

## Analisis Gerakan Tanah di Daerah Sekaran dan Sekitarnya Beserta Rekomendasi Penanggulangannya

Ahmad Syihab Fajarulloh<sup>1\*</sup>, Kartika Luthfia Ariwibowo<sup>1</sup>, Andrian Nur Habib Musthofa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

\*Surel: syihab.ahmad8@gmail.com

### Abstrak

Indonesia merupakan negara dengan potensi bencana geologi cukup tinggi. Salah satu bencana yang sering terjadi adalah gerakan tanah. Kondisi ini sejalan dengan kondisi iklim, topografi dan penambahan populasi di Indonesia tiap fase waktu tertentu dan memiliki kesamaan dengan daerah Sekaran dan sekitarnya sebagai objek daerah penelitian. Penelitian ini bertujuan mengetahui persebaran potensi gerakan tanah dan solusi rekayasa geologi teknik untuk menanggulangi gerakan tanah tersebut. Penelitian ini menggunakan data primer berupa pemetaan geologi teknik dan penginderaan jarak jauh menggunakan DEM (Digital Elevation Model) dan landsat-8 sebagai data pendukung lapangan dan visualisasi dari kondisi daerah penelitian. Berdasarkan hasil pemetaan geologi teknik, daerah penelitian memiliki potensi berupa tanah longsor di beberapa titik yang ditunjukkan dengan terdapat lereng yang curam. Persebaran potensi gerakan tanah pada daerah penelitian diidentifikasi dari data litologi, curah hujan, elevasi, kemiringan lereng, dan tata guna lahan. Hasil tersebut menunjukkan 40% daerah penelitian berpotensi mengalami longsor dengan intensitas tinggi sampai sangat tinggi. Rekomendasinya yaitu dengan melakukan rekayasa atau aplikasi geologi teknik, dengan pembuatan retaining wall berupa penggunaan blok beton segmental dengan inovasi pemanfaatan sampah plastik. Rekayasa ini digunakan untuk menahan dan meminimalkan terjadinya gerakan tanah berupa tanah longsor, memanfaatkan penggunaan sampah untuk mengurangi pencemaran sampah plastik, dan mengarahkan masyarakat sekitar untuk memiliki kesiapsiagaan terhadap bencana.

**Kata kunci:** longsor, sekaran, penanggulangan

---

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan potensi bencana yang sangat tinggi. Hal tersebut didukung dengan keberadaan Indonesia yang dikelilingi oleh tiga lempeng dunia yaitu lempeng Eurasia, lempeng Hindia-Australia dan lempeng Pasifik. Interaksi intensif dari lempeng-lempeng tersebut membuat Indonesia dilewati oleh cincin api dunia atau *ring of fire*, sehingga hasilnya membentuk relief dan topografi yang ada di Indonesia menjadi beragam. Faktor iklim dan manusia sangat berpengaruh dalam membentuk hasil topografi baru dengan kondisi yang memiliki perbedaan elevasi. Sehingga membuat daya intensitas tanah dan batuan menjadi tidak stabil akibat perbedaan elevasi yang dihasilkan, dan dapat terjadi bencana berupa gerakan tanah khususnya berupa tanah longsor. Keadaan tersebut memiliki kemiripan dengan daerah penelitian yang berada di daerah Sekaran dan sekitarnya, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang.

Longsoran adalah jenis gerakan massa tanah atau batuan yang umumnya terjadi pada kemiringan lereng 20°-40° dengan massa yang bergerak berupa tanah residual, endapan koluvial dan batuan vulkanik yang lapuk (Karnawati, 2005). Tanah yang kasar akan lebih berisiko terjadi longsor karena tanah tersebut mempunyai kohesi agregat tanah yang rendah (Faizana *et al.*, 2015). Pada daerah penelitian memiliki presentasi

lereng dengan 0-85.96% dan didominasi dengan morfologi berupa perbukitan. Selain itu dari faktor kondisi geologi yang tersusun atas litologi batu lempung dan breksi vulkanik dengan intensitas proses pelapukan relatif tinggi, serta terdapat struktur geologi yang menjadi zona lemah dan didukung dengan keberadaan area kampus, kondisi vegetasi, kelerengan dan tata guna lahan dengan banyaknya pembangunan sehingga dapat memicu gerakan tanah berupa tanah longsor.

Berdasarkan permasalahan di atas proses gerakan tanah berupa tanah longsor apabila dibiarkan dan tidak segera ditangani akan membahayakan bagi masyarakat sekitar. Sehingga diperlukan upaya untuk mengembalikan kestabilan tanah agar tidak terjadi bencana tanah longsor. Penggunaan blok beton segmental merupakan salah satu upaya menanggulangi permasalahan tanah longsor dan mengembalikan kestabilan lereng pada tanah longsor. Pemanfaatan sampah plastik dapat membantu dalam mengatasi permasalahan lingkungan berupa banyaknya sampah plastik.

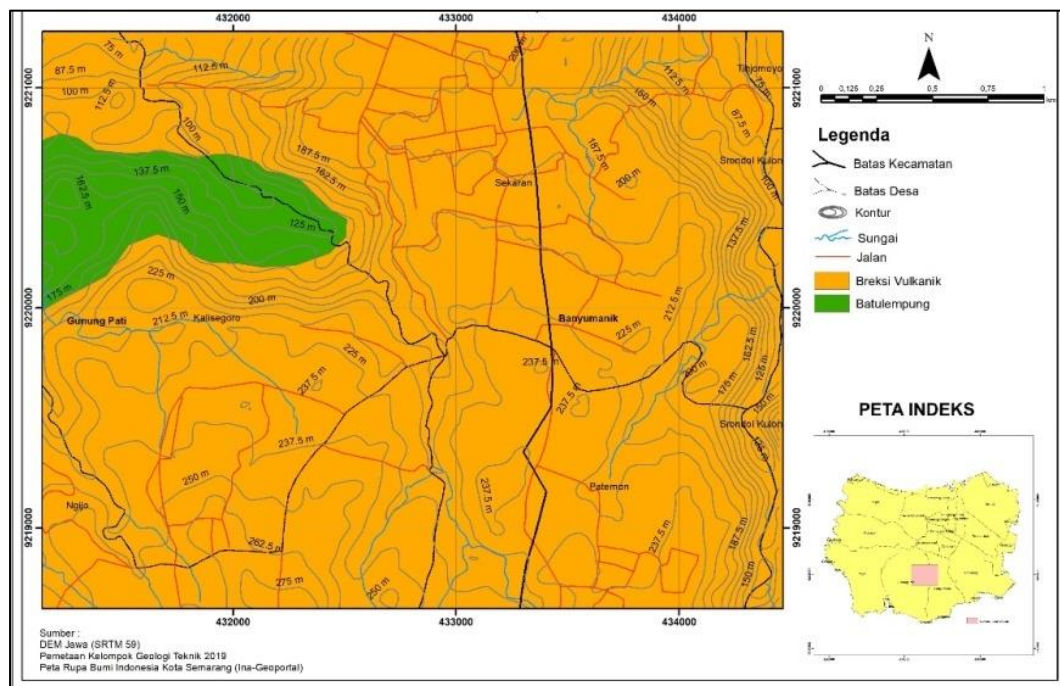
## METODE

Proses penelitian dilakukan selama dua minggu yaitu mulai dari tanggal 1-14 September 2019 di daerah Sekaran dan sekitarnya, Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang atau dekat dengan kawasan Universitas Negeri Semarang. Penelitian ini dilakukan dengan pemetaan geologi teknik dan penginderaan jarak jauh menggunakan DEM (*Digital Elevation Model*) dan landsat-8 sebagai data pendukung lapangan dan visualisasi dari kondisi daerah penelitian. Tahapan penelitiannya dilakukan dengan melakukan tahap studi literatur dan penginderaan jauh, kemudian dilanjutkan dengan melakukan tahap pemetaan geologi dan geologi teknik.

## PEMBAHASAN

Persebaran litologi pada peta geologi (Gambar 1) didominasi oleh batuan vulkanik berupa breksi vulkanik ditunjukkan pada peta geologi berwarna jingga. Karakteristiknya berasal dari aktivitas gunungapi yang mengalami erupsi dan mengendapkan material vulkanik. Tersusun atas bongkah sampai kerikil batuan beku berupa andesit, fragmen pumice material halus seperti tufan berukuran <2 mm (Fisher, 1966), bercampur dengan material pasir. Breksi bersifat non karbonatan, masif, memiliki bentuk butir angular sampai subangular, warna pelapukannya cenderung coklat dan abu-abu. Breksi vulkanik merupakan batuan yang terendapkan secara tidak selaras di atas lapisan batulempung. Karakteristik batu lempung tersebut yaitu bersifat sedikit karbonatan, berwarna hitam keabuan, memiliki ukuran butir <1/256 mm, terdapat beberapa sisipan material lanau berukuran 1/256 sampai 1/16 mm, memiliki karakteristik mudah mengembang ketika batuan terkena oleh air dan bersifat licin (Wentworth, 1992). Batu lempung ini merupakan batuan yang paling tua dibandingkan breksi vulkanik. Lapisan batulempung merupakan bidang gelincir yang dapat menyebabkan longsor hal tersebut dipicu oleh sifatnya yang licin sehingga bila terdapat suatu benda atau material diatas lapisan tersebut maka longsor akan mudah terjadi. Hal lain juga dipicu oleh bidang miring dan penambahan beban di atas lapisan lempung akan mempercepat terjadinya longsor. Terutama di lokasi dengan kondisi batulempung yang telah tersingkap akan lebih berisiko terjadi longsor. Jika sebuah bangunan didirikan di atas lapisan batulempung ini maka akan sangat berisiko terjadi bencana seperti longsor atau gerakan tanah lainnya. Lapisan batulempung berada di daerah dengan kontur yang relatif rapat

sehingga akan banyak dijumpai bidang miring atau tebing miring yang terjal hal tersebut akan memicu pergerakan tanah yang akan mengikuti arah gravitasi.

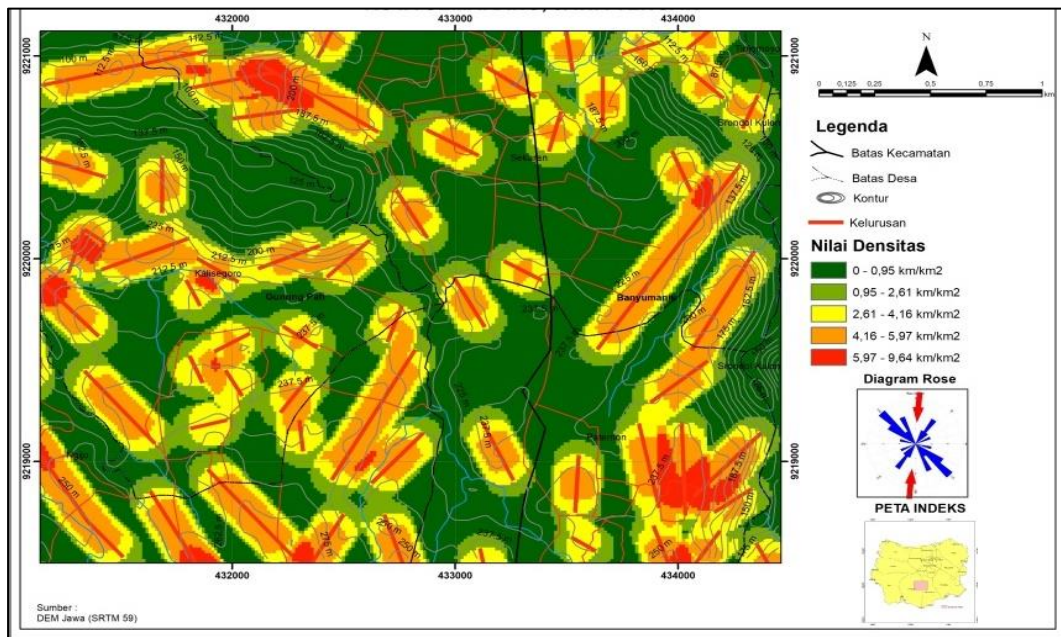


**Gambar 1.** Peta geologi daerah penelitian

FFD (*Fault Fracture Density*) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi pelurusan di daerah penelitian serta menentukan dominasi arah pelurusan yang terbentuk. Pembentukan pelurusan di suatu daerah biasanya akan dikontrol oleh geologi daerah tersebut, daerah dengan aktivitas tektonik yang intensif mampu membentuk banyak pelurusan. Peta FFD (Gambar 2) yang dihasilkan menunjukkan daerah dengan pelurusan sebagai indikasi bahwa terdapat struktur geologi pada daerah penelitian. FFD memiliki peran yang dapat menunjukkan bahwa suatu daerah memiliki potensi kebencanaan salah satunya longsor. Longsor dapat dipengaruhi oleh adanya struktur geologi yang membuat lapisan batuan di suatu daerah mampu patah atau pecah dan terbentuk celah.

Hasil analisis *fault fracture density* akan memperlihatkan daerah yang terkonsentrasi akan pelurusan. Biasanya daerah dengan banyak pelurusan dicirikan dengan daerah yang memiliki lereng terjal dan kontur rapat. Berdasarkan pengolahan *line density* akan menghasilkan gambaran dari persebaran daerah yang memiliki nilai densitas tinggi dan interpretasi garis pelurusan. Pada daerah penelitian dihasilkan *range* nilai densitas yaitu 0 sampai 9,64 km/km<sup>2</sup>. Daerah yang berwarna hijau memiliki nilai densitas yang sangat kecil yaitu 0 sampai 0,95 km/km<sup>2</sup> berdasarkan persebaran pelurusannya daerah yang berwarna hijau merupakan daerah yang tidak ditemukan adanya pelurusan, sehingga nilai densitasnya sangat rendah. Persebaran warna hijau muda memiliki kuantitas persebaran yang sangat sempit dengan *range* nilai densitas yaitu 0,95 sampai 2,61 km/km<sup>2</sup> daerah ini merupakan daerah yang cukup terpengaruh atas kehadiran pelurusan, namun mendapatkan pengaruh paling sedikit di area yang ditemukannya pelurusan. Selanjutnya daerah dengan persebaran nilai densitas yang lebih tinggi dengan *range* nilai yaitu 2,61 sampai 4,16 km/km<sup>2</sup> merupakan daerah yang paling dekat dengan pusat pelurusan dan cukup terpengaruh besar terhadap keberadaan pelurusan. Nilai densitas paling tinggi yaitu 5,97 sampai 9,64 km/km<sup>2</sup> ditunjukkan

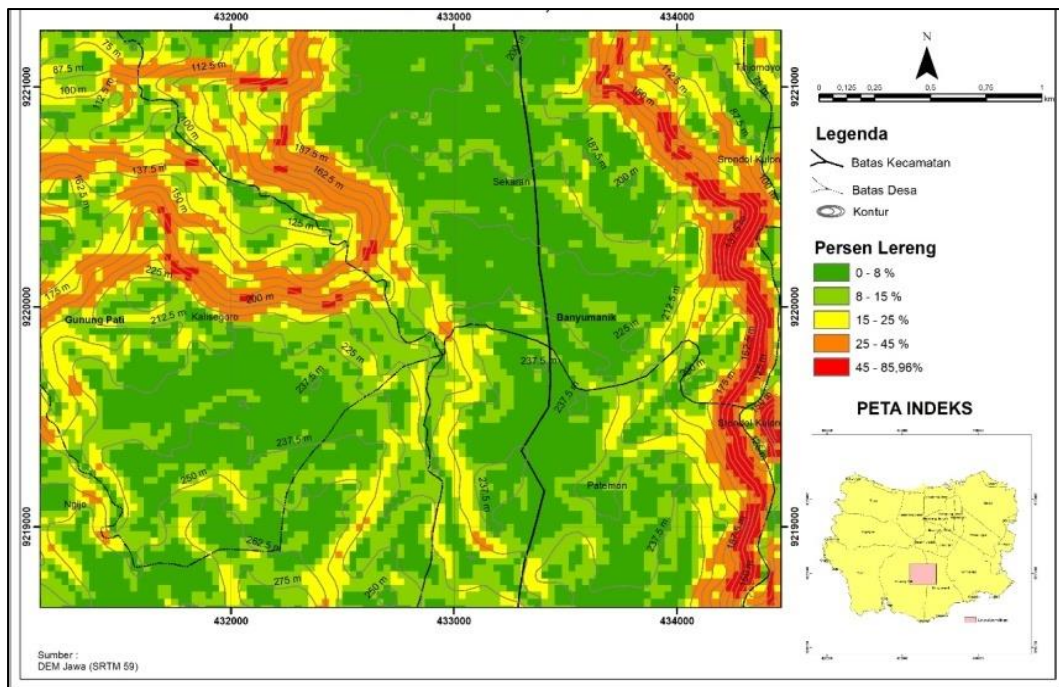
dengan warna merah merupakan daerah yang sangat dipengaruhi oleh keberadaan pelurusan dan diinterpretasikan sebagai zona lemah dari keberadaan pelurusan dan merupakan zona hancuran yang dipengaruhi oleh adanya aktivitas dari bawah permukaan, persebarannya berada di daerah Sekaran, Kalisegoro, Ngijo, dan Patemon. Daerah ini diindikasikan banyak ditemui struktur geologi seperti patahan serta daerah dengan kondisi permukaannya yang tidak rata. Semakin banyak pelurusan yang ditemukan maka nilai densitasnya tinggi.



**Gambar 2.** Peta FFD daerah penelitian

Analisis peta kelerengan (Gambar 3) dapat dikelompokkan berdasarkan kalkulasi pengelompokan kategori tingkat kelerengan (datar, sedang, agak terjal, terjal, sangat terjal) (DVMBG, 2004). Pada daerah penelitian memiliki persebaran dominasi warna hijau yang menunjukkan nilai rendah kelerengan yaitu 0-8%, daerah ini memiliki persebaran pada kontur yang renggang dan cenderung datar. Pada daerah dengan warna hijau muda merupakan daerah yang memiliki kemiringan lahan tetapi masih cukup datar, daerah ini cenderung berada pada daerah yang sedikit berkontur memiliki persentase 8-15%. Kelerengan dengan persebaran warna kuning mulai menuju daerah yang memiliki kontur rapat biasanya akan memiliki kemiringan yang cukup terjal dengan persentase kemiringan 15-25%. Sedangkan daerah dengan persebaran warna jingga hingga merah memiliki nilai persentase 25-85,96% merupakan daerah yang memiliki kondisi yang terjal dan kondisi permukaan yang sangat terjal ditunjukkan dengan persebaran warna merah yang berada pada daerah dengan kontur sangat rapat yang merupakan daerah dengan indikasi pelurusan cukup dominan, yang tersebar di bagian barat laut dan timur laut Sekaran, bagian timur Patemon, dan bagian utara Kalisegoro. Hasil persentase kelerengan pada suatu daerah dapat menginterpretasikan kondisi yang terjadi di daerah tersebut. Daerah dengan tingkat kelerengan yang tinggi akan mudah tererosi atau mengalami pelapukan dibandingkan dengan daerah dengan kelerengan yang rendah, karena daerahnya yang datar sehingga daerah ini tidak mengalami gerakan tanah yang berarti seperti terpengaruh oleh gravitasi. Daerah dataran juga cenderung tidak memiliki tebing yang tinggi dan terjal.





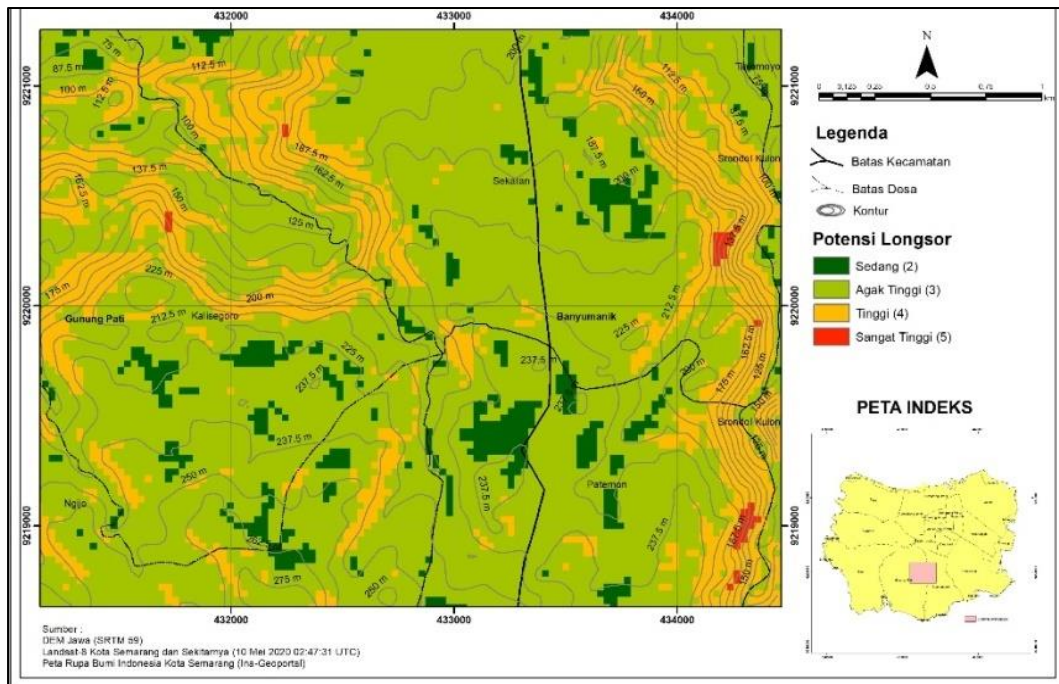
**Gambar 3.** Peta kelerengan daerah penelitian

*Fault fracture density* memiliki control terhadap kerawanan longsor pada suatu daerah, jika suatu daerah terkonsentrasi nilai *line density* yang tinggi maka daerah tersebut semakin memiliki potensi kelongsoran yang tinggi, selain itu nilai indeks vegetasi pada suatu wilayah juga akan mempengaruhi, jika suatu daerah memiliki indeks vegetasi yang tinggi maka daerah tersebut merupakan daerah yang aman akan kelongsoran sedangkan jika nilai vegetasinya semakin rendah maka akan memiliki tingkat kelongsoran yang tinggi namun nilai indeks vegetasi memiliki faktor pengaruh yang sangat kecil dibandingkan dengan kondisi geologi pada daerah tersebut. Penggunaan lahan pada daerah penelitian juga dapat mempengaruhi tingkat kelongsoran, semakin banyak aktivitas manusia atau daerah pembangunan maka akan semakin mempengaruhi ketidakstabilan tanah akibat adanya pembebanan sehingga potensi kelongsoran akan semakin tinggi. Selain itu, faktor tidak dilakukannya reklamasi pada suatu lahan kosong bekas aktivitas penambangan juga akan mempengaruhi hal tersebut yang menyebabkan banyak longsor terjadi di area pertambangan (Gambar 4).

Kondisi kelerengan merupakan faktor geologi yang memiliki intensitas pengontrol paling besar dibandingkan dengan faktor lainnya. Suatu daerah dengan tingkat kelerengan yang tinggi akan memiliki kemiringan lereng cukup curam sehingga erosi sering terjadi pada kondisi ini, hal ini menyebabkan potensi kelongsoran akan sangat besar. Selain kelerengan faktor penyebab kelongsoran dengan nilai yang tinggi yaitu kondisi litologi daerah penelitian semakin lunak batuan penyusun suatu daerah maka akan memiliki kecenderungan mineral yang kurang stabil sehingga menyebabkan batuan mudah mengalami pelapukan dan tererosi biasanya *softrock* cenderung mudah tererosi dan *hardrock* merupakan batuan yang tersusun atas mineral stabil sehingga waktu pelapukannya jauh lebih lama dan tidak mudah mengalami pelapukan.

Persebaran kerentanannya ditunjukkan dengan warna jingga memiliki kerentanan yang tinggi berada pada daerah dengan kecenderungan pola kontur yang sama. Sedangkan daerah yang memiliki potensi kelongsoran sangat tinggi ditunjukkan dengan warna merah dengan persebaran yang cukup sempit dan tersebar pada daerah yang memiliki kontur sangat rapat, yaitu tersebar dibagian daerah timur dan barat laut

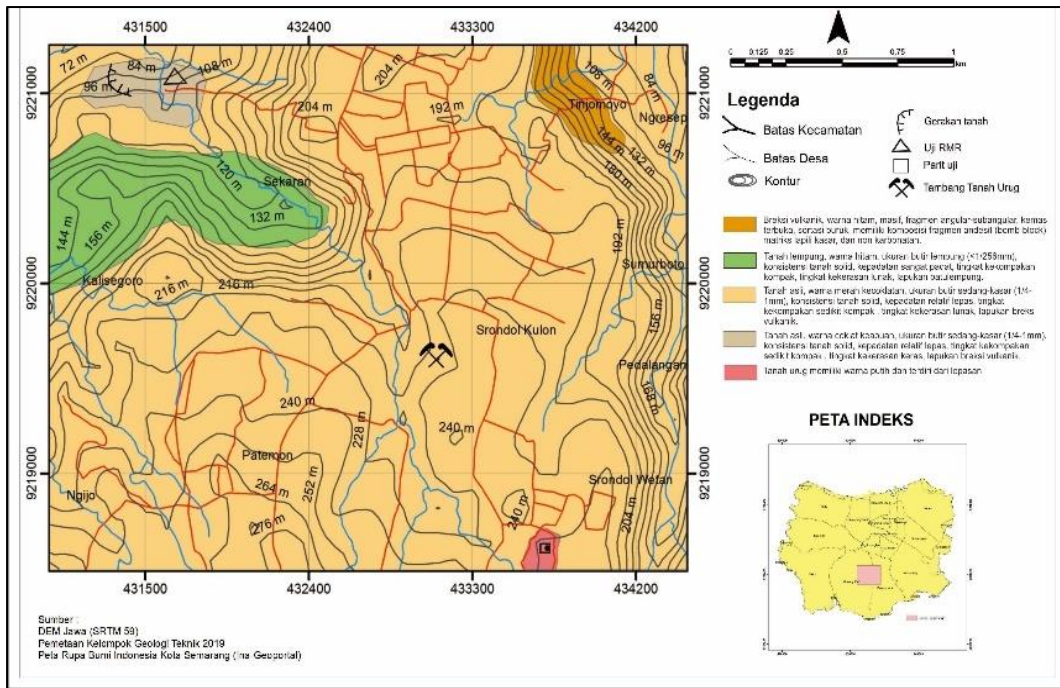
Sekaran, bagian daerah utara Kalisegoro dan bagian daerah timur Patemon. Faktor yang menyebabkan daerah ini sangat rawan yaitu daerah ini banyak terkonsentrasi pelurusan dan pelurusan paling tinggi tersebar pada daerah tersebut sehingga erosi intensif terjadi faktor adanya zona hancuran disekitar pelurusan membuat daerah ini cukup sering ditemui batuan yang roboh. Serta kondisi kontur yang terjal akan diiringi dengan kemiringan lereng yang curam sehingga batuan akan mudah jatuh yang juga dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Daerah dengan persebaran warna hijau cenderung berada pada daerah dengan kontur yang sangat renggang dan merupakan daerah dataran yang rendah sehingga konsentrasi struktur juga jarang ditemui sehingga daerah terkategori cukup aman.



**Gambar 4.** Peta persebaran potensi longsor

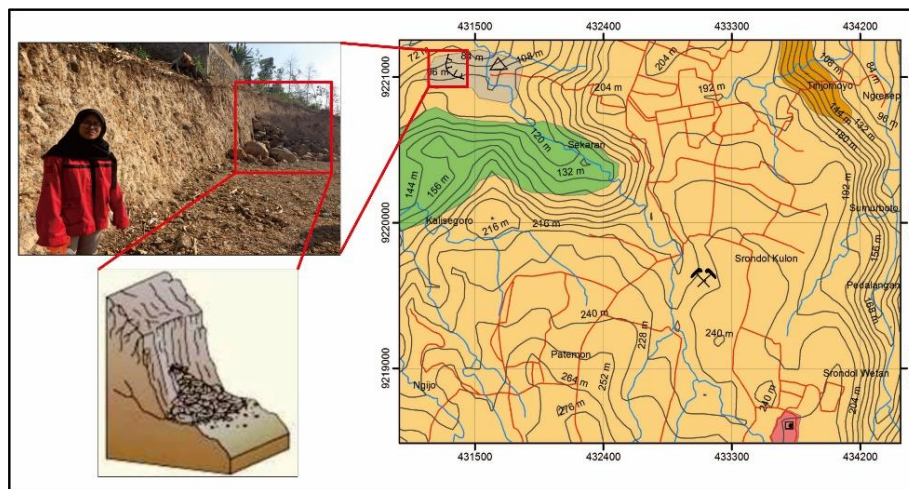
Hasil dari analisis peta geologi teknik (Gambar 5), dapat diindikasikan kondisi tanah yang terdapat di daerah penelitian terasuk dalam *well graded sand* (Zhang & Tumay, 1999). Secara umum kondisi di lapangan terdapat beberapa jenis tanah yaitu tanah asli berwarna merah kecoklatan dengan ukuran butir sedang-kasar (1/4-1mm) dan tanah asli berwarna coklat keabuan dengan ukuran butir sedang-kasar (1/4-1mm). Masing-masing tanah tersebut memiliki karakteristik tanah yang solid dengan kepadatan relatif lepas, serta memiliki tingkat kekompakan sedikit kompak. Jenis tanah tersebut diinterpretasikan merupakan hasil lapukan dari litologi breksi vulkanik. Kondisi tersebut dapat menimbulkan pengaruh terhadap adanya longsor dengan ditunjukkan dengan kondisi tanah yang memiliki kekompakan bersifat lepasan dan sedikit kompak. Pada daerah Kalisegoro ditemukan jenis tanah lempung dengan karakteristik berbutir halus (<1/256mm), konsistensi tanah relatif solid dengan kepadatan sedikit padat dan tingkat kekerasan lunak. Diindikasikan jenis tanah tersebut berasal dari lapukan batuan lempung.





**Gambar 5.** Peta persebaran potensi longsor

Pada daerah utara Kalisegoro ditemukan berupa longsor dengan ketinggian 3meter dan *slope* atau kemiringan lereng kurang lebih  $80^\circ$  (Gambar 6). Longsoran tersebut terindikasi aman karena letaknya yang jauh dari lokasi pemukiman dan dapat diindikasikan termasuk dalam jenis longsoran fall atau jatuhan. Jenis longsoran tersebut merupakan Bergeraknya masa tanah dan batuan dengan turun searah gravitasi karena elevasi yang terjal dan bergerak secara dengan cepat dengan kondisi kering.



**Gambar 6.** Contoh longsoran jatuhan di daerah penelitian

Analisis RMR (*Rock Mass Ratio*) merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui masa batuan dengan parameter kuat tekan batuan, uji RQD, kondisi air tanah, serta spasi dan kondisi bidang diskontinuitas (Tabel 1). Untuk parameter kuat tekan batuan kondisi di daerah penelitian menunjukkan kondisinya secara permukaan masih berupa batuan yang relatif kuat sehingga dilakukan pembobotan sebesar 12 poin. Untuk parameter spasi diskontinuitas menunjukkan spasi sebesar 0,6-2meter sehingga dilakukan pembobotan sebesar 15 poin. Untuk parameter kondisi diskontinuitas

menunjukkan permukaan agak kasar, pemisahan >1 mm, dan kondisi dinding agak lapuk sehingga dilakukan pembobotan sebesar 20 poin. Sedangkan untuk parameter kondisi air permukaan menunjukkan kondisi kering sehingga dilakukan pembobotan sebesar 15 poin. Hasil yang didapatkan dari jumlah pembobotan, daerah penelitian memiliki nilai 82. Kondisi tersebut menunjukkan kondisi masa batuan yang sangat baik. Sehingga secara umum kondisi tanah dan batuan yang terdapat di daerah penelitian masih bagus dalam menopang kegiatan pembangunan, akan tetapi perlu ada batasan untuk menjaga kestabilan tanah dan batuan (Bieniawski, 1999).

**Tabel 1.** Tabel pembobotan nilai RMR

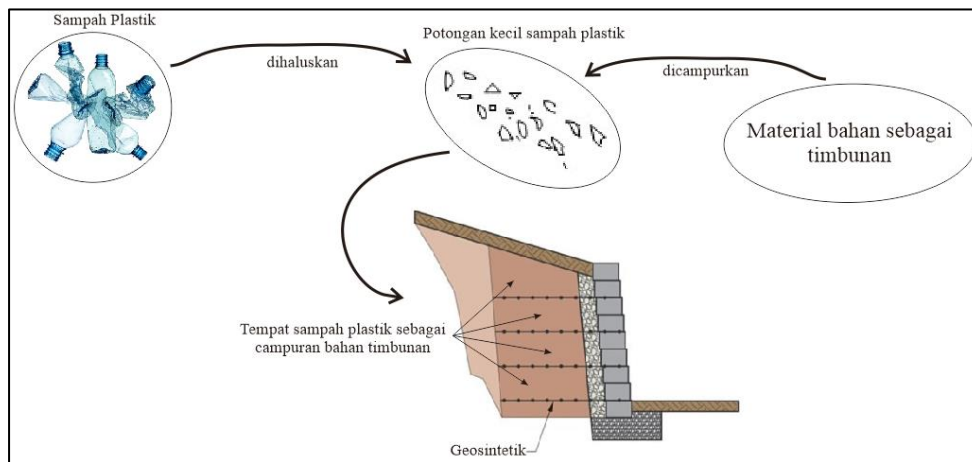
Kuat tekan batuan	Deskripsi	Nilai	Bobot
Kuat Tekan	Kondisi tanah yang sedikit rapuh dan Diskontinuitas	>250 MPa	12
RQD%	Singkapan berkualitas baik	80,13	20
Spasi Diskontinuitas	Jarak antara butiran diskontinuitas lebar	0.6-2	15
Kondisi Diskontinuitas			
Lebar celah	Lebar celah sedang sampai besar	0.1-1mm	4
Kekerasan	Kekerasan bidang rekahan cukup tinggi	<0.1mm	5
Panjang	Panjang rekahan panjang	1 sampai 3	4
Material Pengisi	Diskontinuitas terisi oleh material	<i>Hard felling</i> <5mm	4
Tingkat Pelapukan	Diskontinuitas memiliki tingkat pelapukan sedang	<i>Slightly rougt</i>	3
Kondisi Air Tanah	Tidak ada aliran air tanah	Tidak ada	15
	Kualitas RMR		82

Rekomendasi penanggulangan terjadinya bencana tanah longsor dapat dilakukan dengan aplikasi geologi teknik berupa pembuatan blok beton segmental geosintetik dengan pemanfaatan sampah plastik. Hal tersebut dikarenakan proses pembuatan aplikasi ini cenderung memerlukan biaya yang relatif murah dengan bentuk yang dapat bervariasi. Selain itu, sistemnya yang fleksibel apabila terjadi gerakan tanah dengan penurunan yang tidak seragam, maka bentuk dindingnya akan menyesuaikan dan tidak mengalami kerusakan secara struktural, karena pada aplikasi geologi teknik ini memiliki sifat yang dapat meloloskan air, sehingga tekanan air dibelakangnya tidak besar (Sholeh, 2016).

Inovasi dengan pemanfaatan sampah plastik pada blok beton segmental geosintetik yaitu digunakan sebagai tambahan dalam bahan timbunan pada saat pemasangan blok beton segmental. Penggunaan plastik dapat dilakukan dengan menghaluskan plastik menjadi material-material kecil, kemudian dicampurkan dengan material lain untuk digunakan sebagai bahan timbunan (Gambar 7). Pemilihan bahan tersebut dikarenakan masih banyak sampah-sampah plastik di daerah penelitian, sehingga perlu dilakukan



pengolahan agar dapat bermanfaat. Selain itu dengan sifat plastik yang kuat dan kedap air diinterpretasikan dapat membantu daya tahan dari dinding blok beton segmental geosintetik apabila mengalami suatu gerakan.



**Gambar 7.** Ilustrasi geosintetik

Rekomendasi penanggulangan bencana tanah longsor dengan menggunakan prinsip blok beton segmental geosintetik dengan pemanfaatan sampah plastik diharapkan dapat membantu kondisi lingkungan sekitar apabila terjadi adanya proses gerakan tanah berupa tanah longsor. Selain itu, rekomendasi tersebut diharapkan dapat membantu memperbaiki permasalahan sampah terutama dalam mengatasi sampah plastik.

## KESIMPULAN

Pada daerah Sekaran dan sekitarnya memiliki beberapa daerah dengan tingkat potensi rawan longsor yaitu berada dibagian daerah timur dan barat laut Sekaran, bagian daerah utara Kalisegoro dan bagian daerah timur Patemon. Kondisi tersebut didukung dengan berbagai parameter diantaranya kondisi litologi yang bersifat licin sebagai bidang gelincir dan jenis tanah dengan sifat kekompakan yang kurang kompak serta bersifat lepasan. Selain itu, dilihat dari tingkat vegetasi yang rendah sampai sedang, dengan penggunaan lahan yang melibatkan aktivitas manusia, serta memiliki persentase lereng yang besar. Penanggulanagn bencana gerakan tanah longsor dapat berupa *retaining wall* blok beton segmental geosintetik dengan pemanfaatan sampah plastik. Penggunaan rekayasa geologi teknik tersebut diharapkan membantu mengatasi permasalahan bencana tanah longsor dan menangani permasalahan sampah plastik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Clasification : A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil, and Petroleum Engineering*. Canada : John Wiley & Sons Inc.
- Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. (2004). *Mitigasi Bencana Geologi*, <http://www.vsi.esdm.go.id/>
- Faizana, F., Nugraha, A. L., & Yuwono, B. D. (2015). Pemetaan risiko bencana tanah longsor Kota Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(1), 223-234.
- Fisher, R. V. (1966). *Mechanism of deposition from pyroclastic flows*. *American Journal of Science*, 264(5), 350-363.

- Karnawati, D. (2005). *Bencana alam gerakan massa tanah di Indonesia dan upaya penanggulangannya*. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sholeh, M. (2016). Penggunaan Blok Beton Segmental Sebagai Dinding Penahan Dengan Diperkuat Geosintetik. *Prokons: Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 120-126.
- Wentworth, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, 30(5), 377-392.
- Zhang, Z., & Tumay, M. T. (1999). Statistical to fuzzy approach toward CPT soil classification. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 125(3), 179-186.