



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Alamat Prosiding: sinta.eng.unila.ac.id



Mitigasi bencana longsor dengan kombinasi metode kontrol dan perkuatan di kabupaten Tanggamus

A Syah^{a,*}, S Erfani^b, dan I Dani^b

^aJurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

^bJurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 10 Agustus 2020

Direvisi 1 Oktober 2020

Kata kunci:

Analisis stabilitas
Faktor aman
Longsor
Mitigasi
Tanggamus

Bencana longsor seringkali menimbulkan korban jiwa dan kerugian material yang besar di Kabupaten Tanggamus. Kejadian ini terus berulang setiap tahun terutama pada musim hujan. Penelitian ini bertujuan untuk menyediakan data/informasi potensi serta rekomendasi terhadap tindakan mitigasi bencana gerakan tanah di Kabupaten Tanggamus. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu persiapan awal dan studi pustaka, survei lapangan dan pengumpulan data primer, analisis data hasil investigasi serta perencanaan penanganan potensi gerakan massa. Hasil survei geologi menunjukkan bahwa pada 3 stasiun pengamatan longsor yang diamati memiliki litologi penyusun berupa andesit dan material longsor berupa breksi vulkanik dengan tingkat pelapukan yang tinggi sehingga membentuk lapisan tanah yang tebal. Lapisan tanah yang terdiri dari lempung monmorilonit yang berada di atas batuan keras sangat rentan menimbulkan gerakan tanah bila dipicu oleh air. Hasil analisis stabilitas lereng pada contoh penanganan longsor di Semaka (a) menunjukkan bahwa dengan penanganan kombinasi metode kontrol dan perkuatan meningkatkan nilai faktor aman dari 1,092 (statis) dan 0,846 (dinamis) menjadi 1,298 (statis) dan 1,031 (dinamis). Hasil analisis stabilitas lereng di Semaka (b) menunjukkan bahwa kenaikan muka air tanah menyebabkan nilai faktor aman lereng eksisting kondisi statis turun dari 1,240 menjadi 1,073. Penanganan lereng dengan kombinasi metode kontrol dan perkuatan menyebabkan nilai faktor aman menjadi naik dari 1,073 menjadi 1,312 yang berarti lereng memiliki risiko kecil terhadap gerakan massa tanah. Dengan demikian, perencanaan basic design untuk contoh penerapan tipikal penanganan di 3 titik lokasi longsor yang dianggap cukup mewakili telah memenuhi kriteria lereng risiko rendah terhadap gerakan massa tanah.

1. Pendahuluan

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menetapkan longsor sebagai bencana paling mematikan sejak tahun 2014 di Indonesia. Tingginya jumlah korban karena sekitar 40,9 juta jiwa atau 17,2 persen penduduk Indonesia tinggal di daerah-daerah yang rawan longsor. Mereka tinggal di pegunungan, perbukitan dan lereng-lereng curam dengan kemampuan mitigasi yang belum memadai (BNPB, 2018). Longsor juga mengakibatkan kerugian material yang sangat besar baik yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, upaya mitigasi untuk mengurangi risiko bencana longsor di masa depan masih sangat dibutuhkan. Berdasarkan pemetaan zonasi kerentanan gerakan tanah yang dilakukan oleh Djakamihardja dkk., (2007), Tanggamus dan sekitarnya mempunyai tingkat kerentanan gerakan tanah bervariasi dari sangat rendah, rendah, sedang hingga tinggi. Sumber lain dari BNPB yang memetakan risiko bencana gerakan

tanah di Provinsi Lampung menyebutkan bahwa daerah Tanggamus memiliki potensi bencana gerakan tanah menengah hingga tinggi (BNPB, 2013). Kondisi ini mengakibatkan banyaknya kejadian bencana longsor khususnya ketika musim hujan. Sebagai contoh adalah kejadian bencana longsor dan banjir bandang di Semaka. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Tanggamus menyebutkan hujan dengan intensitas tinggi yang terjadi pada tanggal 29 - 10 Oktober 2018 mengakibatkan banjir dan tanah longsor di beberapa wilayah di Kabupaten Tanggamus. Kejadian ini mengakibatkan akses jalan lintas provinsi terputus dan sejumlah rumah dan sekolah terendam banjir dan tertimbun longsor. Pada 9 Januari 2020 longsor dan banjir bandang yang menerjang Pekon Way Kerap dan Pekon Sedayu mengakibatkan 483 rumah rusak dan lebih dari 300 lahan pertanian terutama sawah, rusak berat. Selain itu, longsor menutup akses jalan lintas menuju Bengkulu. Kejadian longsor terbaru terjadi pada 11 September 2020 di Pekon Batu Keramat, Kota Agung yang mengakibatkan

* Aminudin Syah.

E-mail: aminudin.syah@eng.unila.ac.id

jalan lintas barat (jalinbar) putus (**Gambar 1**). Kejadian yang terus berulang ini mengindikasikan bahwa upaya mitigasi belum optimal sehingga masih dibutuhkan suatu alternatif mitigasi dan upaya pengurangan risiko bencana yang dapat meminimalkan kerugian di masa yang akan datang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi Kabupaten Tanggamus, melakukan analisis stabilitas lereng pada beberapa titik longsor dan memberikan rekomendasi terhadap upaya mitigasi struktural bencana gerakan tanah dengan penerapan metode kontrol, perkuatan dan kombinasi kontrol-perkuatan. Sebagian besar metode yang digunakan dalam menghitung stabilitas lereng didasarkan pada prinsip keseimbangan gaya dan momen (Haji Azizi dkk. 2015). Beberapa metode yang telah dikembangkan memberikan faktor aman yang berbeda, Metode yang dikembangkan oleh Morgenstern dan Price (1965) dapat menguji kestabilan lereng pada semua permukaan keruntuhan dan menghitung faktor aman.

Steward dkk. (2011) mempelajari stabilitas lereng yang berbeda dalam hal geometri dan material menggunakan perangkat lunak Slope/W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bidang longsor berada pada kaki lereng dan sebagian lainnya apada bagian tengah lereng. Penelitian yang dilakukan oleh Salmasi F dkk. (2019) menunjukkan bahwa penurunan muka air tanah dan menghilangkan tekanan hidrostatik pada lereng akan mengakibatkan naiknya faktor aman.



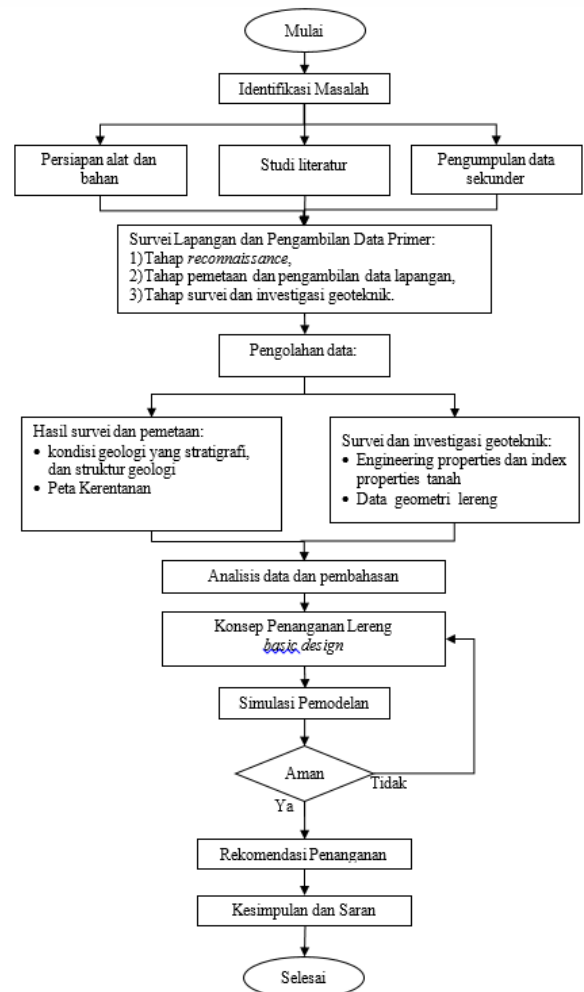
Gambar 1. Kejadian longsor di Pekon Batu Keramat (sumber: konkritnews.com)

2. Metodologi

Tahapan penelitian terdiri dari tahapan persiapan awal dan studi pustaka, tahapan survei lapangan dan pengumpulan data primer, tahapan analisis data pemetaan dan hasil investigasi serta perencanaan penanganan potensi gerakan massa. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Pada persiapan awal dan studi pustaka dilakukan sejumlah kegiatan yang berkaitan dengan persiapan survei dan pemetaan, pengumpulan data sekunder serta studi literatur. Selanjutnya dilakukan survei yang terbagi dalam 3 tahapan, yaitu : 1) Tahap *reconnaissance*, 2) Tahap survei dan investigasi geologi, dan 3) Tahap survei dan investigasi geoteknik. Tahap *reconnaissance* bertujuan untuk mengetahui kondisi geografis daerah pekerjaan, seperti akses jalan dan tata guna lahan serta sebagai pengamatan awal mengenai kondisi geologi daerah pekerjaan, seperti kondisi morfologi, litologi dan struktur geologi, serta untuk melakukan identifikasi daerah-daerah atau area-area yang berpotensi terjadi gerakan tanah. Tahap pemetaan dan investigasi geologi dilakukan untuk pengamatan kondisi morfologi, kondisi geologi, identifikasi titik longsor serta pengambilan sampel tanah *undisturbed* dengan mempertimbangkan tingkat kerentanan gerakan tanah serta kondisi geologi teknik. Survei dan investigasi geoteknik dilakukan berupa pengukuran geometri

lereng, pemantauan jenis gerakan massa, kondisi pembebanan, tata guna lahan, dan kondisi muka air tanah.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.1. Analisis data pemetaan dan hasil investigasi geoteknik

Pada tahap ini dilakukan terhadap keseluruhan data yang telah diperoleh selama kegiatan pemetaan di lapangan. Data hasil investigasi geoteknik berupa data hasil pengujian laboratorium terhadap sampel tanah untuk mendapatkan parameter fisik tanah (*engineering properties* dan *index properties* tanah) dan data geometri lereng digunakan sebagai masukan dalam analisis stabilitas lereng pada daerah kajian.

Berdasarkan hasil interpretasi data yang telah diperoleh dapat direncanakan jenis penanganan untuk meningkatkan faktor aman dari lereng. Konsep penanganan longsor diberikan dalam bentuk *basic design* dan dicontohkan pada salah satu titik longsor. Analisis kestabilan lereng pada penelitian ini menggunakan metode keseimbangan batas.

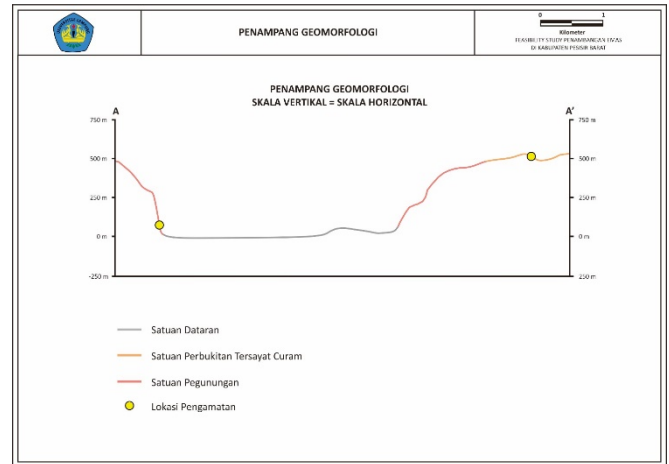
3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil Investigasi Geologi dan Geoteknik

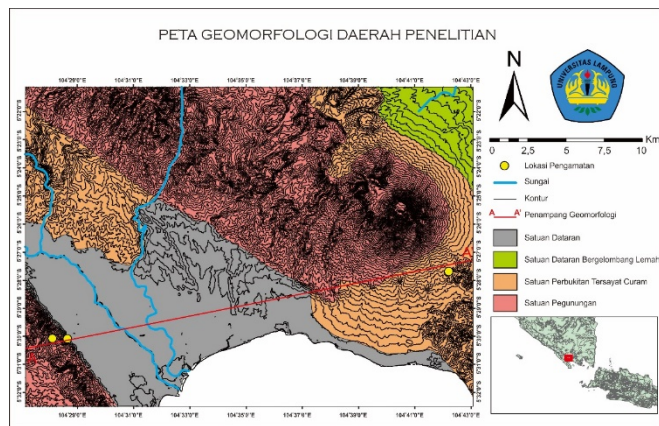
Daerah penelitian terdapat dalam Peta Geologi Lembar Kota Agung. Apabila diurutkan dari yang berumur relatif lebih muda ke yang berumur relatif lebih tua formasi batuan penyusunnya adalah Aluvium (Qa), Batuan Gunungapi Kuarter Muda (Qhv), Formasi Semung (QTse), Formasi Bal (Tmba), Formasi Seblat

(Toms), Formasi Hulusimpang (Tomh), Batuan Terobosan (Tm) (Amin, T.C. dkk., 1993). Pada daerah penelitian ini, terdapat dua jenis batuan, yaitu andesit dan breksi. Keberadaan breksi pada daerah ini hanya berupa material longsor yang bercampur dengan batuan beku lainnya. Sedangkan batuan andesit merupakan batuan asli penyusun geologi daerah ini. Kedua batuan ini dapat diperkirakan terbentuk pada Oligosen Akhir hingga Miosen Awal berdasarkan analisis aktivitas vulkanisme batuan Formasi Hulusimpang (Tmoh).

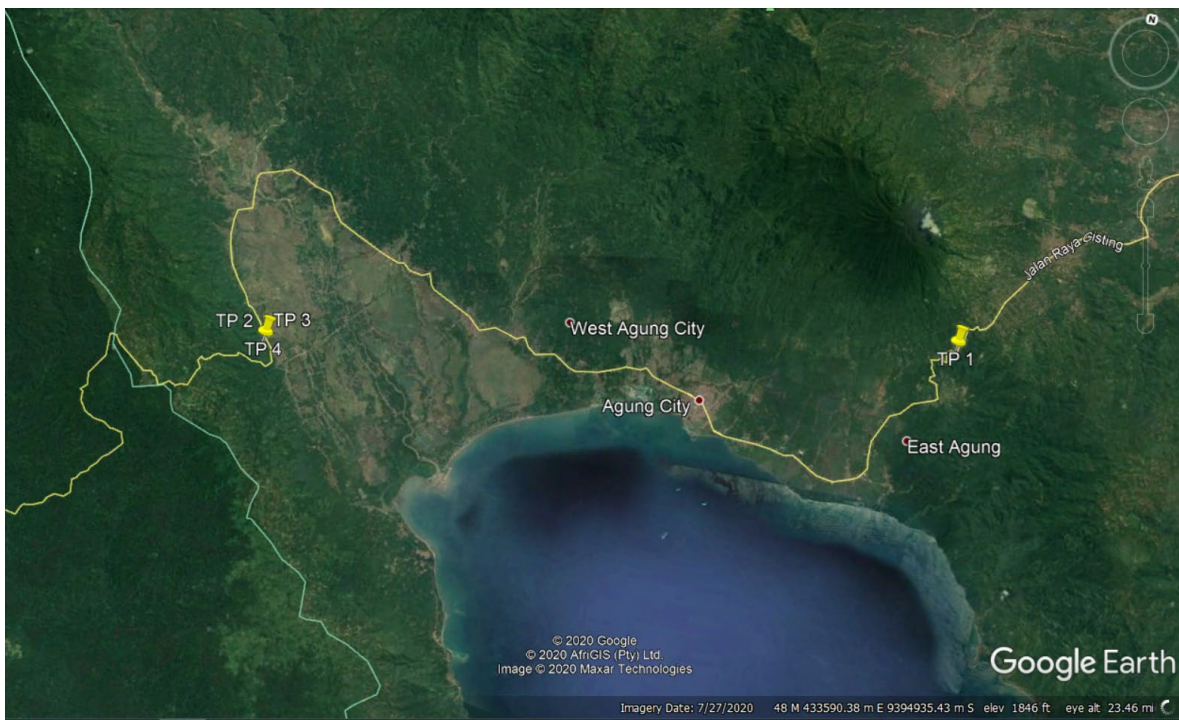
Geomorfologi daerah penyelidikan secara umum terbagi menjadi 4 satuan, yaitu Satuan Dataran, Satuan Dataran Bergelombang Lemah, Satuan Perbukitan Tersayat Curam, dan Satuan Pegunungan. Adapun Peta Geomorfologi Daerah Penyelidikan dapat dilihat pada **Gambar 3**. Elevasi tertinggi berada pada puncak Gunung Tanggamus yaitu pada ketinggian 2102 mdpl. Sedangkan elevasi terendah berada pada bagian tengah dari daerah penyelidikan, yaitu pada ketinggian 0 mdpl.



Gambar 3. Geomorfologi Kabupaten Tanggamus



Terdapat 4 titik pengambilan sampel yang dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui parameter *index properties* dan *engineering properties* (**Gambar 4**). Klasifikasi tanah berdasarkan klasifikasi USCS (Das, 2006) dapat diperoleh dari uji laboratorium terhadap parameter *index properties* tanah yang telah dilakukan. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa, secara umum tanah lokasi penelitian dapat diklasifikasikan sebagai SM-SC yaitu pasir berlanau (campuran pasir lanau) atau pasir berlempung (campuran pasir lempung) dan CL yaitu lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” (*lean clays*). Parameter kuat geser diperoleh dari hasil uji geser langsung dan triaksial UU. Rangkuman hasil uji laboratorium terhadap sampel tanah di Kabupaten Tanggamus ditunjukkan pada **Tabel 1**.



Gambar 4. Lokasi pengambilan sampel di Kabupaten Tanggamus (sumber: google eart)

Tabel 1. Rangkuman hasil uji laboratorium sampel tanah di Kabupaten Tanggamus

3.2 Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsor

Penerapan tipikal penanganan longsor dilakukan untuk 3 titik yang tersebar di Kecamatan Semaka dan Pekon Batu Keramat, Kabupaten Tanggamus. Contoh penanganan yang ditampilkan dalam sub bab ini bersifat *basic design*, untuk penanganan secara detail (*detailed engineering design*) diperlukan penyelidikan tanah lebih lanjut untuk setiap lokasi terutama lereng dengan ketinggian lebih dari 12 m.

a. Kecamatan Semaka

Pada daerah ini terdapat beberapa titik longsor yang mengarah ke sungai dan dekat rumah warga. Terdapat bidang longsor yang besar dengan sudut lereng sekitar 50° dan tinggi ±30 meter serta beberapa bidang longsor yang relative lebih kecil dengan ketinggian ±8 dan ±10 meter dan sudut kemiringan lereng sekitar sekitar 40°. Tata guna lahan di sekitar lereng didominasi oleh semak belukar dan pepohonan, tidak ada beban berat pada area ini. Sebagian besar material longsor terbawa oleh aliran debris hingga merusak pemurumah warga dan lahan pertanian di sekitarnya. Sebagai penanganan sementara, terdapat tanggul

setinggi ±2,5 meter yang dibuat untuk membelokkan aliran debris supaya tidak mengarah ke rumah warga.

Gerakan massa pada lereng yang tersusun oleh massa tanah akan membentuk bidang gelincir berupa translasional, bidang datar, membaji, setengah lingkaran, ataupun kombinasi beberapa bentuk bidang gelincir (Abramson, 1996. Berdasarkan hasil survei lapangan, longsor di Semaka dapat diklasifikasikan sebagai gabungan dari longsor rotasi dan translasi. Litologi berupa batuan andesit dan material longsor berupa breksi vulkanik dengan tingkat pelapukan yang tinggi sehingga membentuk lapisan tanah yang tebal. Lapisan tanah yang terdiri dari lempung monmorilonit yang berada di atas batuan keras sangat rentan menimbulkan gerakan tanah bila dipicu oleh air.

Infiltrasi air hujan ataupun rembesan air tanah mengakibatkan massa lereng bertambah dan menyebabkan gaya penggerak massa tanah menjadi semakin besar. Di sisi lain tahanan geser tanah menurun akibat meningkatnya tekanan air pori. Pada kaki lereng, gerusan oleh aliran air sungai yang terus menerus terjadi mengakibatkan gaya

Test Point	Moisture content	Specific Gravity	Liquid Limit	Plastic Limit	Plasticity Index	Finer # 200
No	w _N , (%)	G _s	LL, (%)	PL, (%)	PI, (%)	(%)
TP-02	27,53	2,669	32,71	23,55	9,15	39,38
TP-03	31,99	2,492	35,69	27,19	8,50	63,12
TP-04	38,96	2,491	47,88	28,85	19,03	61,94



Gambar 4. Longsor di Semaka

penahan lereng berkurang. Geometri lereng dengan yang curam menambah gaya penggerak pada tubuh lereng. Kondisi tersebut

menyebabkan stabilitas lereng menurun dan lereng mengalami longsor.

Berdasarkan hasil analisis terhadap penyebab dan mekanisme longsor direncanakan desain penanganan. Konsep penanganan yang direkomendasikan untuk lereng ini dibagi menjadi dua tipikal penanganan sesuai dengan ketinggian lereng. Tipikal penanganana lereng untuk daerah Semaka dibagi menjadi:

1. Tipikal Penanganan Lereng Ketinggian > 6 m dan ≤ 12 m

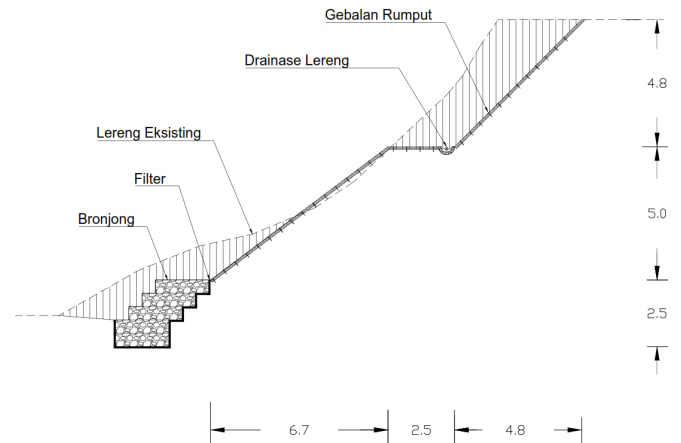
Longsor yang dianalisis sebagai contoh tipikal penanganan pada daerah ini berada di perbatasan antara Pekon Waykerap dan Pekon Sedayu Kecamatan Semaka. Longsoran ini memiliki tinggi ±10 meter, lebar ±8 meter dan sudut kemiringan lereng sekitar sekitar 40° (**Gambar 4b**). Sebagian material longsoran masih berada pada kaki lereng dan belum terkonsolidasi. Kondisi ini masih sangat rentan mengalami longsor apabila dipicu oleh air.

Konsep penanganan yang direkomendasikan untuk lereng ini yaitu dengan melakukan penataan geometri lereng yang dikombinasikan dengan pemasangan bronjong pada kaki lereng seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Bronjong harus dilengkapi dengan filter (geosintetik) untuk mencegah erosi pada bagian kaki lereng.

Perhitungan stabilitas lereng metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium*) didasari oleh kriteria keseimbangan gaya-gaya (dan atau momen) yang bekerja pada massa tanah. Kriteria tersebut harus terpenuhi sebagai tolak ukur kestabilan lereng yang ditunjukkan dengan nilai faktor aman (Cornforth, 2005). Pemodelan longsor dilakukan dengan metode keseimbangan batas (*limit equilibrium*) yaitu Slope/W untuk kondisi lereng eksisting dan kondisi setelah penanganan. Geometri longsoran, data parameter fisik dan kuat geser tanah yang telah diperoleh sebelumnya digunakan dalam pemodelan dengan menyesuaikan kondisi real di lapangan.

Hasil simulasi pada longsor di Pekon Sedayu, Semaka menunjukkan bahwa nilai faktor aman lereng eksisting kondisi statis adalah 1,240 yang berarti lereng ini masih rentan mengalami keruntuhan karena nilai faktor aman (statis) adalah kurang dari 1,25. Apabila terjadi kenaikan muka air tanah, nilai faktor aman menjadi turun menjadi 1,073. Nilai faktor aman SF<1,07 memiliki intensitas kejadian longsor yang sering terjadi (Bowles, 1989). Hal itu menunjukkan bahwa lereng masih sangat labil terutama bila dipicu oleh curah hujan yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif penganan longsor untuk meningkatkan nilai faktor aman dan menjadikan lereng menjadi stabil.

Konsep penanganan yang direkomendasikan untuk lereng di lereng ini adalah melakukan penataan geometri lereng serta memberi struktur perkuatan pada kaki lereng menggunakan bronjong yang ditunjukkan oleh **Gambar 5**. Pemilihan penanganan ini didasari oleh ketinggian lereng yaitu >6 m dan ≤12 m. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai faktor aman lereng pada kondisi pembebanan statis naik menjadi 1,312 setelah penanganan. Nilai faktor aman pada model ini dengan asumsi muka air tanah naik.



Gambar 5. Tampak samping penanganan longsor di Semaka (b)

Berdasarkan hasil pemodelan ini, lereng dinyatakan memiliki risiko kecil terhadap gerakan massa tanah karena menghasilkan nilai faktor aman (*safety factor*) lebih dari 1,25. Hasil pemodelan longor di semaka untuk berbagai kondisi ditunjukkan pada **Tabel 2**.

2. Tipikal Penanganan Lereng Ketinggian ≥12 m

Longsor yang dianalisis sebagai contoh tipikal penanganan pada daerah ini berada di Pekon Waykerap, Kecamatan Semaka. Longsoran ini memiliki tinggi ±30 meter, dan sudut kemiringan lereng sekitar sekitar 50° (**Gambar 4a**). Material longsoran terbawa oleh aliran debris yang mengancam rumah dan sawah warga.

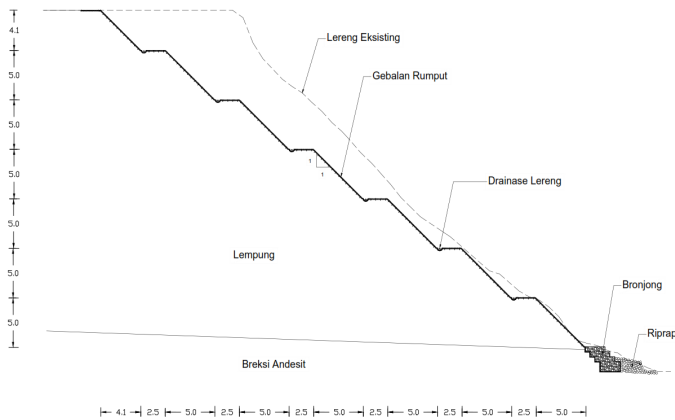
Tabel 2. Hasil pemodelan longsor di Semaka

Kondisi eksisting muka air tanah normal	Kondisi eksisting muka air tanah naik	Kondisi dengan penanganan metode kontrol dan perkuatan (m.a.t naik)
SF= 1,240	SF= 1,073	SF= 1,312
Materials Lempung pasiran	Materials Lempung pasiran	Materials Lempung pasiran Bronjong

Konsep penanganan yang direkomendasikan untuk lereng di Semaka (a) adalah melakukan penataan geometri lereng serta memberi struktur perkuatan pada kaki lereng berupa bronjong

yang ditunjukkan pada **Gambar 6**. Penataan lereng dilakukan dengan membatasi ketinggian lereng sebesar 5 meter, kemiringan lereng menjadi 1H:1V, serta memberikan *bench* sebesar 2,5

meter. Untuk melindungi permukaan lereng dari erosi dan infiltrasi air yang berlebih, permukaan lereng harus ditutupi dengan gebalan rumput dan diberikan drainase permukaan. Pada kaki lereng dipasang bronjong yang dilengkapi dengan filter (geosintetik) untuk mencegah erosi pada bagian kaki lereng.



Gambar 6. Tampak samping penanganan longsor di Semaka (a)

Hasil simulasi (Tabel 3) menunjukkan bahwa setelah penanganan nilai faktor aman naik dari 1,092 (statis) dan 0,846 (dinamis) menjadi 1,298 (statis) dan 1,031 (dinamis). Berdasarkan pemodelan, lereng dinyatakan memiliki risiko kecil terhadap gerakan massa tanah karena menghasilkan nilai faktor aman (safety factor) lebih dari 1,25 untuk kondisi statis dan lebih dari 1,00 untuk kondisi dinamis. Hal itu menunjukkan bahwa dengan penguatan bronjong, penataan geometri lereng, pemasangan drainase permukaan dan penggunaan gebalan rumput untuk mencegah erosi permukaan lereng dapat diterapkan pada lereng di daerah ini.

Tabel 3. Hasil pemodelan lereng di Semaka (a)

Kondisi lereng	Hasil Pemodelan
Eksisting (beban statis)	<p>SF= 1,092</p> <p>Materials: Andesit, Lempung pasiran</p>
Eksisting (beban statis)	<p>SF= 1,298</p> <p>Materials: Lempung pasiran, Andesit, Bronjong</p>

b. Pekon Batu Keramat

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan faktor pemicu terjadinya longsor di adalah karena pemotongan lereng dengan geometri yang curam serta kerusakan drainase pada lereng bagian atas jalan. Kemiringan lereng yang curam yaitu 50° – 65° tanpa penguatan pada kaki lereng dapat mengalami longsor jika dipicu oleh hujan. Hal itu dapat dilihat pada salah satu titik longsor di atas badan jalan. Longsor dengan ketinggian ±6 m mengarah ke jalan dan merusak drainase jalan. Akibat longoran ini fungsi drainase menjadi tidak efektif karena beberapa bagian yang putus menyebabkan air dapat merembes masuk ke tubuh lereng di bawah jalan. Selain itu sisa material longoran yang berada di kaki lereng sewaktu-waktu dapat mengalami longoran dan menutup drainase (Gambar 7).



Gambar 7. Longoran di lereng bagian atas jalan Batu Keramat

Pada lereng bagian bawah badan jalan dibangun struktur penguatan bronjong (Gambar 5.24). Penguatan dengan bronjong dapat memperkuat gaya penahan sehingga meningkatkan kestabilan lereng. Upaya penanganan yang diterapkan pada bagian bawah lereng sudah baik, namun potensi terjadinya longsor masih dapat terjadi jika pada lereng bagian atas tidak diberikan penanganan. Apabila air masuk ke dalam tubuh lereng (bawah jalan) dapat meningkatkan tekanan air pori dan menurunkan kuat geser tanah. Selain itu bidang lemah yang diakibatkan oleh rembesan air dapat menjadi bidang gelincir longoran yang lebih besar.

4. Kesimpulan

Pada daerah penelitian ini, terdapat dua jenis batuan, yaitu andesit dan breksi. Litologi berupa batuan andesit dan material longoran berupa breksi vulkanik dengan tingkat pelapukan yang tinggi sehingga membentuk lapisan tanah yang tebal. Lapisan tanah yang terdiri dari lempung monmorilonit yang berada di atas batuan keras sangat rentan menimbulkan gerakan tanah bila dipicu oleh air. Infiltrasi air hujan ataupun rembesan air

tanah mengakibatkan massa lereng bertambah dan menyebabkan gaya penggerak massa tanah menjadi semakin besar. Di sisi lain tahanan geser tanah menurun akibat meningkatnya tekanan air pori. Hal inilah yang menjadi penyebab utama terjadinya longsor di Kabupaten Tanggamus.



Gambar 2. Perkuatan dengan bronjong pada lereng bagian bawah badan jalan

Hasil analisis stabilitas lereng pada contoh penanganan longsor di Semaka (a) menunjukkan bahwa dengan penanganan kombinasi metode kontrol dan perkuatan meningkatkan nilai faktor aman dari 1,092 (statis) menjadi 1,298 (statis). Hasil analisis stabilitas lereng Semaka (b) menunjukkan bahwa kenaikan muka air tanah menyebabkan nilai faktor aman lereng eksisting kondisi statis turun dari 1,240 menjadi 1,073. Penanganan lereng dengan kombinasi metode kontrol dan perkuatan menyebabkan nilai faktor aman menjadi naik dari 1,073 menjadi 1,312. Penanganan longsor yang diterapkan di Pekon Batu Keramat yaitu dengan metode perkuatan bronjong di bagian bawah lereng sudah baik, namun potensi terjadinya longsor masih dapat terjadi jika pada lereng bagian atas tidak diberikan penanganan. Apabila air masuk ke dalam tubuh lereng (bawah jalan) dapat meningkatkan tekanan air pori dan menurunkan kuat geser tanah. Selain itu bidang lemah yang diakibatkan oleh rembesan air dapat menjadi bidang gelincir longsoran yang lebih besar. Oleh karena itu pada kasus di Batu Keramat perlu adanya penanganan longsor pada lereng di atas jalan dengan metode kontrol berupa penataan lereng dengan *bech* serta penataan drainase.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penyelesaian artikel ini. Penelitian ini dapat terwujud melalui dana hibah DIPA BLU Universitas Lampung untuk Penelitian Dosen Pemula Universitas Lampung tahun 2020.

Daftar pustaka

- _____, (2013). *Naskah Akademis Masterplan Pengurangan Risiko Bencana Tanah Longsor*. Jakarta: BNPB.
- _____, (2018). "40,9 Juta Orang Indonesia Tinggal di Wilayah Longsor", BNPB, Jakarta. Tersedia di: <http://sibima.pu.go.id/mod/resource/view.php?id=35987> (Accessed: 28 May 2019).
- Amin, T.C., Sidarto, Santosa, S dan Gunawan, W., (1993). *Peta Geologi Lembar Kota Agung, Sumatra*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Bowles, J.E. (1989). *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, 2nd Edition, McGraw-Hill Book Company, New York.

Cornforth, D. H., (2005). *Landslides in Practice : Investigation, Analysis and Remedial/Preventive Option in Soils*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..

Djakamihardja dkk. (2007), Pemetaan Zonasi Gerakan Tanah di Daerah Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. *Prosiding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumihan Dalam Pembangunan Berkelanjutan*, Bandung 3 Desember 2007.

Das, B. M. (2006). *Principles of Geotechnical Engineering*. Toronto: Nelson.

Haji A.M., Kielanei F, Kielanei P (2015) Comparison of the methods of limit equilibrium in slope stability of embankments. *In: First national conference on soil mechanics and engineering*, Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajae University.

Morgenstern N.R., Price V.E. (1965) The analysis of the stability of general slip surfaces. *Geotechnique* Vol. 15(1), pp 79–93

Salmasi F., Pradhan B., and Nourani B. (2019). Prediction of the sliding type and critical factor of safety in homogeneous finite slopes. *Applied Water Science*, Vol. 9, pp 158

Steward T., Sivakugan N., Shukla SK, Das B.M. (2011) Taylor's slope stability charts revisited. *Int J Geomech ASCE* Vol. 11 (4) , pp 348–352