori kedua disebut "faktor pemicu gerakan massa". Karnawati (2005) mengilustrasikan secara rinci mengenai penyebab dan mekanisme gerakan massa dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti geomorfologi, stratigrafi lereng, struktur geologi, curah hujan, penggunaan lahan, dan lain-lain sebagai faktor pengontrol. Faktor pengontrol mempengaruhi bagaimana suatu lereng sebelum, selama, dan sesudah mengalami gangguan. Faktor-faktor tersebut memberikan informasi tentang tingkat kerentanan gangguan lereng yang mungkin timbul. Pada penelitian ini, faktor pengontrol dijadikan sebagai kriteria yang digunakan untuk menentukan zona pengembangan perumahan

yang aman dari bahaya gerakan tanah/massa di lokasi penelitian. Proses penentuan zona ini sering disebut sebagai evaluasi lahan untuk penentuan kelayakan bagi tujuan tertentu dan metode umum saat ini yang dilakukan adalah dengan melakukan analisis multi kriteria spasial (Malczewski, 2006; Malczewski & Rinner, 2015).

Analisis Multi Kriteria (AMK) memberikan metodologi yang sistematis untuk mengintegrasikan informasi atau kriteria heterogen dengan berbagai macam informasi lain termasuk sudut pandang pemangku kepentingan (Huang, Keisler, & Linkov, 2011). AMK ini juga memudahkan pemahaman pada kerangka pemilihan alternatif dan sangat berguna sebagai alat evaluasi pada tahap pengembangan proyek (Karleuša, Hajdinger, & Tadić, 2019). Tujuan utama dari AMK adalah menggabungkan informasi dari beberapa kriteria untuk membentuk indeks evaluasi tunggal yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pengambilan keputusan (Chen, Yu, & Khan, 2010). Aspek spasial pada AMK adalah aplikasi sistem informasi geografis (SIG) pada proses analisis multi kriteria. Manajemen basis data, visualisasi, spasial analisis, dan pemodelan spasial adalah penggunaan utama SIG dalam perencanaan. SIG digunakan untuk penyimpanan peta dan rencana penggunaan lahan, data lingkungan, dan perencanaan aplikasi yang kemudian dapat digunakan untuk mengeksplorasi distribusi data sosial ekonomi dan lingkungan, dan tampilan serta hasil analisis spasial atau pemodelan. Analisis dan pemodelan spasial digunakan untuk analisis statistik spasial, pemilihan lokasi, identifikasi perencanaan area, analisis kesesuaian lahan, dan penilaian dampak (Longley, Goodchild, Maguire, & Rhind, 2005). Penggunaan analisis multi kriteria spasial ini telah banyak diaplikasikan pada rencana pengembangan wilayah regional ataupun detil untuk berbagai macam tujuan semisal penentuan zonasi wilayah urban (Akyol, Alkan, Kaya, Tasdelen, & Aydin, 2018; Dai,

ISSN 2337-7062 © 2020

This is an open access article under the CC-BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>). – lihat halaman depan © 2020

*Email putra_dpe@ugm.ac.id

Diterima 22 Juni 2020, disetujui 30 November 2020

Lee, & Zhang, 2001), zonasi kelayakan fasilitas infrastruktur dan bangunan pada morfologi perbukitan (Kumar & Bansal, 2019), kelayakan geoteknik lahan untuk pembangunan (Akyol, Kaya, & Alkan, 2016), bahkan penentuan kelayakan lokasi fasilitas akhir pembuangan bahan berbahaya (Kim, Choi, Kim, & Oh, 2016).

Pada sistem informasi geografis, analisis multi kriteria dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan umum. Pendekatan umum pertama yaitu semua kriteria dibagi menurut konsep Boolean Logic atau logika benar (Yes) dan salah (No) untuk penentuan keputusan, sedangkan pendekatan umum kedua adalah kriteria diubah menjadi kuantitatif dan dievaluasi sebagai variabel kontinyu yang mengekspresikan tingkat kelayakan untuk penentuan keputusan (Longley dkk., 2005). Dengan mengaplikasikan metode ini, dan memanfaatkan aspek geologi teknik sebagai kriteria, diharapkan penelitian ini dapat menentukan zona aman dan area yang perlu diberikan perhatian khusus pada lokasi tapak proyek perumahan di Perbukitan Godean dari bahaya gerakan massa, sehingga pada pengembangannya, perumahan tersebut menjadi perumahan yang aman dan nyaman bagi masyarakat untuk waktu yang sangat panjang serta memenuhi kriteria semua pemangku kepentingan.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan zona bahaya gerakan massa dan mengevaluasi keamanan *site-plan* perumahan. Pertanyaan-pertanyaan pada penelitian ini yaitu bagaimana zona bahaya gerakan massa di daerah penelitian? Lalu, di bagian mana dari *site-plan* perumahan yang akan memiliki risiko tinggi dari bahaya gerakan massa? sehingga dibutuhkan perubahan *landscape* perencanaan untuk pengembangan perumahan yang aman dan berkelanjutan.

Deskripsi Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada lokasi pengembangan perumahan MBR di daerah perbukitan Godean, tepatnya di Gunung Wungkal, yang terletak di padukuhan Jering, Desa Sidorejo, Kecamatan Godean, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi proyek rencana pembangunan perumahan dapat dilihat pada Gambar 1. Daerah penelitian memiliki luasan

wilayah sebesar ± 90.000 m². Secara fisiografis, lokasi penelitian yang terletak di Gunung Wungkal merupakan bagian dari Perbukitan Godean. Perbukitan Godean sendiri menurut van Bemmelen (1970) masuk ke dalam Pegunungan Serayu Selatan bagian timur, yaitu Pegunungan Kulonprogo.

Menurut Hartono, Sudradjat, Verdiansyah, dan (2017 (2017)), Perbukitan Godean merupakan perbukitan terisolir yang terdiri dari beberapa gunung yaitu Gunung So (173 mdpl), Gunung Siwareng (194 mdpl), Gunung Gede (218 mdpl), Gunung Wungkal (187 mdpl), Gunung Ngampon (222 mdpl), Gunung Gedang (193 mdpl), Gunung Patuk (231 mdpl), Gunung Butak (154 mdpl), dan Gunung Berjo (175 mdpl), yang semuanya dikelilingi oleh dataran. Morfologi daerah penelitian merupakan suatu perbukitan berlereng terjal. Lokasi daerah penelitian merupakan bagian barat daya dari lereng Gunung Wungkal, Perbukitan Godean. Elevasi tertinggi pada daerah penelitian mencapai ± 240 meter di atas permukaan laut terletak di bagian utara daerah penelitian dan pada bagian tengah - selatan daerah penelitian elevasinya ± 150 meter di atas permukaan laut.

Morfologi bukit yang terbentuk pada daerah penelitian secara utama karena adanya intrusi diorit. Bukit daerah pengembangan perumahan merupakan perbukitan *inlayer* dimana bukit yang berumur lebih tua terisolasi oleh endapan yang berumur lebih muda. Menurut Rahardjo, Sukandarrumidi, dan Rosidi (1995) dalam Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Perbukitan Godean tersusun oleh beberapa formasi batuan (lihat Gambar 2). Formasi batuan tersebut dari tua ke muda adalah sebagai berikut:

a. Formasi Nanggulan

Merupakan formasi tertua di wilayah Perbukitan Godean dengan umur Eosen hingga Oligosen awal. Tersusun atas batupasir dengan sisipan lignit, napal pasiran, batulempung dengan kongkresi limonit, sisipan napal dan batugamping, batupasir, dan tuff. Formasi ini merupakan litologi penyusun dari Gunung Patuk dan Gunung Wungkal.

b. Formasi Andesit Tua

Formasi ini tersusun atas breksi andesit, tuf, tuf lapili, aglomerat dan sisipan aliran lava andesit.

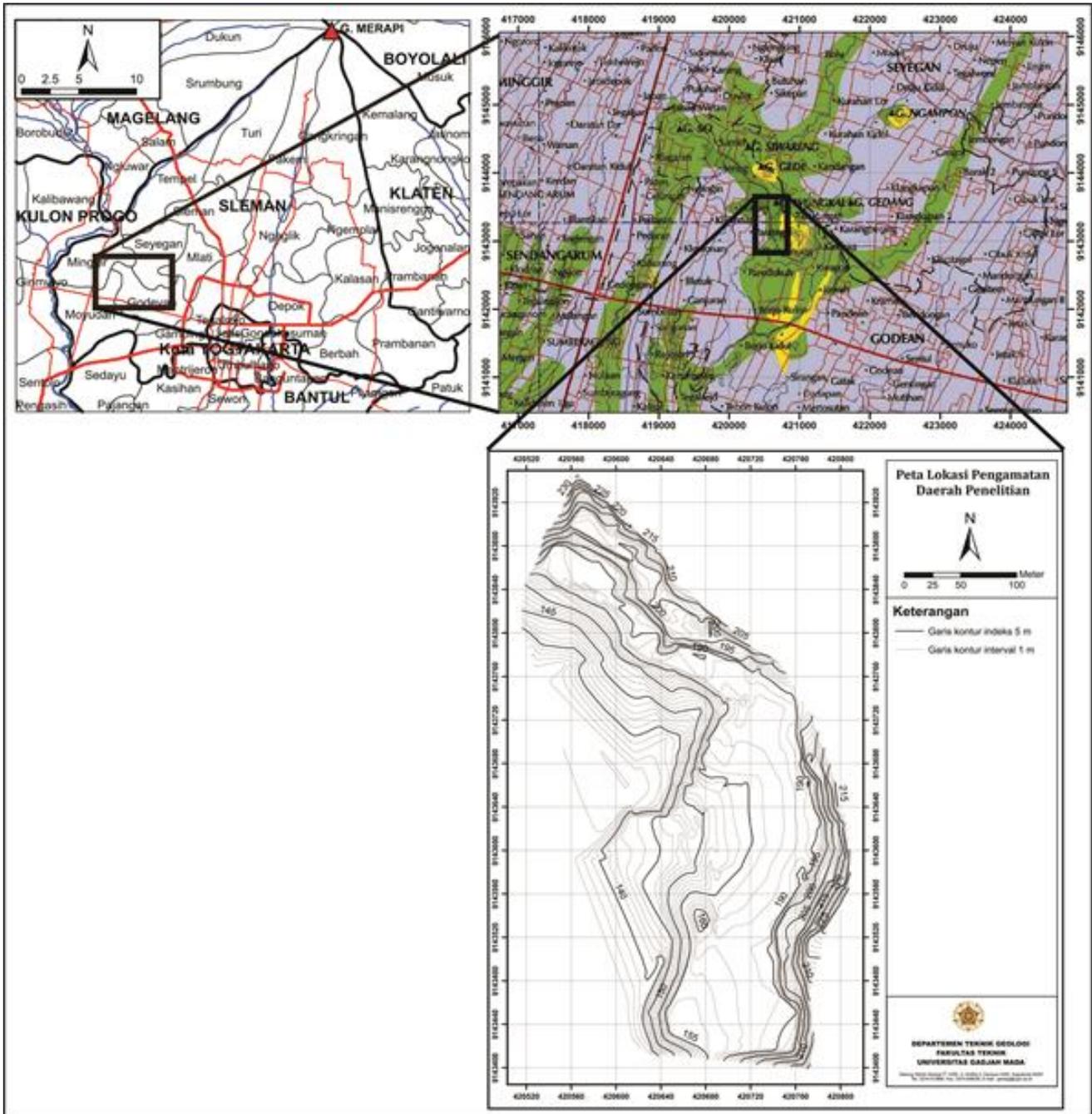
Keterdapatan di Gunung Gede, Gunung Gedang, Gunung Ngampon, dan Gunung So.

c. Intrusi Diorit dan Andesit

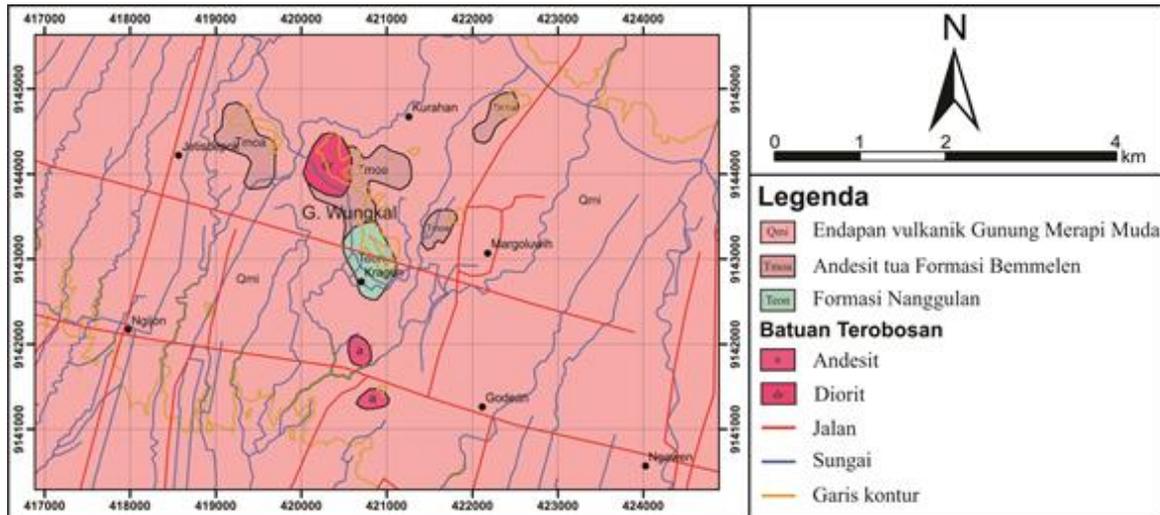
Terdapat 2 intrusi di wilayah Perbukitan Godean, yaitu intrusi diorit dan intrusi andesit. Intrusi diorit dijumpai di Gunung Siwareng, sedangkan intrusi andesit dijumpai di Gunung Butak dan Gunung Berjo.

d. Endapan Gunungapi Merapi Muda

Endapan ini merupakan formasi yang paling muda dengan umur kuartar. Tersusun oleh tuf, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava tak terpisahkan. Endapan ini tersebar di seluruh dataran yang ada di Perbukitan Godean.



Gambar 1. Lokasi proyek pembangunan perumahan di Gunung Wungkal, Jering, Godean, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta



Sumber: Rahardjo dkk. (1995)

Gambar 2. Peta Geologi Lokasi Penelitian dan Sekitarnya menurut Peta Geologi Regional Lembar Yogyakarta

Struktur geologi juga berperan dalam pembentukan morfologi perbukitan Godean. Bronto, Ratdomopurbo, Asmoro, dan Adityarani (2014) menyebutkan bahwa struktur geologi yang berkembang di Perbukitan Godean berarah utara-selatan, dibuktikan dengan banyaknya kekar di Gunung Ngampon, Gede, Butak, dan Berjo. Pola ini kemungkinan dikontrol oleh sistem sesar turun pada graben Bantul-Yogyakarta.

Tinjauan terhadap studi literatur di lokasi penelitian, menghasilkan hipotesis yang menduga bahwa lokasi penelitian secara alamiah masuk pada zona bahaya gerakan massa, apalagi dengan adanya rencana pemotongan lereng yang akan dilakukan untuk pengembangan area perumahan. Bagian utara dinilai memiliki bahaya gerakan massa yang tertinggi dan risiko dampak gerakan massa tertinggi terhadap rencana perumahan. Hal ini karena litologi penyusun batulempung dari Formasi Nanggulan, kemiringan lereng yang curam, serta perubahan topografi akibat pembangunan perumahan.

2. METODE PENELITIAN

Observasi lapangan di lokasi penelitian dilakukan pada 46 stasiun titik amat (lihat Gambar 3) dengan menggunakan peta topografi skala 1:10.000 dengan interval kontur 5 m. Pada pelaksanaan observasi lapangan, tiap stasiun titik amat (STA) dan sekitarnya diamati kondisi kelerengannya, jenis

litologi dan tingkat pelapukannya serta aspek kekuatan batuanya, selain itu juga dilakukan pengukuran struktur geologi dalam hal ini kekar dan sesar.

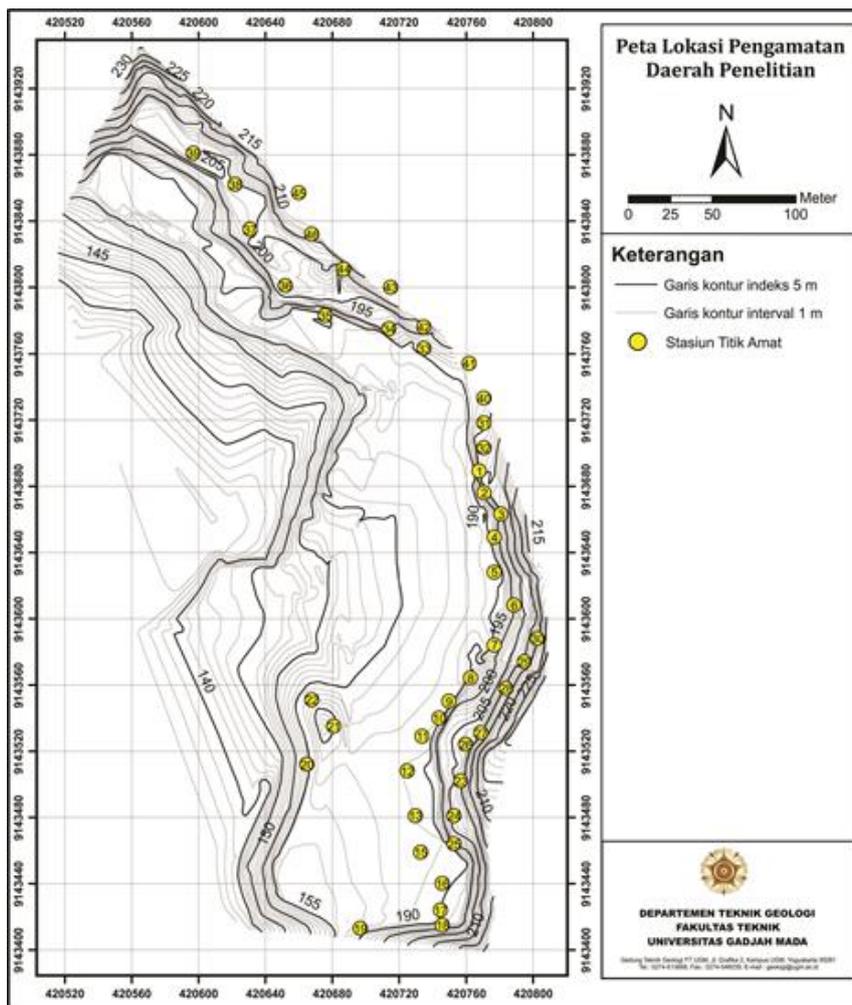
Aspek relatif kekuatan batuan diuji langsung di lapangan menurut uji lapangan *simple means field test* (BS 5930:1981), seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Pemilihan tiga faktor untuk pemetaan bahaya gerakan massa dalam penelitian ini didasarkan pada pertimbangan literatur dimana aspek kemiringan lereng dan litologi serta struktur geologi sering digunakan untuk pemetaan kerentanan gerakan massa oleh banyak penulis antara lain (Makealoun, Putra, dan Wilopo (2014); Moreiras (2005); Xiong, Indrawan, dan Putra (2017)). Sebenarnya tidak ada pedoman universal untuk memilih parameter yang mempengaruhi tanah longsor dalam pemetaan kerentanan gerakan massa/tanah pada suatu area, namun pemilihan parameter diatas telah memastikan bahwa faktor yang dipilih bersifat operasional, lengkap, tidak seragam, dapat diukur, dan tidak berlebihan seperti dianjurkan oleh Ayalew, Yamagishi, Marui, dan Kanno (2005).

Data-data tersebut kemudian dipetakan dan digitalisasi pada sistem informasi geografis menjadi peta zona kelerengan, peta zona litologi dan tingkat pelapukannya, serta peta zona densitas kerapatan struktur geologi. Terdapat lima kelas atau zona pada peta-peta yang berupa data vektor ini. Setiap kelas atau zona diberi skor nilai

kuantitatif 1 hingga 5 yang berkaitan dengan aspek kerentanan gerakan massa, dimana semakin besar skor maka makin rentan terhadap bahaya gerakan massa/tanah. Pada proses selanjutnya, peta-peta tersebut kemudian diubah dari data vektor menjadi data raster. Ukuran raster adalah 1x1 m².

Evaluasi lahan untuk menentukan zonasi aman dan tidak aman dari bahaya gerakan massa dilakukan

berdasarkan kriteria yang direpresentasikan oleh peta-peta tersebut, dengan melakukan penampalan peta. Pada evaluasi ini, setiap faktor diasumsikan memiliki bobot pengaruh yang sama. Hasil penampalan mendapatkan nilai total hasil penjumlahan pada setiap raster. Peta hasil *overlay* ini disebut peta zona bahaya gerakan massa.



Gambar 3. Lokasi Stasiun Pengamatan (STA) di Lokasi Penelitian

Tabel 1. Estimasi kekuatan batuan di lapangan (BS 5930, 1981)

Kekuatan Batuan (Mpa)	Simple Means Test
< 1,25	Hancur oleh remasan tangan
1,25 - 5	Pecahan tipis batuan mudah dipatahkan dengan tangan
5 - 12,5	Pecahan tipis batuan dipatahkan dengan tekanan tangan berat
12,5 - 50	Batu pecah dengan pukulan ringan palu geologi
50- 100	Batu pecah dengan pukulan berat palu geologi
100- 200	Pecahan kecil batuan dengan pukulan berat palu geologi
>200	Batu berdenting ketika menerima pukulan berat palu geologi

Ket :pukulan palu geologi standar berat 1 kg

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Bahaya Gerakan Massa di Daerah Penelitian

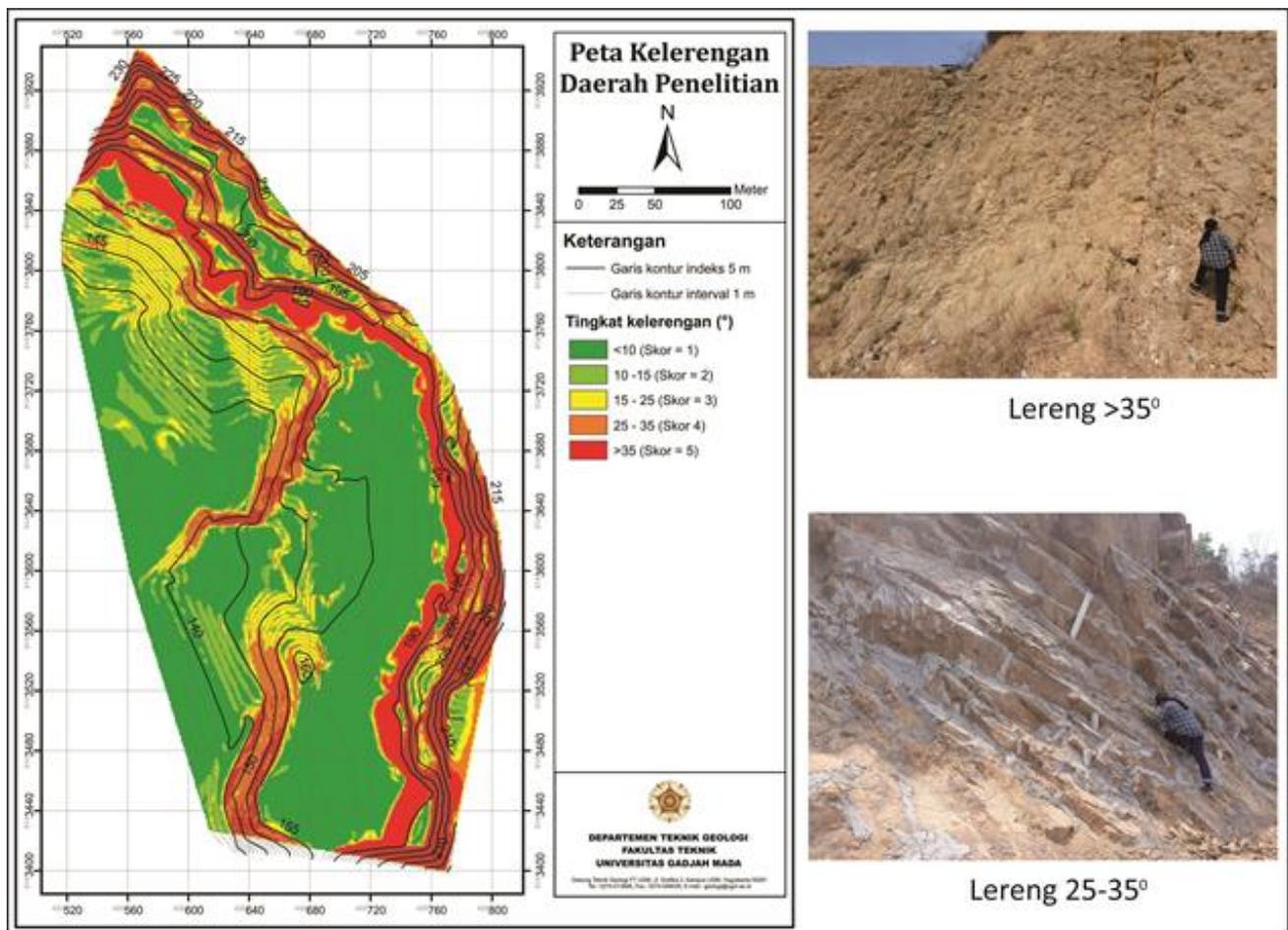
Tingkat Bahaya	Nilai Total Penampalan Kelas Kriteria
Rendah	3 - 6
Sedang	>6 - 9
Tinggi	>9 - 12
Ekstrim	>12

Kelas bahaya pada peta ini ditentukan dengan acuan semakin besar nilai total yang ada pada suatu raster maka semakin rentan area tersebut untuk terjadinya gerakan massa, seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Langkah selanjutnya, adalah melakukan penampalan peta bahaya gerakan massa dengan site plan pengembangan perumahan di lokasi penelitian, sehingga risiko pada setiap area pengembangan perumahan dapat diidentifikasi serta dapat disarankan upaya teknis mitigasi ataupun perencanaan ulang pengembangan perumahan di daerah kajian.

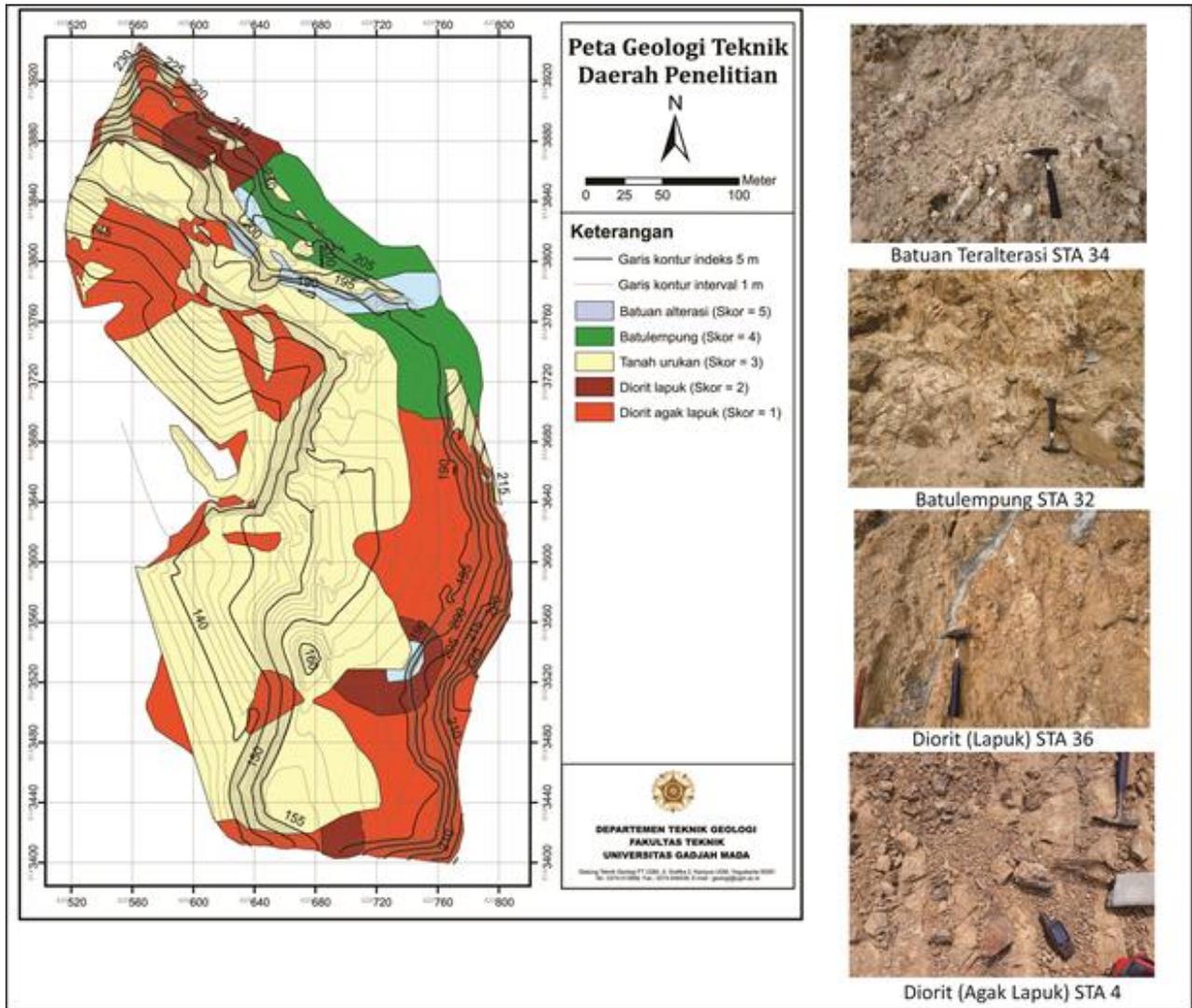
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelerengan merupakan kriteria utama yang menjadi perhatian pada tingkat kestabilan lereng. Semakin curam atau terjal suatu lereng maka semakin rentan untuk terjadi longsor. Berdasarkan analisis peta topografi dan pengukuran kemiringan lereng di lokasi penelitian, area pengembangan perumahan memiliki 5 kelas kelerengan yaitu $<10^\circ$, $10 - 15^\circ$, $15 - 25^\circ$, $25 - 35^\circ$, dan $>35^\circ$ (Gambar 4).

Sepanjang bagian timur dan bagian utara daerah pengembangan perumahan umumnya memiliki kelerengan yang terjal sebesar $>35^\circ$ yang ditunjukkan dengan warna merah. Kelerengan yang sangat terjal ($>35^\circ$) juga dijumpai pada bagian tengah daerah pengembangan perumahan. Direncanakan area rencana lokasi bangunan perumahan berada di bagian tengah daerah penelitian yang memiliki morfologi yang relatif datar-landai dengan kelerengan $<10^\circ$ yang ditunjukkan dengan warna hijau tua.



Gambar 4. Peta kelas kelerengan dan kenampakan morfologi lereng curam dan terjal dan di lokasi penelitian



Gambar 5. Peta satuan litologi dan kenampakan batuan di lokasi penelitian

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, litologi pada daerah penelitian dapat dibedakan menjadi lima satuan litologi menurut jenis dan sifat relatif kekuatan batuan dari lemah hingga sangat kuat yaitu satuan batuan teralterasi, batulempung, tanah urukan, diorit lapuk, dan diorit sedikit lapuk (Gambar 5). Semakin lemah kekuatan batuan maka semakin rentan untuk terjadinya gerakan massa/longsor.

Satuan batuan teralterasi memiliki karakteristik hancuran berukuran lempung-kerikil dan sulit untuk diketahui jenis batuan aslinya. Pecahan batuan teralterasi ini sangat mudah dihancurkan oleh remasan tangan. Satuan batuan ini tersebar pada bagian utara dan sedikit pada bagian selatan. Batuan teralterasi adalah batuan yang merupakan hasil perubahan dari batuan lain. Batuan alterasi

muncul ketika suatu batuan terkena struktur geologi dan fluida termal melewatinya. Satuan kedua yang ditemukan adalah batulempung.

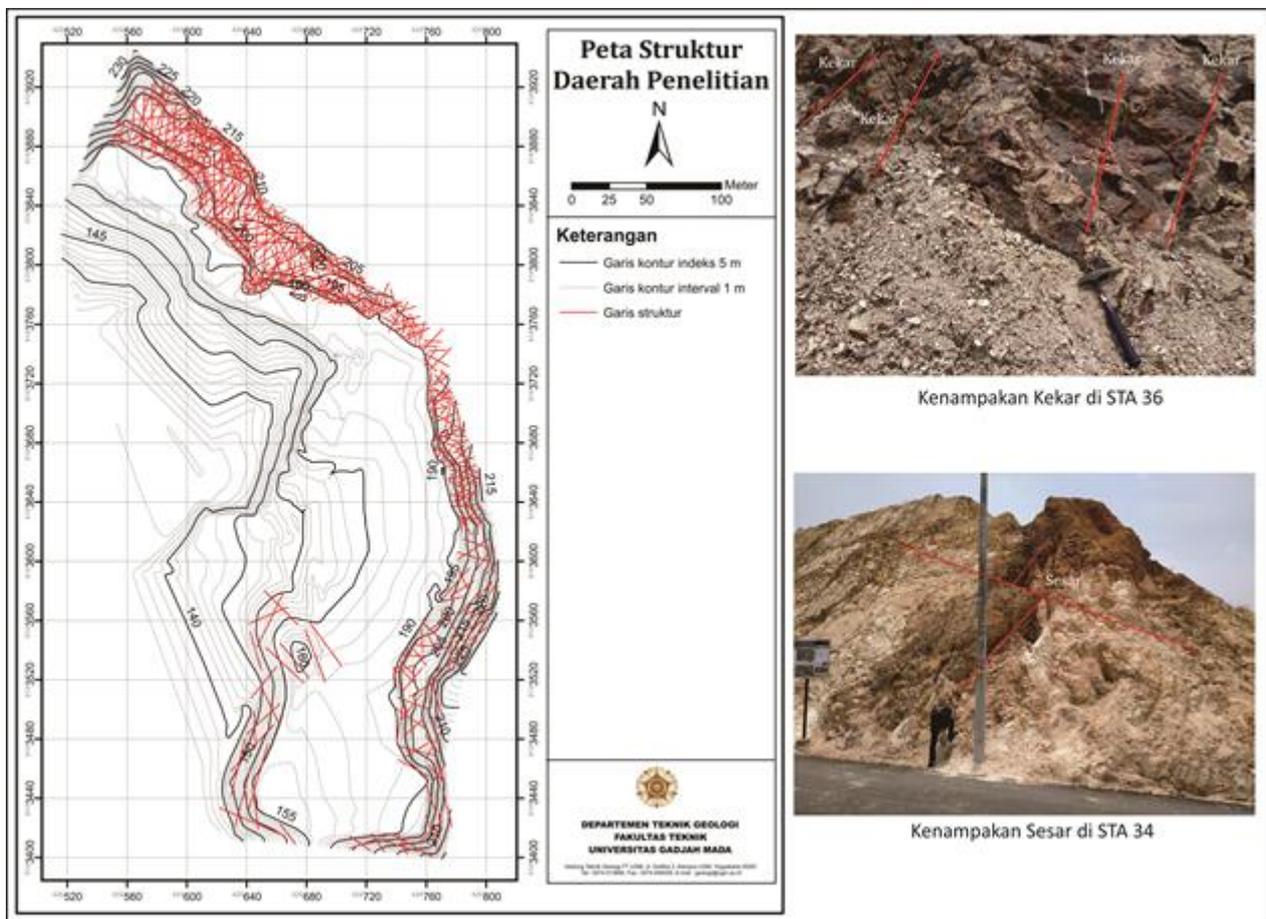
Satuan litologi kedua, yaitu batulempung memiliki kemas batuan *matrix supported*, pada saat pengamatan, batuan ini pecah-pecah dalam potongan yang kecil. Batulempung ini mudah dipecahkan oleh tekanan tangan yang ringan. Satuan batuan ini ditemukan pada bagian timur memanjang ke arah utara. Batulempung memiliki sifat mengembang ketika terkena air (musim hujan) dan mengempis ketika kering (musim panas), atau disebut dengan sifat kembang-susut. Hal ini dapat mengurangi kekuatan batuan dan merusak konstruksi yang dibangun di atasnya.

Satuan tanah urugan memiliki ciri berwarna coklat muda dan coklat tua, dan tersusun oleh pasir hingga kerakal (0,06 mm – 200 mm). Satuan ini telah terkeraskan dan terkonsolidasi. Secara relatif, tanah urugan ini dapat dipecahkan dengan tekanan berat tangan. Komposisi mineraloginya adalah plagiokelas, kuarsa, dan fragmen batuan diorit. Satuan ini tersebar di hampir di seluruh daerah penelitian, terutama pada bagian lereng dengan kemiringan landai hingga sedang.

Satuan litologi keempat adalah satuan diorit lapuk dengan warna coklat cerah. Tekstur dan komposisi mineral batuan tidak terlihat karena telah

mengalami proses pelapukan. Batuan diorit lapuk ini dapat dipecahkan dengan pukulan palu geologi ringan hingga sedang.

Satuan litologi kelima adalah satuan diorit agak lapuk. Warna batuan ini adalah coklat cerah gelap. Tekstur batuan teramati, yaitu porfiroafanitik, memiliki fragmen dan massa dasar. Komposisi mineral didominasi oleh plagiokelas dengan sedikit felspar dan kuarsa. Satuan diorit agak lapuk ini hanya pecah ketika dipukul dengan berat bahkan beberapa sama sekali tidak pecah ketika dipukul oleh palu geologi.



Gambar 6. Peta sebaran struktur geologi yang berupa kekar dan sesar di lokasi penelitian

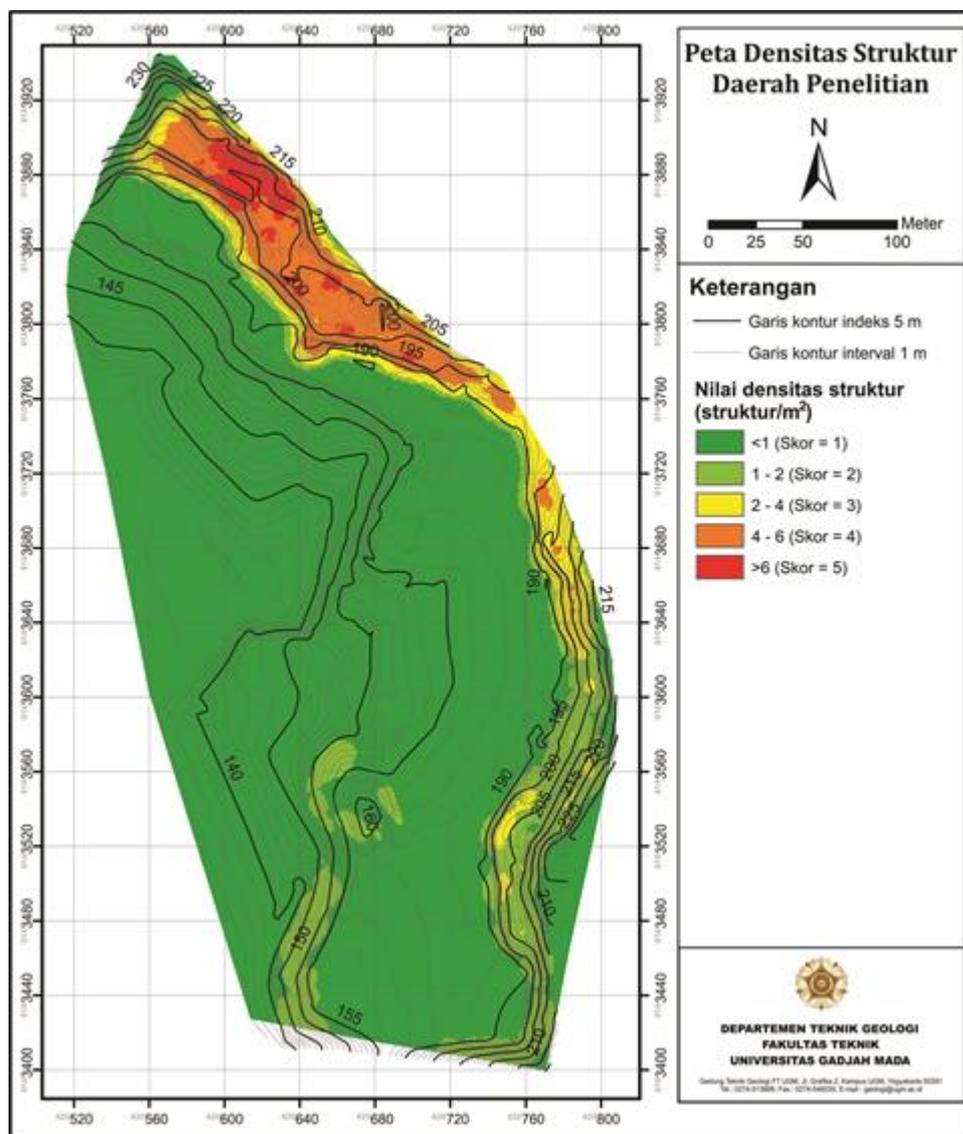
Struktur geologi merupakan faktor penting pada kajian kestabilan lereng (Karnawati, 2005). Adanya struktur geologi dapat membentuk bidang lemah yaitu bidang diskontinuitas sehingga mudah untuk terjadi gerakan massa. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penelitian adalah sesar dan kekar. Penyebaran keterdapatn struktur

geologi atau bidang diskontinuitas di daerah penelitian ditampilkan pada Gambar 6.

Berdasarkan peta keterdapatn struktur daerah penelitian ini, bagian utara daerah penelitian adalah wilayah yang memiliki spasi antar struktur yang paling rapat dibandingkan area lainnya di lokasi penelitian. Spasi antar bidang diskontinuitas

adalah jarak antara dua bidang lemah pada massa batuan. Aspek ini perlu diperhitungkan, karena densitas diskontinuitas akan menentukan kekuatan dari massa batuan. Semakin rapat jarak antar diskontinuitas maka blok massa batuan akan terbagi-bagi menjadi bagian yang makin kecil yang dikhawatirkan akan meningkatkan potensi keruntuhan massa batuan atau terjadinya longsor (Bienawksi, 1989). Analisis kerapatan bidang diskontinuitas dari struktur geologi pada penelitian ini dilakukan menggunakan sistem informasi geografi (SIG) dengan menghitung densitas struktur per satuan luasan 1 m² (Gambar 7).

Pada Gambar 7, dapat dilihat adanya perbedaan intensitas kerapatan struktur pada bagian utara dan selatan daerah penelitian. Nilai densitas struktur tersebut diklasifikasikan menjadi 5 kelompok nilai yaitu <1, 1-2, 2-4, 4-6 dan >6 dengan satuan struktur/m². Bagian tengah dari daerah penelitian pada peta densitas memiliki nilai rendah dikarenakan daerah tersebut telah tertutup tanah urugan di mana konstruksi bangunan akan bertumpu langsung pada tanah urugan tersebut dan bukan pada batuan dasar.



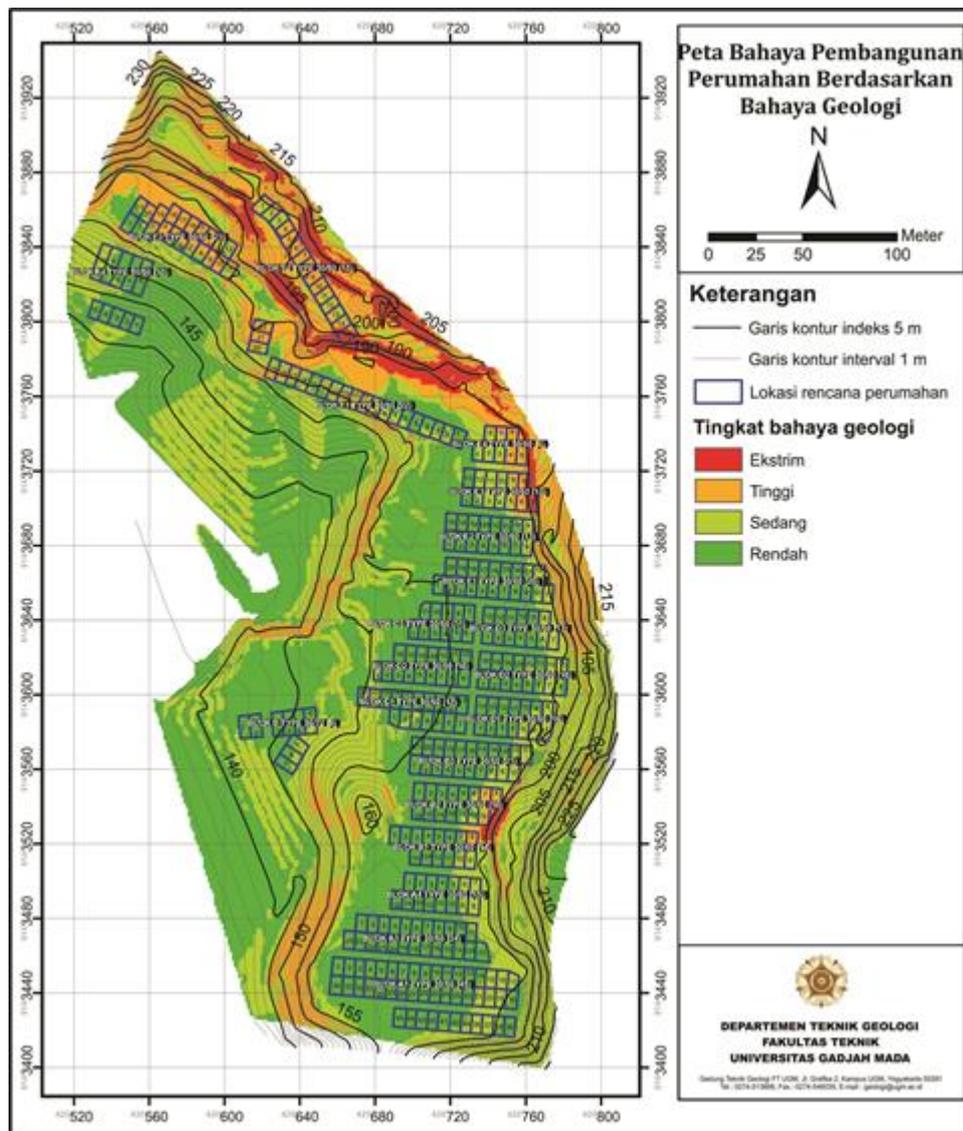
Gambar 7. Peta densitas struktur di lokasi penelitian

Evaluasi kerentanan terhadap bahaya gerakan massa dilakukan dengan menampalkan setiap kriteria dengan penilaian setiap kelas sesuai

dengan yang telah dijelaskan pada prosedur dan metodologi penelitian. Hasil penampalkan ketiga kriteria menghasilkan peta zona bahaya gerakan

massa di daerah penelitian (Gambar 8). Daerah yang memiliki potensi bahaya gerakan massa tinggi dan ekstrim, utamanya terdapat pada bagian utara dan timur laut daerah penelitian. Hal ini disebabkan karena pada daerah tersebut memiliki tingkat kelerengan yang curam-terjal, dominasi litologi yang lemah berupa batuan alterasi dan

batulempung dan densitas struktur yang sangat rapat. Bagian utara, barat laut, tengah dan selatan, didominasi oleh zona bahaya geologi rendah-sedang yang berasosiasi dengan lereng datar-landai dan kondisi litologi yang kuat serta densitas struktur yang kurang rapat.



Gambar 8. Peta zona bahaya gerakan massa dan site plan pengembangan perumahan di daerah penelitian

Penampalan peta bahaya gerakan massa dengan rencana site plan pengembangan perumahan memungkinkan untuk mengevaluasi secara detil kelayakan rencana pengembangan perumahan terhadap bahaya gerakan massa di lokasi tersebut, seperti ditunjukkan oleh Gambar 8. Beberapa blok pengembangan perumahan berdasarkan site plan tersebut perlu direncanakan ulang perencanaannya karena berada pada zona bahaya

tinggi dan ekstrim gerakan massa yaitu Blok F1, F2 dan F3 di bagian utara. Blok A, A1, A3, A4, B, B3, C1, C2, C3, D1, dan D2 adalah blok yang paling aman berdasarkan potensi bahaya gerakan massa, demikian juga dengan Blok B1, B2, D3, E1, dan E2 bagian tengah dan barat. Bagian timur Blok B1, B2, B3, D3, E1, dan E2 masuk zona potensi bahaya gerakan massa sedang yang memerlukan kewaspadaan dan penanganan lanjut karena

berdekatan dengan zona bahaya geologi tinggi dan ekstrim. Selain itu, bagian tengah dan barat Blok E3 dan E4 yang walaupun terletak pada zona bahaya gerakan massa sedang, dinilai kurang aman karena lokasi yang sangat berdekatan dengan zona bahaya geologi tinggi dan ekstrim.

Pembahasan di atas telah mampu menjawab tujuan dan pertanyaan penelitian. Penelitian ini berkontribusi menghasilkan peta bahaya gerakan massa menjadi 4 kelas, rendah hingga ekstrim. Hasil ini menjadi pembaruan yang lebih rinci dari peta bahaya gerakan massa di daerah penelitian yang dihasilkan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana (2014). Selain itu, penelitian ini berkontribusi mengevaluasi risiko gerakan massa pada *site-plan* perumahan di daerah penelitian. Informasi detil yang dapat diberikan dengan kajian ini, sangat berguna bagi pengembang dan tentu saja pemangku kepentingan di dalam perubahan perencanaan perumahan ini, walau berada pada area perbukitan dengan segala keterbatasannya dapat mewujudkan adanya perumahan yang aman dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Aplikasi analisis multi kriteria spasial pada kajian ini dengan baik telah mampu memetakan zona potensi bahaya gerakan massa di daerah penelitian. Faktor kelerengan, kekuatan batuan dan densitas struktur geologi yang digunakan dapat menghasilkan zona-zona potensi bahaya gerakan massa, dimana zona bahaya gerakan massa tinggi dan ekstrim berkaitan erat dengan kondisi kelerengan curam-terjal, jenis litologi yang memiliki kekuatan batuan yang lemah (batulempung dan alterasi) dan densitas struktur geologi yang rapat.

Penampalan peta bahaya dengan *site-plan* perumahan memberikan informasi penting bagi pengembang untuk melakukan perencanaan ulang pada beberapa blok perumahan yang akan menempati zona bahaya tinggi dan ekstrim, hal ini akan memberikan kepastian bagi pemangku kepentingan untuk menyetujui rencana pengembangan perumahan tersebut. Penerapan analisis multi kriteria spasial dengan SIG terbukti sangat bermanfaat pada kajian ini dan seharusnya

secara masif menjadi dasar perencanaan pengembangan wilayah urban khususnya pada lahan-lahan pengembangan yang berasosiasi dengan keberadaan bahaya geologi.

Kesimpulan penelitian ini sesuai dengan hipotesis dan menjelaskan faktor-faktor bahaya gerakan massa serta risikonya terhadap perencanaan perumahan secara rinci. Pengembangan dari penelitian ini dapat dilakukan dengan memperhatikan faktor/parameter lain diluar aspek geologi, semisal faktor sosial, ekonomi, infrastruktur dalam analisis multi-kriteria spasial pada penelitian ini.

5. ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan PT. Dewi Sri Sejati atas dukungan ijin dan lainnya sehingga kajian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Akyol, E., Alkan, M., Kaya, A., Tasdelen, S., & Aydin, A. (2018). Environmental Urbanization Assessment Using Gis and Multicriteria Decision Analysis: A Case Study for Denizli (Turkey) Municipal Area. *Advances in Civil Engineering*, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1155/2018/6915938>
- Akyol, E., Kaya, A., & Alkan, M. (2016). Geotechnical Land Suitability Assessment Using Spatial Multi-Criteria Decision Analysis. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(7), 1-12. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12517-016-2523-6>
- Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., & Kanno, T. (2005). Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-Based Susceptibility Mapping With Comparisons of Results From Two Methods and Verifications. *Engineering geology*, 81(4), 432-445. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2005.08.004>
- Bienawski, Z. T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. New York: John Wiley & Sons.

- Bronto, S., Ratdomopurbo, A., Asmoro, P., & Adityarani, M. (2014). Longsoran Raksasa Gunung Api Merapi Yogyakarta–Jawa Tengah. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, 15(4), 165-183.
- Chen, Y., Yu, J., & Khan, S. (2010). Spatial Sensitivity Analysis of Multi-Criteria Weights in Gis-Based Land Suitability Evaluation. *Environmental Modelling & Software*, 25(12), 1582-1591. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.06.001>
- Dai, F., Lee, C., & Zhang, X. (2001). GIS-Based Geo-Environmental Evaluation for Urban Land-Use Planning: A Case Study. *Engineering geology*, 61(4), 257-271. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(01\)0028-X](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)0028-X)
- Gischa, S. (2020). Jumlah Penduduk Indonesia 2020. from Kompas.com <https://www.kompas.com/skola/read/2020/01/08/06000069/jumlah-penduduk-indonesia-2020?page=all>
- Hartono, H. G., Sudradjat, A., Verdiansyah, O., & (2017, J. C. o. G., Sleman, Yogyakarta: A Volcanic Geomorphology Review. In (Vol.). (2017). Caldera of Godean, Sleman, Yogyakarta: A Volcanic Geomorphology Review. *Forum Geografi*, 31(1), 138-147. Doi: <https://doi.org/10.23917/forgeo.v31i1.2821>
- Huang, I. B., Keisler, J., & Linkov, I. (2011). Multi-Criteria Decision Analysis in Environmental Sciences: Ten Years of Applications and Trends. *Science of the Total Environment*, 409(19), 3578-3594. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.022>
- Karleuša, B., Hajdinger, A., & Tadić, L. (2019). The Application of Multi-Criteria Analysis Methods for The Determination of Priorities in The Implementation of Irrigation Plans. *Water*, 11(3), 501-521. Doi: <https://doi.org/10.3390/w11030501>
- Karnawati, D. (2005). Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya. *Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*.
- Kim, H. Y., Choi, Y., Kim, H., & Oh, S. H. (2016). Planning for The Suitable? Land Use Suitability and Social and Ecological Factors for Locating A New Hazardous Facility. *KSCCE Journal of Civil Engineering*, 20(1), 359-366. Doi: <https://doi.org/10.1007/s12205-014-0199-6>
- Kumar, S., & Bansal, V. (2019). GIS-Based Locational Evaluation of Infrastructure Facilities in Hilly Regions: A Case Study of An Institute Campus. *International Journal of Construction Management*, 1-20. Doi: <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1604114>
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Geographic Information Systems and Science: Principals, Techniques, Applications and Management Abridged Edition*: John Wiley & Sons.
- Makealoun, S., Putra, D. P. E., & Wilopo, W. (2014). Landslide Susceptibility Assessment of Kokap Area Using Multiple Logistic Regression. *Journal of Applied Geology*, 6(2), 53-61. Doi: <https://doi.org/10.22146/jag.7217>
- Malczewski, J. (2006). GIS-Based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of The Literature. *International journal of geographical information science*, 20(7), 703-726. Doi: <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>
- Malczewski, J., & Rinner, C. (2015). *Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information Science*. New York: Springer.
- Moreiras, S. M. (2005). Landslide susceptibility zonation in the Rio Mendoza valley, Argentina. *Geomorphology*, 66(1-4), 345-357. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.09.019>
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana. (2014). *Peta Kerentanan Gerakan Tanah di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta*. Bandung: Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, & Rosidi, H. M. D. (1995). *Geological Map of Yogyakarta Quadrangle, 2nd Edition*. Bandung: Geological Survey of Indonesia.
- van Bemmelen, R. W. (1970). *The Geology of Indonesia Vol. I-A: General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagos, 2nd*

edition. Netherland: Martinus Nijhoff/The Hague.

Xiong, T., Indrawan, I. G. B., & Putra, D. P. E. (2017). Landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process, statistical index, index of entropy, and logistic regression approaches in the Tinalah Watershed, Yogyakarta. *Journal of Applied Geology*, 2(1), 78–93. Doi: <http://dx.Doi.org/10.22146/jag.39983>