

SLOPE'S FLOWAGE ANALYSIS AND ITS STABILITY IMPROVEMENT EFFORTS

A case study: Southern Slope PLTA Tulis, Banjarnegara

ANALISIS GERAK RAMBAT LERENG DAN UPAYA PERBAIKAN KESTABILANNYA

Studi Kasus: Lereng Selatan PLTA Tulis, Banjarnegara

Wisyanto

BPPT, Gedung II Lantai 18, Jl.M.H.Thamrin 8 Jakarta 10340
Email: wisyanto2000@yahoo.com

Abstract

Indonesia has dynamic natural processes which lead to high number of morphology variations. The steep topography, layer of rock, soil variations and high precipitation, in this case in Banjarnegara, Central Java, make the region vulnerable to landslide. Not only causing loss of people's lives but landslides also repeatedly damage many facilities such as public transport especially to road which connect the city of Banjarnegara to PLTA Tulis. The writer was interested to the landslide based on slope stability assessment carried out for 3 months (September to December). The assessment is implemented by monitoring some piles in order to know their movement pattern. By knowing the orientation and rate of slope movement added with information of the type of rock, soil, microtopography and vegetation cover, the writer was able to determine some alternative ways to solve slope's unstability.

keywords: damaging repeatedly, monitoring, landslide, slope, Banjarnegara

Abstrak

Indonesia dengan proses alamnya yang dinamis telah membuat wilayahnya memiliki beragam morfologi. Morfologi terjal, lapisan batuan, jenis tanah dan tingginya curah hujan dalam hal ini Banjarnegara, Jawa Tengah telah menjadikan wilayahnya rentan terhadap gerakan tanah. Gerakan tanah tidak hanya dapat menimbulkan korban jiwa, tetapi juga dapat merusak banyak fasilitas umum secara berulang. Hal ini juga terjadi pada ruas jalan pada jalan yang menghubungkan Kota Banjarnegara dengan PLTA Tulis. Penulis tertarik dengan fenomena ini dan mencoba melakukan kajian kestabilan lereng selama 3 bulan (September sampai Desember). Kajian dilakukan melalui pengamatan beberapa patok pantau untuk mengetahui pola gerak lerengnya. Dengan mengetahui arah dan kecepatan pergerakan lereng, ditambah dengan informasi jenis batuan, tanah, topografi detail dan tutupan tumbuhannya, penulis dapat menentukan beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kestabilan lereng disekitar ruas jalan.

kata kunci: Perusakan berulang, pemantauan, gerakan tanah, lereng, Banjarnegara

1. PENDAHULUAN

Indonesia telah dikenal sebagai daerah dengan proses alamnya yang sangat kompleks dan aktif. Akibat dari proses alam yang demikian inilah maka Wilayah Indonesia sangat dinamis dan

menjadikan fisiografinya sangat bervariasi. Banyak fenomena alam yang terjadi didalamnya dan banyak diantaranya yang telah menimbulkan banyak kerugian bagi kelangsungan hidup manusia. Banyak ancaman bencana, baik yang berskala luas, seperti diantaranya adalah

gempabumi, tsunami, puting beliung dan banjir, juga yang bersifat lokal seperti tanah longsor. Ancaman bencana tanah longsor di Indonesia sangat tinggi. Hal ini disebabkan oleh karena jenis batuan, tanah, morfologi dan curah hujannya sangat mendukung terjadinya tanah longsor.

Pulau Jawa merupakan pulau dengan tingkat kepadatan penduduk paling tinggi di Indonesia. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap potensi bencana yang mungkin terjadi, terlebih dengan luas ancamannya yang memang besar. Berdasarkan data BNPB, luas ancaman bencana longsor tingkat tinggi yang terluas di Pulau Jawa adalah Jawa Barat dengan luas sebesar 56.008 km² dan yang terkecil adalah DKI Jakarta dan Banten yang hanya memiliki daerah dengan ancaman bencana tingkat sedang (Tabel 1).

Tabel 1. Luas ancaman bencana longsor di Pulau Jawa

PROVINSI	LUAS ANCAMAN (km ²)		
	Rdh	Sdg	Tng
DKI Jakarta	-	65,881	-
Jawa Barat	-	3,436,742	56,008
Jawa Tengah	-	3,303,503	19,561
DIY	-	299,472	2,629
Jawa Timur	-	4,613,433	25,542
Banten	-	934,181	-

(sumber: BNPB, 2012)

Telah banyak kejadian tanah longsor yang memakan korban jiwa di Indonesia, seperti longsor 4 Januari 2006 di Banjarnegara dengan jumlah korban 76 jiwa dan 44 orang hilang, longsor 26 Maret 2004 di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan dengan 33 korban jiwa, longsor 23 April 2004 di Pasaman, Sumatera Barat dengan jumlah korban 43 jiwa, serta longsor yang dipicu oleh gempabumi pada 30 September 2009 di Sumatera Barat yang telah mengubur dan menewaskan lebih dari 300 orang. Selain menimbulkan korban jiwa, seringkali longsor juga merusak jalan dan jalur kereta api, seperti longsor yang memutus jalan Bandung-Ciwidey pada bulan November 2012, longsor yang menutup badan jalan bebas hambatan / Tol Cipularang pada 12 Februari 2013 (Gambar 1.) dan longsor yang merusak rel keretaapi di Cilebut pada bulan November 2012.

Seringkali longsor juga merusak jalan secara terus menerus (berulang kali) pada titik yang sama. Hal ini terjadi bila desain konstruksi jalan tidak dibuat dengan tepat dan masalah longsohnya tidak ditangani dengan benar. Sebagai contoh adalah jalan disekitar Cadas Pangeran,

Sumedang, ruas jalan di Ciloto dan lain sebagainya. Untuk itulah maka diperlukan suatu kajian longsor secara komprehensif agar perencanaan konstruksi bangunan jalan ataupun jaringan lainnya dapat dibuat secara benar sehingga longsor tidak merusak kembali. Gangguan gerakan tanah terhadap jalan juga terjadi di Banjarnegara. Salah satu dari kejadian ini adalah jalan yang menghubungkan Kota Banjarnegara dengan Bendung Tulis. Berkaitan dengan hal inilah maka penulis melakukan kajian longsor yang terjadi pada ruas jalan tersebut melalui pengamatan titik-titik pantau agar mekanisme rambatan longsor dapat dipahami dengan baik dan alternatif upaya penanganannya dapat ditentukan dengan benar.

2. BAHAN DAN METODE

Banyak faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng, mulai dari faktor pengontrol sampai faktor pemicu. Proses penelitian akan dapat dilakukan dengan baik, bila ada pemahaman menyeluruh akan faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat kestabilan lereng. Selain faktor geologis (batuan dan tanah penyusun lereng) dan morfologis, juga ada faktor penting lainnya yang sangat memegang peranan penting, yaitu faktor curah hujan. Air hujan yang masuk ke tanah akan membawa dua dampak, yaitu dampak langsung dan dampak tidak langsung. Air yang masuk tanah akan merubah tekanan pori dan dapat menyebabkan pergerakan tanah (dampak langsung), sedang disisi lain, air hujan akan mempengaruhi evapotranspirasi dan proses-proses penting tumbuhan (dampak tidak langsung). Evapotranspirasi merupakan gabungan dari penguapan air baik dari air pori maupun dari transpirasi tanaman. Dalam penelitian pemantauan pergerakan tanah dengan tiltmeter yang dilakukan oleh Mentis (2012), menunjukkan bahwa saat evapotranspirasi berpotensi tinggi maka amplitudo kemiringan lereng yang tercatat dalam tiltmeter juga semakin besar. Demikian halnya pada musim kemarau dimana jumlah curah hujan kecil, amplitudo kemiringan pergerakan lerengnya lebih besar dibandingkan dengan saat musim hujan. Pada musim hujan, lapisan tanah bagian atas jenuh air. Dengan asumsi bahwa laju evaporasi konstan, air diuapkan dari volume tanah yang lebih kecil dibandingkan saat musim kemarau, serta terkait dengan variasi tekanan porinya yang kecil maka amplitudo kemiringan hariannya juga kecil.



Gambar 1. a. Longsor di Tol Cipularang (@IRNewscom) dan b. Longsor pada ruas jalur kereta di Cilebut, Indonesia (liputan6.com)

Penelitian gerakan tanah disini dilakukan melalui pemantauan pergerakan rambat lereng yang terletak ± 1 km baratdaya-selatan dari Bendung Tulis di Banjarnegara, Jawa Tengah. Untuk mengamati gerak rambat lereng tersebut, diperlukan beberapa informasi umum sebagai bekal dalam melakukan pengkajian detailnya. Adapun bahan yang dibutuhkan adalah peta geologi daerah Banjarnegara, peta kerentanan gerakantah lembar Banjarnegara, peta tutupan lahan, curah hujan, peta topografi dan pola aliran sungainya. Bahan atau perlengkapan lain yang diperlukan dalam pengamatan lapangannya meliputi GPS, meteran, patok pantau, teodolit/alat pendeteksi posisi dengan resolusi yang cukup tinggi dan kamera.

Adapun metoda dari penelitian ini adalah diawali dengan pengamatan jenis batuan dan tanah secara detail, melihat tata salir yang ada pada lereng yang tidak stabil, pengamatan jenis tumbuhan yang menutupi lereng dan menentukan struktur batas pergerakan lerengnya. Selanjutnya dengan berlandaskan pada pemahaman pergerakan lereng yang ada, maka dipasang beberapa patok pantau (dimulai tanggal 3 September sampai 6 Desember 2011), dimana patok-patok ini dipasang pada daerah yang mengalami pergerakan cepat, menengah dan lambat, serta memasang patok pada daerah yang terletak diluar mahkota pergerakan lereng yang diyakini tidak ikut bergerak (posisi stabil). 3 bulan kemudian, titik pantau akan diamati dan diukur lagi posisinya dan berdasarkan perubahan posisi titik-titik pantau tersebut, maka akan diketahui laju perambatan tubuh lerengnya. Akhirnya berdasarkan semua informasi yang telah didapat akan dapat ditentukan upaya penanganannya agar tubuh jalan yang terdapat diatasnya tidak mengalami kerusakan secara berulang-ulang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondis Alam Daerah Penelitian

Morfologi daerah penelitian termasuk pada morfologi kasar, dimana daerah penelitian tepatnya merupakan sisi lereng tenggara dari suatu perbukitan yang mengarah baratdaya timurlaut. Berdasarkan peta kerentanan gerakan tanah lembar Banjarnegara-Pekalongan, menunjukkan bahwa daerah penelitian termasuk kedalam zona kerentanan gerakantah sedang, sedangkan lereng sebelah baratlautnya merupakan zona kerentanan gerakantah tinggi (Sobarna, 1992). Meskipun termasuk dalam zona kerentanan sedang, akan tetapi pada daerah telitian, laju pergerakan tanahnya terlihat dengan jelas dan telah merusak badan jalan yang menghubungkan Banjarnegara dengan PLTA Tulis (Gambar 2 a).

Batuan yang menyusun lereng daerah penelitian dan sekitarnya terdiri dari 5 satuan batuan. Meskipun demikian, dominasi satuan batuan yang ada pada daerah telitian berupa batupasir, batulempung, napal, tufa dan konglomerat. Struktur geologi yang berkembang di daerah ini meliputi dua jenis sesar, yaitu sesar geser kanan dan sesar normal. Sesar geser berkembang secara intensif di daerah sebelah baratdaya dari daerah telitian, sedangkan sesar-sesar normal berada dibagian baratlaut-utara dari daerah telitian (Condon, 1975). Sedangkan tanaman yang ada di daerah telitian adalah berupa tanaman jagung, pisang dan sedikit pohon albasiah berumur muda. Sebagian lereng terbuka tanpa tumbuhan atau berupa rumput-rumputan (Gambar 2.b.).

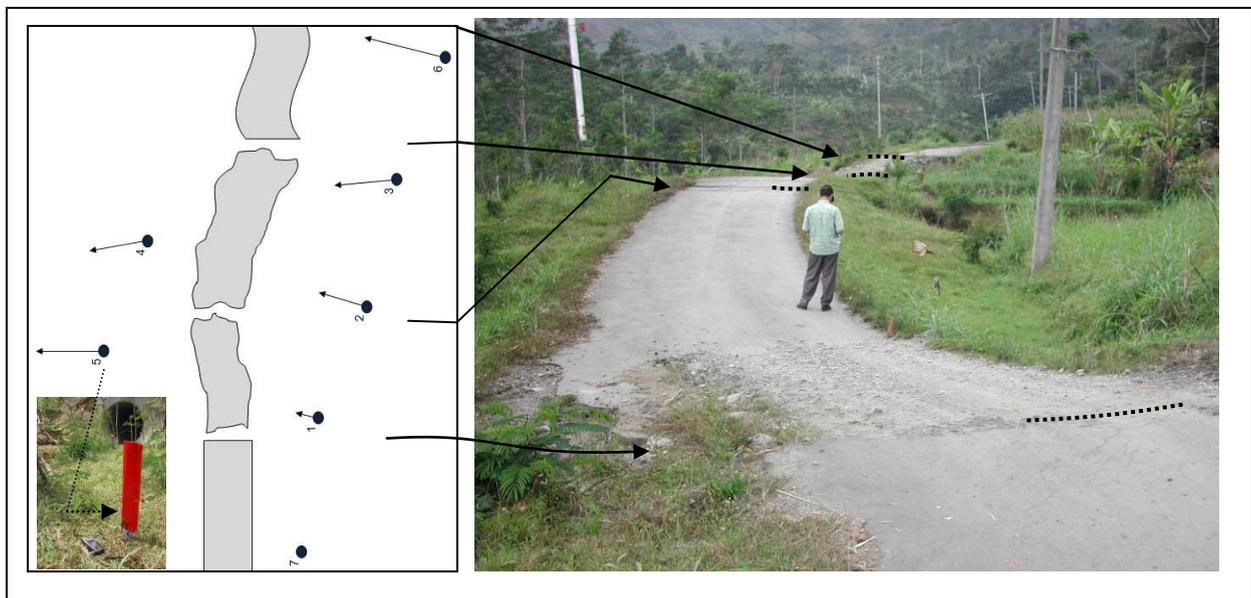


Gambar 2. a. Bangunan PLTA Tulis di Banjarnegara, b. Jenis tumbuhan yang menutupi lereng bagian atas dari jalan yang terganggu oleh pergerakan longsor

3.2. Pemantauan Gerak Rambat Lereng

Menurut keterangan penduduk yang tinggal di sekitar lokasi, gerak rambat lereng yang dilewati jalan penghubung Kota Banjarnegara dengan PLTA Tulis telah berlangsung cukup lama. Meskipun jalan ini merupakan jalan kecil dan lalu lintasnya tidak terlalu ramai, tetapi dengan adanya pergerakan longsor ini telah mengganggu kenyamanan kendaraan yang melewatinya. Berdasarkan kondisi yang demikian ini maka penulis tertarik untuk mengamati, memantau dan

mencoba mencari cara pemecahannya. Terkait dengan hal ini maka penulis membuat beberapa (7 buah) titik pantau pada tubuh lereng yang bergerak. 6 patok dipasang pada tubuh lereng yang bergerak dan 1 patok sebagai titik *benchmark* yang diyakini terletak pada tanah yang stabil. Patok pantau 1, 2, 3 dan 6 terletak di sisi selatan dari badan jalan, Patok pantau 4 dan 5 berada disisi yang berlawanan (sisi utara), sedangkan patok 7 yang berada di sisi selatan jalan dipakai sebagai titik ikat dan terletak pada tanah stabil (lihat Gambar 3.).



Keterangan:

1  : No patok pantau, arah gerak (arah panah) dan jarak gerak (panjang garis)

 : Jalan

Gambar 3. Sketsa patok pantau (kiri) dan foto jalan yang berada diatas lereng yang bergerak merayap (kanan).

Patok pantau terpasang selama 100 hari dan pada tanggal 15 Desember dilakukan pengukuran posisi titik pantau lagi untuk mengetahui besar pergeserannya. Hasil dari pengukuran tersebut menunjukkan bahwa pergeseran berkisar antara 80 cm sampai 380 cm. Berdasarkan hasil pengukuran posisi yang baru tersebut, selain jarak pergeseran, arah pergeseran juga dapat diketahui (Gambar 3.). Arah pergeseran mulai dari arah N 353° E yaitu patok pantau no. 4 dengan jarak geser 325 cm sampai arah N 8° E yaitu patok pantau no.2 dengan besar geser 300 cm (selengkapnya tertera pada Tabel 2.).

Berdasarkan arah dan besar jarak gesernya, maka terlihat bahwa lereng sisi atas (selatan) dari badan jalan, semakin kearah timur (patok no 6) pergeseran semakin besar, sedangkan arahnya relative sama yaitu arah utara sampai N 8° E. Meskipun demikian ada satu titik yaitu patok no.3 bergerak kearah sedikit condong ke kiri yaitu N359° E. Pada lereng bagian utara badan jalan, pergeseran relative utara dan sedikit condong kekiri. Titik pantau 5 merupakan titik yang bergerak paling panjang sebesar 380 cm. Hal ini mungkin dikarenakan bagian ini, tepatnya pada bawah jalan (di selatan patok) merupakan konsentrasi masuknya air dari saluran gorong-gorong (terlihat pada foto diatas). Konsentrasi air ini akan terjadi proses penjumlahan pada blok lereng ini dan tekanan pori akan meningkat, serta tidak adanya (hanya rumput) tumbuhan penutup pada blok lereng ini Hal tersebut akan meningkatkan potensi gerak lereng. Aktifitas tumbuhan penutup lereng sangat berperan aktif dalam pengendalian air hujan, dalam hal ini air dari gorong-gorong Aktivitas transpirasi tumbuhan yang intensif dapat mengurangi infiltrasi air hujan

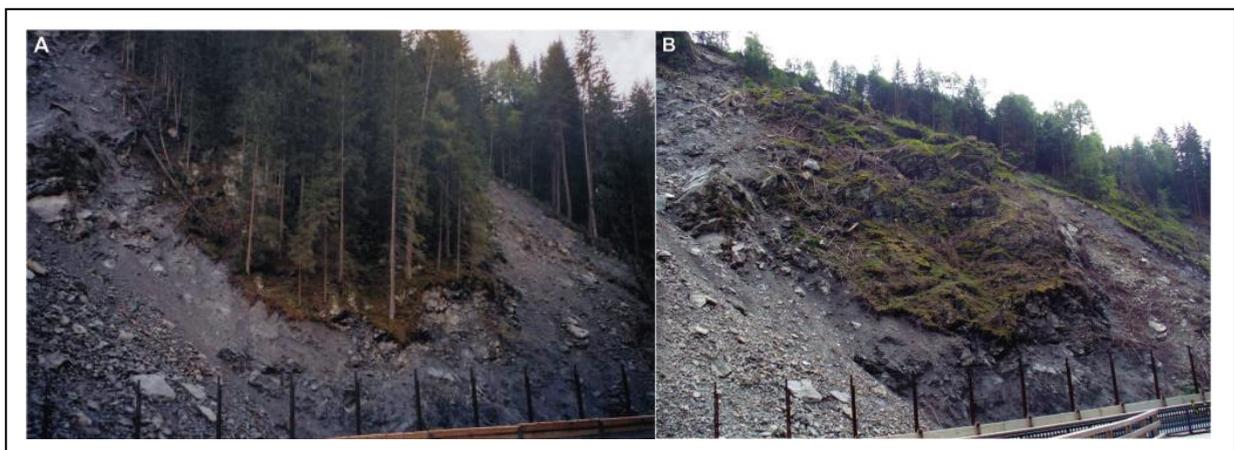
masuk ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam sehingga melindungi dari proses pergerakan tanah (Mentes, 2012).

Tabel 2. Hasil pengamatan dari patok pantau yang bergerak

NO PATOK	ARAH GERAK	JARAK GESER
1	N 5,5° E	80 cm
2	N 8° E	300 cm
3	N 359° E	345 cm
4	N 353° E	325 cm
5	N 0° E	380 cm
6	N 18,5° E	365 cm

3.3. Pembahasan dan Saran

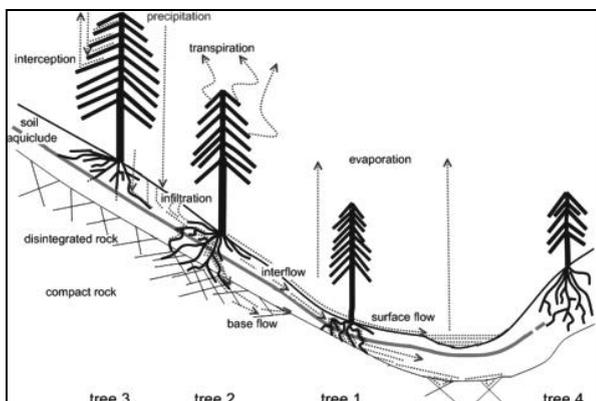
Perbandingan kejadian-kejadian gerakantah dari tempat-tempat yang berbeda adalah kurang tepat untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan banyaknya variabel dari parameter yang ada dan proses-proses yang terjadi di alam, seperti kemiringan lereng, perlapisan tanah/batuan, mikro topografi, tutupan tanaman serta faktor-faktor pemicunya, seperti jumlah dan intensitas hujan serta kelembaban tanah sebelum gerakantah terjadi (Steinacher, 2009). Dengan demikian maka dalam menentukan cara untuk mengatasi gerakantah, tidak dapat dilakukan hanya dengan meniru dengan cara-cara yang dilakukan di tempat lain, melainkan harus memahami karakteristik lereng yang akan diatasi. Sebagai contoh bahwa deforestasi dapat dipakai sebagai cara untuk mitigasi gerakantah, seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Penebangan pohon sebagai salah satu jenis upaya mitigasi gerakantah (sumber: Steinacher, 2009)

Meskipun deforestasi pada jangka pendek meningkatkan kestabilan lereng, akan tetapi pada jangka panjang hal ini akan menimbulkan masalah yang lebih besar, seperti berkurangnya kohesi akar, erosi permukaan dan penurunan kualitas tanah. Untuk itulah perlu dipahami benar karakteristik lereng yang akan diupayakan untuk diperkuat (Gambar 5. dan Tabel 3.). Apakah lerengnya sesuai dengan lapisan pada “kondisi lereng” 1, 2, 3 atau 4 atau bahkan lainnya lagi.

Pendekatan rekayasa vegetatif (*vegetative engineering*) atau eko enjineri (*eco-engineering*) untuk tutupan lereng mempunyai manfaat secara mekanikal, hidrologis dan lingkungan. Manfaat mekanikalnya adalah dengan memperkuat tanah oleh akar-akar tanaman. Hal tersebut akan melindungi lereng dari erosi permukaan. Manfaat hidrologisnya adalah dengan menurunkan *run off* melalui proses intersepsi air hujan. Hal tersebut akan mengurangi air yang masuk kedalam tubuh lereng, yang pada akhirnya akan memperlunak lereng. Dengan mempertahankan lereng dalam keadaan relatif kering, daya serap tanah akan tetap terpelihara dalam waktu yang lebih lama dan menjaga lereng tetap kuat. Dampak terhadap lingkungan adalah menyerap karbon dan akan mengurangi peningkatan jumlah karbon dioksida (Bujang, 2011).



Gambar 5. Karakteristik lapisan tanah dan potensi tanaman, serta pengaruhnya terhadap kestabilan lereng (disarikan dari : Steinacher, 2009).

Pada Gambar 5 di atas, kondisi dari masing-masing posisi adalah:

Kondisi lereng 1:

- Lapisan tanah tipis, diperkuat oleh akar, lapisan bawah tdk tertembus akar
- Efek kestabilan: **rendah (low)**
- Jika jenuh air akan mengurangi sudut geser dalamnya dan awal dari terjadinya gerakantana

Kondisi lereng 2:

- Sama dengan kondisi lereng 1, hanya disini batuan nya sedikit terlapukan/terkekarkan dan dapat ditembus akar
- Efek kestabilan: **sangat tinggi (very high)**
- Jika jenuh air akan mengurangi sudut geser dalamnya, tetapi akar memperkuat lereng, hanya sedikit mengalami erosi permukaan

Kondisi lereng 3:

- Lapisan tanah sedang sampai dalam (tebal) dengan lapis antara ya yang lebih padat dan mempunyai sudut geser dalam yang lebih besar, akan menembus lapisan ini dan memperkuat kestabilan
- Efek kestabilan: **sedang (medium)**
- Jika tanaman kurang sehat atau akan tumbuh secara horizontal, memungkinkan terjadi gerakantana

Kondisi lereng 4:

- Lapisan tanah lebih dalam dari panjang akar, akar tetap mempengaruhi secara hidrologis tetapi tidak meningkatkan kestabilan lereng.
- Efek kestabilan: **rendah (low)**
- Jika jenuh air akan mengurangi sudut geser dalamnya dan awal dari terjadinya gerakantana

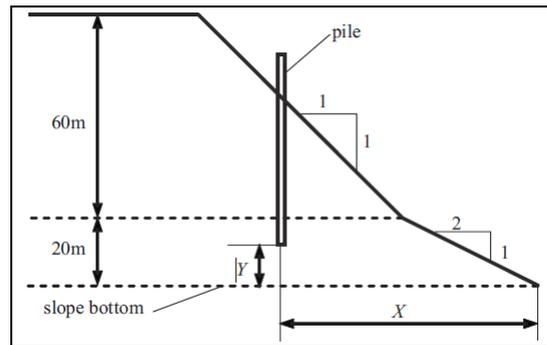
Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lapangan, lereng yang mengalami pergerakan merupakan lereng dengan komposisi batuan konglomerat, batupasir dan batulempung. Tebal lapisan tanahnya (soil) tipis sampai tebal dan bila disesuaikan dengan Gambar 5, maka keadaan di lapangan sesuai dengan keadaan lapisan pada tree 1 dan 4. Lebih buruk dari ini adalah kondisi tanaman diatas lereng hanya berupa tanaman jagung, rumput dan sedikit dan tersebar berupa tanaman albasiah. Menurut Bujang (2011) yang meneliti pengaruh tumbuhan *Hibiscus tiliaceus* terhadap daya serap tanah, menunjukkan bahwa tanah yang ditanami *Hibiscus tiliaceus* ternyata mempunyai daya serap terhadap air 2 – 10 kali lebih besar dibandingkan dengan tanah tanpa tanaman. Hasil dari telitian lainnya oleh Bujang (2011) adalah bahwa *Hibiscus tiliaceus* dan *Dillenia suffruticosa* secara efektif dapat digunakan untuk meningkatkan kestabilan dari pergerakan tanah dangkal untuk tanah pasir lempungan dan pasir. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pengaruh tumbuhan terhadap daya serap tanah sangat besar, sehingga hal ini juga dapat diterapkan pada lereng daerah telitian agar besar aliran bawah permukaan dapat dikurangi.

Seperti apa yang telah disinggung disub bab sebelumnya, bahwa pada blok disekitar patok pantau no. 5, tepatnya di sebelah atasnya adalah

merupakan daerah buangan air gorong-gorong yang berasal dari bagian lereng sebelah selatan dari badan jalan. Hal ini menjadikan blok lereng dimana patok no.5 berada sering mengalami penjuhan air, meningkatkan tekanan pori dan juga akan mengurangi besar sudut geser dalam. Hal ini akan memperparah terjadinya gerakantah. Hal tersebut juga dibuktikan melalui pemantauan patok-patok pantau, dimana daerah ini mengalami pergerakan paling besar. Dengan demikian gorong-gorong perlu diperpanjang terus ke bawah lereng, supaya tidak terjadi penjuhan air pada tubuh lereng, sehingga kondisi kestabilan lereng dapat terjaga.

Pada umumnya bentuk lereng yang cembung (*convex*) diyakini lebih stabil, sedangkan lereng berbentuk cekung (*concave*) merupakan tempat terkonsentrasinya air bawah permukaan, sehingga akan menjadikan lereng tersebut rentan terhadap erosi dan pergerakan tubuh lereng (Rickli, 2001). Bila dilihat dari morfologi lereng (daerah telitian) bagian selatan dari tubuh jalan, ternyata bentuknya adalah cekung dengan arah umum miring ke utara dan berujung pada "tanggul" tubuh jalan yang melintang barat-timur. Bentuk yang demikian memberikan peluang aliran air pada saat air hujan melimpah seolah-olah akan tertahan oleh "tanggul" tubuh jalan. Disisi lain, morfologi utara jalan yang terletak diujung timur relatif curam. Dengan melihat kondisi yang demikian, maka besar kemungkinan hal itulah yang menjadikan pergerakan lereng (semakin) kearah timur semakin besar.

Seperti upaya mitigasi bencana pada umumnya, dimana upaya pembangunan struktur penguat diperlukan untuk meningkatkan kestabilan lereng. Dalam melakukan perbaikan kondisi lereng disini, selain dengan beberapa upaya yang telah disebutkan diatas, juga dapat diperkuat lagi dengan pemasangan tiang-tiang penguat. Geometri lereng dan sebaran tiang (spasi, lokasi dan kedalaman tiang) mempunyai pengaruh besar terhadap faktor keamanan dan bidang geser kritis dari lereng yang diperkuat (Zhang, 2010). Dalam melakukan perencanaan pemasangan tiang penguat akan ditentukan berdasarkan besar faktor keamanan yang diinginkan. Sebagai contoh, syarat yang dibuat oleh Kementerian Transportasi Pemerintah China yang dikeluarkan tahun 2004 tingkat faktor keamanan untuk kode bangunan jalan bebas hambatan adalah sebesar 1,2. Bila hal ini diikuti, maka geometri dari tiangnya adalah : bila nilai $x = 70$ m dan $Y = 0$, maka perbandingan $L/D = 7$, dimana L adalah jarak spasi dan D adalah diameter tiang penguat (lihat Gambar 6.).



Gambar 6. Sketsa komponen lereng dan tiang penguat

4. KESIMPULAN

Kesalahan desain gorong-gorong pada lereng telitian menyebabkan terjadinya penjuhan tubuh lereng sehingga meningkatkan tekanan pori, menurunkan sudut geser dalam dan meningkatkan potensi gerakan tanah.

Tutupan lahan yang buruk, menyebabkan penurunan kohesi akar, erosi permukaan dan penurunan kualitas tanah termasuk mengurangi daya serap tanah.

Bentuk topografi cekung pada daerah telitian menyebabkan terjadinya konsentrasi aliran air bawah permukaan sehingga meningkatkan potensi terjadinya gerakantah. Demikian juga Lereng sisi timur sangat curam sehingga menurunkan tingkat faktor keamanan lereng.

DAFTAR PUSTAKA:

- , 2010, Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2010-2014, BNPB.
- Bujang, B.K., S. Mafian, S. Kazemian and M Barghi, 2011. Assessment of Indigenous Plants fo Live Pole Applications in Slope Stability of Malaysia. Australian Journal of Basic and Applied Sciences.
- Condon, W.H., L. Pardyanto dan K.B. Ketner, 1975. Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan. Direktorat Geologi, Bandung.
- <http://news.liputan6.com/read/457271/proses-perbaikan-longsoran-cilebut> (diakses 24 Januari 2013)
- <http://2.bp.blogspot.com> (diakses 1 Februari 2013)
- Mentes, G. and V.B. Bodis, 2012. Relationships Between Short Periodic Slope Tilt Variations and Vital Processes of the Vegetation. J. Appl.

Geodesy, Hungarian Academy of Science, Sopron, Hungary.

Rickli, C., P. Zimmerli, A. Boll, 2001. Effects of Vegetation on Shallow Landslide: An Analysis of the Events of August 1997 in Sachseln, Switzerland. Proceedings International Conference on Landslides, Davos.

Sobarna, R. dan Hartanto, 1992. Peta Zona Kerentanan Gerak Tanah, Lembar Banjarnegara-Pekalongan. Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung.

Steinacher, R., G. Medicus, W. Fellin dan C. Zangerl, 2009. The Influence of Deforestation on Slope Stability. Austrian Journal of Earth Sciences v. 102. Vienna.

Zhang, G. and L. Wang, 2010. Stability Analysis of Strain-Softening Slope Reinforced with Stabilizing Piles. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE.