

ANALISIS MITIGASI LONGSOR PADA MUSIM HUJAN DI JALAN RAYA TOMOHON – MANADO KOTA TOMOHON

Mikhael Z. M. Kaparang, Morris S. S. S. Tumanduk
*Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan
 Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado, Minahasa*

Intisari - Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab tanah longsor dan untuk mengetahui cara menanggulangi pemicu terjadinya tanah longsor di daerah Jalan Raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kota Tomohon.

Berdasarkan analisis di lokasi penelitian lapisan tanah lempung warna kehitaman sifat kenyal berada di antara elevasi -0,00 m sampai dengan -2,00 m. Lapisan tanah lempung berbatu warna coklat muda sifat kenyal berada di antara elevasi -2,00 m sampai dengan -6,00 m, lapisan tanah berbatu warna hitam abu-abu sifat segar berada di antara elevasi -6,00 m sampai dengan -10,00 m. Salah satu proses geologi yang menjadi penyebab utama terjadinya gerakan tanah adalah pelapukan batuan. Karakteristik batuan di lokasi penelitian telah terjadi pelapukan, ini disebabkan karena berada pada iklim tropis dengan tingginya intensitas curah hujan, dan penyinaran matahari menjadikan proses pelapukan batuan lebih intensif. Topografi lokasi penelitian merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring, dengan kemiringan rata-rata dari 25°- 75° dan tersusun oleh tumpukan tanah residu yang dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih kompak memiliki potensi untuk bergerak atau longsor.

Penyebab tanah longsor di daerah Jalan Raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kota Tomohon adalah karena curah hujan yang tinggi mencapai 211 mm pada tanggal 15 Januari 2014. Prinsip mitigasi longsor adalah mengurangi gaya pendorong atau menambah gaya penahan. Mitigasi sangat tergantung pada tipe dan sifat gerakan tanah, kondisi lapangan dan geologi. Mitigasi dimaksud untuk menghindari kemungkinan terjadinya longsor pada daerah yang berpotensi longsor.

Kata Kunci: Jalan Raya Tomohon-Manado, Musim Hujan, Tanah Longsor, Mitigasi.

I. PENDAHULUAN

Kota Tomohon merupakan daerah yang mempunyai tingkat kerawanan cukup tinggi terhadap kejadian tanah longsor. Jalan raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon sepanjang kurang lebih 3 KM terdapat bangunan rumah penduduk dan rumah makan. Lokasi tersebut terletak di lereng bukit yang terjal, rawan terhadap bencana tanah longsor. Pada Bulan Desember Tahun 2013 sampai Bulan Januari 2014, Daerah Sulawesi Utara terjadi curah hujan yang tinggi, sehingga mengakibatkan kehilangan kekuatan geser tanah, meningkatnya kandungan air dalam tanah, sehingga tegangan efektif

menurun dan berakibat tegangan geser dalam tanah menurun pula dan terjadi bencana tanah longsor pada tanggal 15 Januari 2014 di ruas jalan Raya Tomohon - Manado, yang mengakibatkan 6 korban jiwa dan kerugian harta benda berupa 7 bangunan rumah serta 5 kendaraan mobil dan 15 kendaraan sepeda motor yang tertimbun tanah longsor.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul: “Analisis Mitigasi Longsor Pada Musim Hujan Di Jalan Raya Tomohon – Manado Kota Tomohon”.

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya bencana tanah longsor pada tanggal 15 Januari 2014 di Jalan Raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon dan cara menanggulangi pemicu tanah longsor di daerah Jalan Raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kota Tomohon sepanjang kurang lebih 3 KM.

Penelitian ini mempunyai beberapa tujuan antara lain:

1. Untuk mengetahui penyebab tanah longsor di daerah Jalan Raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kota Tomohon.
2. Untuk menanggulangi pemicu tanah longsor di daerah Jalan Raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kota Tomohon.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mitigasi Longsor

Pengertian mitigasi menurut UU Nomor 24 Tahun 2007 adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia Tahun 2008 pengertian mitigasi adalah tindakan mengurangi dampak bencana.

Prinsip mitigasi longsor adalah mengurangi gaya pendorong atau menambah gaya penahan. Mitigasi sangat tergantung pada tipe dan sifat gerakan tanah, kondisi lapangan dan geologi. Manfaat mitigasi longsor adalah untuk menghindari kemungkinan terjadinya longsor pada daerah yang berpotensi longsor.

Pemilihan metode mitigasi longsor tergantung dari beberapa faktor antara lain;

1. identifikasi penyebab (penggerusan pada kaki lereng, penimbunan pada kepala longsor dan pemotongan pada kaki lereng),
2. kemungkinan tipe-tipe penanggulangan berdasarkan teknis (luas daerah longsor dan jenis tanah),
3. memilih salah satu penanggulangan dengan mempertimbangkan faktor ekonomi (material yang ada),
4. Pelaksanaan (biaya, teknik pelaksanaan dan kemampuan pelaksanaan).

Jenis penanganan yang akan dilakukan pada lokasi rawan longsor antara lain:

2.2 Secara fisis (fisis lereng)

Penanggulangan yang akan dilakukan yaitu melandaikan lereng (cut and fill) dengan tujuan mengurangi besarnya sudut lereng baik dengan melakukan galian maupun timbunan. Pemotongan yang dilakukan untuk mengurangi tegangan tangensial, hal ini dapat dicapai dengan pemotongan pada bagian yang lebih banyak menimbulkan tegangan tangensial dari pada tegangan geser.

2.3 Secara mekanis

Penanggulangan dilaksanakan secara mekanis yaitu dengan menempatkan konstruksi penahan beban (counterweight) seperti pemasangan kawat bronjong, tembok penahan baik berupa pasangan batu atau beton bertulang, pembuatan teras batu atau kayu, dinding penopang isian tanah atau batu, atau pembuatan tanggul penguat.

2.4 Bioengineering (Bio Technical Stabilization)

Penanggulangan tanah longsor dengan menggunakan tanaman hidup dan bagian-bagian dari tanaman terutama akar, cabang ranting dan batangnya yang berfungsi sebagai struktur utama. Cara ini sering disebut dengan Bioengineering yang dilakukan untuk mencegah atau mengurangi pergerakan tanah.

2.5 Definisi Gerakan Tanah

Gerakan tanah ialah perpindahan massa tanah/batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsor. Menurut definisi ini longsor adalah bagian gerakan tanah (Panglar,1985). Jika menurut definisi ini perpindahan massa tanah/batu pada arah tegak adalah termasuk gerakan tanah, maka gerakan vertikal yang mengakibatkan *bulging* (lendutan) akibat keruntuhan fondasi dapat dikategorikan pula dalam jenis gerakan tanah, dengan demikian pengertiannya menjadi sangat luas.

Kelompok utama gerakan tanah (*mass movement*) menurut Hutchinsons (1968 dalam Hansen, 1984) terdiri atas rayapan (*creep*) dan longsor (*landslide*) yang dibedakan lagi menjadi sub-kelompok gelinciran (*slide*), aliran (*flows*),

jatuhan (*fall*) dan luncuran (*slip*). Definisi longsor (*landslide*) menurut Sharpe (1938 dalam Hansen, 1984), adalah luncuran atau gelinciran (*sliding*) atau jatuhan (*falling*) dari massa batuan/tanah atau campuran keduanya.

Secara sederhana, Coates (1977 dalam Hansen,1984) membagi longsor menjadi luncuran atau gelinciran (*slide*), aliran (*flow*) dan jatuhan (*fall*). Menurut Varnes (1978) dalam Karnawati (2004) longsor (*landslide*) dapat diklasifikasikan menjadi: jatuhan (*fall*), runtuh (*topple*), luncuran (*slide*) dan nendatan (*slump*), aliran (*flow*), gerak bentang lateral (*lateral spread*), dan gerakan majemuk (*complex movement*).

2.6 Metode Perkuatan Lereng

Metode perkuatan lereng umumnya dilakukan untuk mereduksi gaya-gaya yang menyebabkan massa tanah bergerak, menambah tahanan geser tanah atau keduanya. Gaya-gaya yang menyebabkan massa tanah bergerak dapat direduksi dengan cara:

1. menggali material yang berada pada zona tidak stabil,
2. mengurangi tekanan air pori dengan mengalirkan air pada zona tidak stabil.

Gaya-gaya yang menahan gerakan massa tanah dapat dilakukan dengan cara:

1. drainase yang menambah kuat geser tanah,
2. menghilangkan lapisan lemah atau zona berpotensi longsor yang lain,
3. membangun struktur penahan atau sejenisnya,
4. melakukan perkuatan tanah di tempat,
5. penanganan secara kimia, atau yang lainnya (misalnya mengeraskan tanah) untuk menambah kuat geser tanah.

2.7 Kuat Geser Tanah

Menurut teori Mohr-Coulomb, tahanan geser (τ) yang terjadi pada tanah, di sepanjang bidang longornya, dinyatakan dalam Persamaan.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Notasi c adalah kohesi (kN/m^2), σ adalah tegangan normal (kN/m^2), dan ϕ adalah sudut gesek dalam tanah. Nilai-nilai c dan ϕ adalah parameter kuat geser tanah di sepanjang bidang longsor.

Bowles (1986) membedakan potensi kelongsoran berdasarkan *safety factor* (SF) dalam Tabel 2.1.

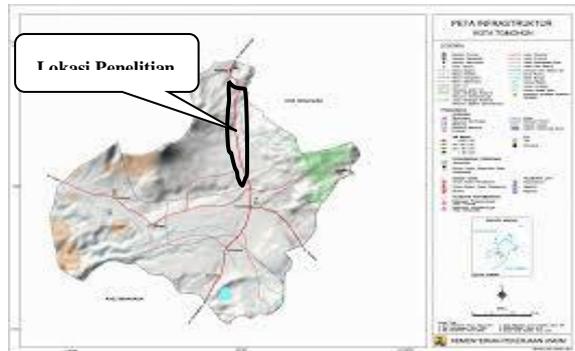
Tabel 2.1 Nilai SF terhadap potensi kelongsoran (Bowles, 1986)

<i>safety factor</i>	Potensi Kelongsoran
$SF \leq 1.07$	Lereng tidak stabil
$1.07 < SF < 1.25$	Longsor mungkin terjadi
$SF \geq 1.25$	Lereng stabil

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di daerah Jalan Raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kota Tomohon \pm 3 KM, dengan jangka waktu selama 4 bulan seperti pada Gambar 3.1.



3.2 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan kegiatan yang dilakukan adalah studi pustaka dan studi peta geologi regional. Studi pustaka akan memberikan gambaran mengenai teori-teori yang berhubungan dengan gerakan tanah dan memperoleh gambaran terhadap metode yang akan digunakan dalam penelitian. Studi peta geologi regional dapat mengetahui secara regional litologi, stratigrafi dan struktur geologi daerah penelitian. Pada tahap ini dilakukan juga persiapan-persiapan meliputi administrasi, peralatan dan bahan untuk pekerjaan di lapangan.

3.3 Tahap Pengumpulan Data

Data yang diperlukan untuk penulisan penelitian perencanaan bencana tanah longsor berupa data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang di ambil langsung dari hasil investigasi lapangan dan data hasil penyelidikan sampel tanah di laboratorium. Data sekunder adalah data yang sudah ada sebelumnya sebagai pendukung untuk memberikan informasi yang jelas mengenai kondisi lapangan dan sebagai acuan untuk proses analisa dan pembahasan.

3.4 Tahap Analisis dan Pembahasan

Data yang di peroleh di lapangan dipadukan dengan data observasi laboratorium, kemudian diolah. Hasil-hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Faktor penyebab terjadinya longsor,
2. Mekanisme longsor,
3. Analisis stabilitas lereng,
4. Cara penanggulangan.

3.5 Tahap Kesimpulan

Hasil penelitian disajikan dalam bentuk informasi berupa peta rawan bencana tanah longsor pada daerah penelitian. Disamping itu, disampaikan pula laporan hasil kajian secara lengkap sebagai aspek mitigasi penanggulangan tanah longsor di daerah

Jalan Raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kota Tomohon.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian merupakan lahan yang rawan terjadinya gerakan tanah / tanah longsor, maka pengamatan secara mendetail telah dilakukan terhadap kondisi lahan di lokasi tersebut. Untuk mengetahui kondisi lapisan tanah telah dilakukan investigasi lapangan. Penyelidikan tanah secara umum bertujuan untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi dan karakteristik lapisan tanah di lokasi pengujian.

4.1.1 Lapisan Tanah

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan di lokasi penelitian diambil kesimpulan bahwa:

1. Lapisan tanah *lempung warna kehitaman sifat kenyal* berada di antara elevasi -0,00 m sampai dengan -2,00 m.
2. Lapisan tanah *lempung berbatu warna coklat muda sifat kenyal* berada di antara elevasi -2,00 m sampai dengan -6,00 m.
3. Lapisan tanah *berbatu warna hitam abu-abu sifat segar* berada di antara elevasi -6,00 m sampai dengan -10,00 m.



Gambar 4.1. Lapisan Tanah Lokasi Penelitian.

4.1.2 Topografi

Pada dasarnya daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring merupakan daerah rawan terjadi gerakan tanah. Kelerengan dengan kemiringan lebih dari 20° (atau sekitar 40%) memiliki potensi untuk bergerak atau longsor, namun tidak selalu lereng atau lahan yang miring punya potensi untuk longsor tergantung dari kondisi geologi yang bekerja pada lereng tersebut, Karnawati, (2003) menjelaskan bahwa dari beberapa kajian terhadap kejadian longsor dapat teridentifikasi tiga tipologi lereng yang rentan untuk bergerak/longsor, yaitu:

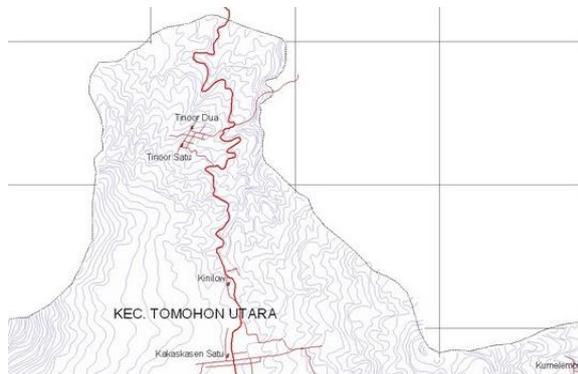
1. Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah residu yang dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih kompak;
2. Lereng yang tersusun oleh pelapisan batuan yang miring searah kemiringan lereng maupun berlawanan dengan kemiringan lereng;
3. Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan.

Kemiringan lereng dari suatu daerah merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya gerakan tanah seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Klasifikasi Lereng

NO	KELERENGAN (%)	DESKRIPSI	SATUAN MORFOLOGI
1	0 – 8	Datar	Dataran
2	8 – 15	Landai	Perbukitan berelief halus
3	15 – 25	Agak Curam	Perbukitan berelief sedang
4	25 – 45	Curam	Perbukitan berelief kasar
5	> 45	Sangat Curam	Perbukitan berelief sangat kasar

Sumber : van Zuidam (1983)



Gambar 4.2 Peta Topografi Lokasi Penelitian.

4.1.3 Geologi

Potensi terjadinya gerakan tanah pada lereng tergantung pada kondisi tanah dan batuan penyusunnya, dimana salah satu proses geologi yang menjadi penyebab utama terjadinya gerakan tanah adalah pelapukan batuan, Selby (1993).

Proses pelapukan batuan yang sangat intensif banyak dijumpai di negara-negara yang memiliki iklim tropis seperti Indonesia. Tingginya intensitas curah hujan dan penyinaran matahari menjadikan proses pelapukan batuan lebih intensif. Batuan yang banyak mengalami pelapukan akan menyebabkan berkurangnya kekuatan batuan yang pada akhirnya membentuk lapisan batuan lemah dan tanah residu yang tebal. Apabila hal ini terjadi pada lereng maka lereng akan menjadi kritis.

Faktor geologi lainnya yang menjadi pemicu terjadinya gerakan tanah adalah aktivitas vulkanik dan tektonik. Faktor geologi dapat dianalisis melalui variabel tekstur tanah dan jenis batuan. Tekstur tanah dan jenis batuan merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya gerakan tanah yang diukur berdasarkan sifat tanah dan kondisi fisik batuan. Daerah lokasi penelitian berada di bagian kaki

pegunungan Gunung Lokon. Gunung Lokon adalah gunung berapi yang sampai sekarang masih aktif.

4.1.4 Intensitas Curah Hujan

Curah hujan akan meningkatkan presepitasi dan kejenuhan tanah serta naiknya muka air tanah. Jika hal ini terjadi pada lereng dengan material penyusun (tanah dan atau batuan) yang lemah maka akan menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah/batuan dan menambah berat massa tanah, pada dasarnya ada dua tipe hujan pemicu terjadinya longsor, yaitu hujan deras yang mencapai 70 mm hingga 100 mm perhari dan hujan kurang deras namun berlangsung menerus selama beberapa jam hingga beberapa hari yang kemudian disusul dengan hujan deras sesaat, Karnawati (2003).

Hujan juga dapat menyebabkan terjadinya aliran permukaan yang dapat menyebabkan terjadinya erosi pada kaki lereng dan berpotensi menambah besaran sudut kelerengan yang akan berpotensi menyebabkan longsor.

Pada lereng longoran dapat terjadi pada bulan-bulan awal musim hujan, sekitar akhir oktober atau awal november. Apabila tanah penyusun lereng merupakan tanah lempung yang tingkat kelolosannya terhadap air relatif rendah, hujan yang deras tidak akan efektif meresap (*terinfiltrasi*) ke dalam lereng, tetapi lebih banyak menjadi air limpaan (run off). Hujan deras tidak akan efektif memicu longoran namun hujan yang tidak deras tetapi berlangsung selama beberapa hari, beberapa minggu atau beberapa bulan justru akan efektif memicu terjadi longsor pada lereng yang efektif lebih rendah tingkat kelolosan airnya.

Suryolelono, (2004) menjelaskan mekanisme hujan dalam memicu kelongsoran melalui empat tahapan sebagai berikut;

1. kejadian hujan deras,
2. proses infiltrasi air hujan ke dalam lereng,
3. naiknya muka air tanah dalam lereng, sehingga mengurangi kuat geser tanah pada lereng,
4. proses pergerakan massa tanah dalam lereng.

Mekanisme terjadinya gerakan tanah dengan melalui muka air tanah sering terjadi pada lereng-lereng tanah residual. Lapisan tanah residual atau kolonial berfungsi sebagai aquifer bebas atau aquifer yang menggantung dengan kondisi muka air tanah sangat fliktuatif, tergantung besarnya infiltrasi air hujan.

Selain mengakibatkan kenaikan muka air tanah, meresapnya air hujan ke dalam lereng juga dapat mengakibatkan;

1. peningkatan berat isi tanah (beban massa tanah)
2. berkurangnya atau hilangnya tegangan suction di zona tidak jenuh air
3. erosi internal (hanyut sebagian material tanah melalui jalur-jalur pipa alamiah)
4. perubahan kandungan mineral penyusun massa tanah pada lereng

Berdasarkan data dari Stasiun Klimatologi Manado, BMKG Provinsi Sulawesi Utara Tahun

2014, curah hujan di lokasi penelitian ruas jalan Raya Tomohon – Manado pada tanggal 15 Januari 2014 adalah 211 mm, seperti pada Tabel 4.2, hal ini merupakan curah hujan maksimum sejak tanggal 16 Februari 2006 dengan jumlah curah hujan maksimum 200 mm, seperti pada Tabel 4.3.

Dari data curah hujan, dapat disimpulkan bahwa curah hujan pada tanggal 15 Januari 2014 sebesar 211 mm, menyebabkan tekanan air pori meningkat dan meningkatkan muka air tanah pada lereng, akibatnya kestabilan lereng menurun dan menyebabkan kelongsoran di ruas jalan Raya Tomohon – Manado.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan analisis di lokasi penelitian lapisan tanah lempung warna kehitaman sifat kenyal berada di antara elevasi -0,00 m sampai dengan -2,00 m. Lapisan tanah lempung berbatu warna coklat muda sifat kenyal berada di antara elevasi -2,00 m sampai dengan -6,00 m, lapisan tanah berbatu warna hitam abu-abu sifat segar berada di antara elevasi -6,00 m sampai dengan -10,00 m. Salah satu proses geologi yang menjadi penyebab utama terjadinya gerakan tanah adalah pelapukan batuan. Karakteristik batuan di lokasi penelitian telah terjadi pelapukan, ini disebabkan karena berada pada iklim tropis dengan tingginya intensitas curah hujan, dan penyinaran matahari menjadikan proses pelapukan batuan lebih intensif.

Batuan yang banyak mengalami pelapukan akan menyebabkan berkurangnya kekuatan batuan yang pada akhirnya membentuk lapisan batuan lemah dan tanah residu yang tebal. Apabila hal ini terjadi pada lereng maka akan terjadi rawan longsor.

Topografi lokasi penelitian merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring, dengan kemiringan rata-rata dari 25°-75° dan tersusun oleh tumpukan tanah residu yang dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih kompak memiliki potensi untuk bergerak atau longsor.

Curah hujan akan meningkatkan presepitasi dan kejenuhan tanah serta naiknya muka air tanah. Jika hal ini terjadi pada lereng dengan material penyusun (tanah dan atau batuan) yang lemah maka akan menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah/batuan dan menambah berat massa tanah, pada dasarnya ada dua tipe hujan pemicu terjadinya longsor, yaitu hujan deras yang mencapai 70 mm hingga 100 mm perhari dan hujan kurang deras namun berlangsung menerus selama beberapa jam hingga beberapa hari yang kemudian disusul dengan hujan deras sesaat. Pada lereng longsor dapat terjadi pada bulan-bulan awal musim hujan, sekitar akhir oktober atau awal november.

Dari data curah hujan Stasiun Klimatologi Manado, BMKG Provinsi Sulawesi Utara, dapat disimpulkan bahwa curah hujan pada tanggal 15 Januari 2014 sebesar 211 mm, menyebabkan tekanan air pori meningkat dan meningkatkan muka air tanah pada lereng, akibatnya kestabilan lereng menurun dan

menyebabkan kelongsoran di ruas jalan Raya Tomohon – Manado.

Prinsip mitigasi longsor adalah mengurangi gaya pendorong atau menambah gaya penahan. Mitigasi sangat tergantung pada tipe dan sifat gerakan tanah, kondisi lapangan dan geologi. Mitigasi dimaksud untuk menghindari kemungkinan terjadinya longsor pada daerah yang berpotensi longsor.

Pemilihan metode mitigasi longsor tergantung dari beberapa faktor antara lain;

1. identifikasi penyebab (penggerusan pada kaki lereng, penimbunan pada kepala longsor dan pemotongan pada kaki lereng),
2. kemungkinan tipe-tipe penanggulangan berdasarkan teknis (luas daerah longsor dan jenis tanah),
3. memilih salah satu penanggulangan dengan mempertimbangkan faktor ekonomi (material yang ada),
4. Pelaksanaan (biaya, teknik pelaksanaan dan kemapian pelaksanaan).

Jenis penanganan yang akan dilakukan pada lokasi penelitian antara lain:

1. Secara fisis (fisis lereng)

Penanggulangan yang akan dilakukan yaitu melandaikan lereng (cut and fill) dengan tujuan mengurangi besarnya sudut lereng baik dengan melakukan galian maupun timbunan. Pemotongan yang dilakukan untuk mengurangi tegangan tangensial, hal ini dapat dicapai dengan pemotongan pada bagian yang lebih banyak menimbulkan tegangan tangensial dari pada tegangan geser.

2. Secara mekanis

Penanggulangan dilaksanakan secara mekanis yaitu dengan menempatkan konstruksi penahan beban (counterweight) seperti pemasangan kawat bronjong, tembok penahan baik berupa pasangan batu atau beton bertulang, pembuatan teras batu atau kayu, dinding penopang isian tanah atau batu, atau pembuatan tanggul penguat.

- 3 Bioengineering (Bio Technical Stabilization)

Penanggulangan tanah longsor dengan menggunakan tanaman hidup dan bagian-bagian dari tanaman terutama akar, cabang ranting dan batangnya yang berfungsi sebagai struktur utama. Cara ini sering disebut dengan Bioengineering yang dilakukan untuk mencegah atau mengurangi pergerakan tanah.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dari penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Topografi lokasi penelitian merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring, dengan kemiringan rata-rata dari 15°- 75° dan tersusun oleh tumpukan tanah residu yang dialasi oleh batuan atau tanah yang lebih

kompak memiliki potensi untuk bergerak atau longsor.

2. Karakteristik batuan di lokasi penelitian telah terjadi pelapukan, ini disebabkan karena berada pada iklim tropis dengan tingginya intensitas curah hujan, dan penyinaran matahari menjadikan proses pelapukan batuan lebih intensif.
3. Ada dua tipe hujan yang sering terjadi di lokasi penelitian, yaitu hujan deras berdurasi pendek dan hujan normal berdurasi panjang. Curah hujan di lokasi penelitian pada tanggal 15 Januari 2014 sebesar 211 mm. Curah hujan tinggi akan meningkatkan presepsitasi dan kejenuhan tanah serta naiknya muka air tanah. Jika hal ini terjadi pada lereng dengan material penyusun (tanah dan atau batuan) yang lemah maka akan menyebabkan berkurangnya kuat geser tanah/batuan dan menambah berat massa tanah.
4. Penyebab tanah longsor di daerah Jalan Raya Tomohon-Manado yang terletak di wilayah Kelurahan Tinoor Kota Tomohon adalah karena curah hujan yang tinggi.
5. Prinsip mitigasi longsor adalah mengurangi gaya pendorong atau menambah gaya penahan. Mitigasi sangat tergantung pada tipe dan sifat gerakan tanah, kondisi lapangan dan geologi. Mitigasi dimaksud untuk menghindari kemungkinan terjadinya longsor pada daerah yang berpotensi longsor.
6. Pemilihan metode mitigasi longsor tergantung dari beberapa faktor antara lain; identifikasi penyebab, kemungkinan tipe-tipe penanggulangan berdasarkan teknis (luas daerah longsor dan jenis tanah), memilih salah satu penanggulangan dengan mempertimbangkan faktor ekonomi (material yang ada), Pelaksanaan (biaya, teknik pelaksanaan dan kemampuan pelaksanaan).
7. Penanggulangan dilaksanakan secara mekanis yaitu dengan menempatkan konstruksi penahan beban (counterweight) seperti pemasangan kawat bronjong, tembok penahan baik berupa pasangan batu atau beton bertulang, pembuatan teras batu atau kayu, dinding penopang isian tanah atau batu, atau pembuatan tanggul penguat.

VI. SARAN

1. Diperlukan data penyelidikan lapangan yang lebih lengkap agar dapat menggambarkan kondisi riil di lapangan.
2. Perlu upaya mengurangi kerentanan masyarakat dalam pemanfaatan lahan pada daerah rawan bencana tanah longsor dengan kegiatan mitigasi bencana dalam bentuk sosialisasi yang intensif, bantuan bibit tanaman keras dan pembangunan infrastruktur khususnya upaya penanganan bencana tanah longsor.
3. Untuk meningkatkan kestabilan lereng salah satu cara penanggulangan yang perlu ditingkatkan adalah dengan *Bioengineering (Bio Technical Stabilization)*. Cara ini dengan melakukan penanaman pohon yang mempunyai akar serabut,

salah satu pohon berakar serabut adalah pohon enau.

REFERENSI

- 1) Anonim, *Pengenalan Gerakan Tanah*, www.esdm.go.id/batubara/doc, download tanggal 5 Mei 2016.
- 2) Badan Litbang Departemen PU. RI., 2005, *Rekayasa Penanganan Keruntuhan Lereng Pada Tanah Residual dan Batuan*, Pd T-09-2005-B, Jakarta, Indonesia.
- 3) Bowles, J. E., 1986, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Edisi ke 2, Terjemahan oleh Ir. Johan K. H., Erlangga, Jakarta, Indonesia.
- 4) BMKG Provinsi Sulawesi Utara, 2014, *Data Curah Hujan Tahun 2014*, Manado, Indonesia
- 5) Craig, R.F., 1987, *Mekanika Tanah*, Edisi ke 4, Erlangga, Jakarta, Indonesia.
- 6) Hansen, M.J., 1984, *Strategies for Classification of Landslides*, (ed.:Brunsden, D.& Prior, D.B., 1984), Slope Instability, John Wiley & Sons, New York, USA.
- 7) Hardiyatmo, H.C., 2006, *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.
- 8) Karnawati, D., 2004, *Bahan Kuliah Geologi Umum dan Teknik*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- 9) Pangular, D., 1985, *Petunjuk Penyelidikan & Penanggulangan Gerakan Tanah*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta, Indonesia.
- 10) Seyhan, E. 1990. *Dasar-dasar Hidrologi*. Terjemahan Sentot Subagyo. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- 11) Suripin, 2002. *Pelestarian Sumberdaya Tanah dan Air*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- 12) Suryolelono, K. B., 2004, *Perancangan Fondasi*, Nafiri, Yogyakarta, Indonesia.