

Saintek Vol 5, No 1 Tahun 2010
**Analisis Keruntuhan Lereng Dan Solusi Perbaikannya
Pada Bangunan SPBU Sambipitu - Kabupaten Wonosari**

Rito Nasibu

Staf Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Negeri Gorontalo

ABSTRAK

Bangunan SPBU Sambipitu mengalami keruntuhan setelah hujan lebat yang terjadi pada bulan November 2002 dan baru dioperasikan selama satu bulan sejak bangunan tersebut selesai dibangun. Kondisi lahan berupa tanah timbunan setempat yang berada disisi lereng.

Dari hasil analisis data kelongsoran diketahui bahwa penyebab utama keruntuhan adalah ketidakstabilan dinding penahan tanah oleh karena rancangan dimensi pondasi yang kurang baik dan rendahnya mutu pelaksanaan. Ketidakstabilan ini disebabkan oleh turunnya timbunan dibelakang dinding oleh adanya rembesan air dari permukaan dan aliran air tanah sehingga memampatkan timbunan dibelakang pasangan dinding dan menyebabkan patahan disisi luar dinding berupa piping. Piping ini mengalirkan air tanah yang meruntuhkan halaman dan juga menyebabkan terjadinya perbedaan penurunan bangunan kantor pada bagian pondasi dekat halaman yang runtuh.

Solusi yang diusulkan adalah memperbaiki mutu pelaksanaan dilapangan dengan memperhatikan metode pelaksanaan sehubungan dengan skala prioritas pekerjaan mana yang didahulukan agar tidak beresiko bagi pekerjaan yang mengikutinya, mengingat pekerjaan SPBU ini terdiri dari macam-macam jenis pekerjaan mulai dari bangunan sipilnya, mekanikal, elektrikal sampai dengan utilitas bangunan penunjang lainnya.

Kata kunci : kelongsoran , piping, mutu pelaksanaan

ABSTRACT

The building of Sambipitu Gas Station had collapse after the heavy rain in November 2000 and operates recently during one month after the building had rebuilt up. Area condition was congeries land of the area by the side of slope.

Based on the data analysis result, it was found that the main reason of the collapse was the unstable of land restraint wall. It was caused by the design of foundation dimension that not good and the construction that was low-grade. In addition, the descent of the congeries in the back of wall by water permeation from the surface and land-watercourse caused the unstable of land restraint wall. Therefore, it solidifies the congeries of the back of wall pair and effect to the fracture by the outside of wall that was piping. This piping flow the land water that collapses the yard and caused the difference of office building descent in foundation side of near yard that collapse.

The solution that was suggest was improve the construction quality in field and attend to the method with priority scales of which work that has to be first in order it doesn't risk the following work, considering the gas station work consist of some works such as civil building, mechanic, electric and the utility of other supporting buildings.

Keywords: landslide, piping, construction quality

PENGANTAR

1. Identitas Bangunan

- Nama Bangunan : SPBU Sambipitu
Lokasi : Jl. Yogyakarta-Wonosari Km 13 Sambipitu-Wonosari
Kondisi Lahan : Tanah timbunan pada lereng
Masalah : Mengalami kelongsoran setelah hujan lebat pada bulan November 2002 dan baru dioperasikan selama 1 (satu) bulan sejak bangunan selesai dibangun.
-

2. Data Analisis

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Foto hasil dokumentasi dilokasi kejadian.
- Gambar denah penyelidikan lapangan
- Gambar potongan memanjang lokasi penyelidikan.
- Data hasil uji sondir 5 titik dan uji bor 3 titik.
- Data hasil uji laboratorium.

TINJAUAN PUSTAKA

Peristiwa tanah longsor atau dikenal sebagai gerakan massa tanah, batuan atau kombinasinya, sering terjadi pada lereng-lereng alam atau buatan, dan sebenarnya merupakan fenomena alam, yaitu alam mencari keseimbangan baru akibat adanya gangguan atau faktor yang mempengaruhinya dan menyebabkan terjadinya pengurangan kuat geser serta peningkatan tegangan geser tanah (Anonim, 2000).

Kontribusi pengurangan kuat geser tanah pada lereng alam yang mengalami longsor disebabkan oleh faktor yang dapat berasal dari alam itu sendiri dan erat kaitannya dengan kondisi geologi, antara lain jenis tanah, tekstur (komposisi) dari pada tanah pembentuk lereng yang sangat berpengaruh pada terjadinya longsor, misalnya sensitivitas sifat-sifat tanah lempung, adanya lapisan tanah shale, pasir lepas, dan bahan organik. Bentuk butiran tanah bulat ataupun tajam berpengaruh terhadap friksi yang terjadi dalam tanah, perlapisan tanah, pengaruh gempa, geomorfologi (kemiringan daerah), iklim, terutama hujan dengan intensitas tinggi atau sedang, dengan durasi yang lama di awal musim hujan, atau menjelang akhir musim hujan, menimbulkan perubahan parameter tanah yang berkaitan dengan pengurangan kuat gesernya. Pada batuan, pengurangan kuat geser dapat diakibatkan oleh adanya diskontinuitas, sifat kekakuan, arah bedding, joint, orientasi lereng, derajat sementasi batuan misalnya konglomerat, batuan pasir, breksi, dan lain-lain.

Selain tekstur tanah, pengaruh fisik dan kimia dapat mempengaruhi terhadap pengurangan kuat geser. Pengaruh fisik antara lain lemahnya retakan-retakan yang terjadi pada tanah lempung, hancurnya batuan breksi (disintegrasi) akibat perubahan temperatur, proses hidrasi terutama pada jenis tanah lempung berkaitan dengan meningkatnya tegangan air pori, over saturation lapisan tanah berbutir halus (loess). Pengaruh kimia dapat diakibatkan oleh larutnya bahan semen dalam batuan pasir dan konglomerat.

Kontribusi peningkatan tegangan geser disebabkan oleh banyak faktor, antara lain fenomena variasi gaya intergranuler yang diakibatkan oleh kadar air dalam tanah/batuan yang menimbulkan terjadinya tegangan air pori, serta tekanan hidrostatik dalam tanah yang meningkat. Variasi pembentuk batuan dan tekstur tanah, retakan-retakan yang terisi butiran halus, diskontinuitas, pelapukan dan hancurnya batuan yang menyebabkan lereng terpotong-potong, atau tersusunnya kembali butiran-butiran halus.

Faktor lain yang berpengaruh adalah bertambahnya berat beban pada lereng yang berasal dari alam itu sendiri, antara lain air hujan yang berinfiltrasi ke dalam tanah di bagian

lereng yang terbuka (tanpa penutup vegetasi) menyebabkan kandungan air dalam tanah meningkat, tanah menjadi jenuh, sehingga berat volume tanah bertambah dan beban pada lereng semakin berat. Pekerjaan timbunan di bagian lereng tanpa memperhitungkan beban lereng, dapat menyebabkan lereng menjadi rawan longsor. Pengaruh hujan dapat terjadi di bagian lereng-lereng yang terbuka akibat aktivitas makhluk hidup terutama berkaitan dengan budaya masyarakat saat ini dalam memanfaatkan alam berkaitan dengan pemanfaatan lahan (tata guna lahan) yang kurang memperhatikan pola-pola yang sudah ditetapkan oleh pemerintah.

Akibat pengaruh gempa tegangan air pori (u) dalam lapisan tanah pasir (lensa-lensa pasir) ini meningkat, mengakibatkan tegangan efektif tanah (σ') menurun dan bahkan mencapai nilai terendah ($= 0$). Hal ini berarti tanah kehilangan kuat dukungannya, berakibat tanah pembentuk lereng di atas lapisan ini runtuh dan timbul masalah tanah longsor. Selain itu, apabila lapisan tanah lempung terletak di atas lapisan batuan keras (bed rock), akibat pengaruh gempa pada ke dua massa yang berbeda (tanah dan batuan) mempunyai percepatan yang berbeda, sehingga bidang kontak ke dua lapisan ini menjadi bagian yang lemah.

Munculnya sumber-sumber air di bagian kaki lereng akibat rembesan air yang menimbulkan terjadinya peristiwa erosi buluh (piping). Pada kondisi ini tanah di bagian kaki lereng kehilangan kuat dukungannya dan bahkan mendekati harga sama dengan nol, sehingga perlawanan terhadap gaya yang melongsorkan menurun, dan lereng menjadi rawan longsor.

Demikian pula pada lereng buatan dapat berupa lereng galian, lereng bendungan, lereng timbunan sampah (Chowdhury, 1978). Keruntuhan lereng buatan dapat terjadi disebabkan oleh faktor-faktor yang sama dengan lereng alam yaitu pengurangan kuat geser dan penambahan tegangan geser pada lapisan tanah pembentuk lereng. Lereng galian merupakan lereng yang direncanakan dengan menentukan rerata tinggi galian dan kerniringan galian tersebut, sehingga lereng tetap stabil (aman) sementara itu aspek ekonomi tetap menjadi pertimbangan. Umur lereng galian harus dijaga agar tetap stabil sesuai dengan tipe pekerjaan seperti tambang dan bangunan teknik sipil lainnya.

Konsep metode analisis tiga dimensi keruntuhan lereng adalah tegangan geser pada setiap titik selalu berubah berdasarkan waktu dan lokasinya, dengan bidang longsor yang tidak selalu berbentuk busur lingkaran. Perbedaan konsep metode analisis dua dimensi dengan tiga dimensi keruntuhan lereng adalah pada metode dua dimensi tegangan geser sepanjang permukaan bidang longsor adalah konstan, sedang pada metode tiga dimensi, pada setiap titik tinjauan selalu berubah berdasarkan fungsi waktu dan tempatnya (Nakamura, dkk., 1989; Sasa, 1987).

Dari hasil analisis tersebut, apabila lereng dinyatakan labil, maka diperlukan usaha untuk mengantisipasinya. Metode stabilitas lereng umumnya mengurangi gaya yang melongsorkan atau menyebabkan lereng tanah tersebut longsor (bergerak turun) ke arah kaki lereng, memperbesar gaya perlawanan terhadap gaya yang melongsorkan, atau kombinasi ke duanya. Secara umum metode stabilitas lereng ini dapat dilakukan secara fisis, mekanis, khemis dan *bio engineering* dengan memperhatikan kondisi lereng yang labil, sehingga dapat ditentukan metode yang paling tepat.

Metode stabilitas lereng secara fisis merupakan metode yang paling sederhana, namun hasilnya dapat diandalkan. Usaha stabilisasi dengan membuat lereng lebih landai, sehingga lereng menjadi tidak curam, atau mengurangi beban di bagian atas lereng dengan memindahkan material di bagian puncak lereng ke kaki lereng, menempatkan konstruksi bahu lereng (*berm*) merupakan usaha untuk melandaikan lereng. Penempatan *counterweight* berupa konstruksi timbunan batu atau tanah di bagian kaki lereng, dapat memberikan hasil yang memuaskan, namun diperlukan ruangan (*space*) yang cukup luas, karena berkaitan dengan usaha galian dan timbunan. Teknik ini adalah mengurangi gaya yang melongsorkan akibat massa tanah yang bergerak turun atau menambah besarnya perlawanan geser.

Usaha lain untuk membuat lereng tetap stabil yaitu dengan menempatkan sistem drainase permukaan (*surface drainage*) atau bawah permukaan (*sub surface drainage*) yang mampu untuk mengevakuasi sebagian air terutama air hujan yang berinfiltrasi ke dalam tanah, agar tanah/batuan pembentuk lereng tidak menjadi dalam kondisi jenuh air. Air hujan yang berinfiltrasi ke dalam tanah menyebabkan muka air tanah naik, sehingga memperbesar tekanan hidrostatik pada lereng tersebut. Selain itu, akibat tekanan rembesan dapat menimbulkan terjadinya peristiwa erosi buluh (*piping*) di bagian lereng, dan semakin lama semakin besar sesuai dengan perkembangan debit aliran rembesan. Pada lereng-lereng yang menunjukkan gejala munculnya mata air rembesan di bagian kaki lereng setelah terjadi hujan, merupakan suatu indikasi bahwa lereng ini tidak mantap (labil). Berbagai bentuk drainase permukaan dapat berupa selokan atau parit drain, dan drainase bawah permukaan antara lain drain horisontal, lapisan drain, *relief drain* dan terowongan drain telah banyak digunakan, dan hasilnya pun dapat diandalkan (Suryolelono, 1999).

Cara mekanis dalam usaha stabilisasi lereng dilakukan apabila ruangan yang tersedia sangat sempit, artinya bila cara fisis sangat sulit untuk diterapkan, barulah dilakukan dengan cara mekanis. Cara ini dengan menempatkan konstruksi penahan tanah konvensional, atau metode baru yaitu perkuatan tanah (*soil reinforcement*), pengankeran tanah (*soil nailing*), namun keberhasilan konstruksi ini akan lebih baik, apabila didukung dengan sistem drainase permukaan maupun bawah permukaan, dan pada konstruksi penahan tanah itu sendiri. Kegagalan konstruksi penahan tanah konvensional yang terjadi di kota Semarang (Forum, Maret 2002; Kedaulatan Rakyat, 17, 18, 20, 23 Februari 2002), runtuhnya candi Selogriyo (Suryolelono, 1995b; 1996), karena buruknya sistem drainase pada konstruksi penahan tanah, dan sistem drainase di sekitar konstruksi itu. Cara lain untuk mengantisipasi gerakan tanah ini dengan memancang tiang atau turap (*sheet pile*) di bagian lereng yang longsor, namun tiang atau turap harus cukup panjang dan melewati bidang longsor, sehingga efektif untuk menghambat turunnya material tanah yang longsor.

Metode stabilisasi dengan cara khemis merupakan usaha mencampur bahan tanah dengan semen (*soil cement-shotcrete*), atau bahan kapur, abu sekam padi (ASP-abu sekam padi-RHA-rice *husk ash*) (Suryolelono & Fathani, 2000), abu terbang (*fly ash*), sementasi (*grouting*) untuk meningkatkan kuat geser tanah, namun pemanfaatan bahan kimia ini perlu dipertimbangkan pengaruhnya terhadap lingkungan.

Bio engineering merupakan suatu usaha stabilisasi lereng dengan menutup lereng-lereng yang terbuka dengan tanaman. Tujuan dari usaha ini, agar air hujan sebagai pemicu gerakan lereng dapat ditahan sementara, atau tidak segera infiltrasi ke dalam tanah, namun metode ini membutuhkan waktu lama. Umumnya metode ini digunakan apabila lereng diidentifikasi rawan terhadap erosi dan berakibat lanjut lereng longsor. Jenis tanaman yang direkomendasikan oleh Bank Dunia seperti jati, akasia, johar, pinus mahoni, kemiri, damar dan lainlain, perlu disesuaikan dengan kondisi lereng setempat dan atas saran dari para ahli di bidang yang berkaitan. Mengurangi atau menghindari pembangunan teras bangku di lereng-lereng rawan longsor tanpa dilengkapi dengan saluran pembuangan air (SPA) dan saluran drainase bawah permukaan tanah untuk menurunkan muka air tanah, mengurangi intensifikasi pengolahan tanah di daerah rawan longsor (Soedjoko, 2000) merupakan salah satu usaha stabilisasi lereng rawan longsor. Umumnya usaha penanggulangan kelongsoran lereng yang digunakan merupakan kombinasi baik cara fisis, mekanis, khemis atau *bio engineering*, untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi lokasi sebelum dan sesudah kejadian dapat menjadi bahan analisis yang baik untuk menentukan arah pemahaman tentang sumber masalah, hubungan kejadian dan

penyebabnya. Oleh karenanya dalam penelitian ini peneliti mendeskripsikan terlebih dahulu, setiap data yang ada, sesuai kebutuhan prioritas pemahamannya sebagai berikut :

1. Gambar Denah Lokasi

Konfigurasi tapak bangunan tempat pengisian BBM, kantor, fasilitas umum lainnya seperti jalur perkerasan, tapak hijauan menggambarkan karakteristik pergerakan dilokasi ini dimana pergerakan dominan ada pada bidang perkerasan yang menjadi tapak layanan umum dari fungsi SPBU ini.

Letak tangki BBM dengan jaringan utilitasnya akan mempengaruhi tanah disekitarnya akibat beban tangki yang berubah-ubah yang menyebabkan celah disisi jaringan yang dapat mengalirkan air tanah.

Sumur rembesan merupakan muara sistim drainase air permukaan ditempatkan sedemikian rupa untuk dapat meresapkan air seoptimal mungkin keseluruh tapak lahan melalui aliran bawah tanah. Sumur rembesan dapat menambah volume air dalam tanah, sedangkan letak sumur diposisi tertinggi yang berlawanan dengan arah aliran air tanah, akan menambah kebutuhan waktu konsentrasi air permukaan merembes kedalam tanah lebih lama.

2. Gambar Potongan Memanjang

Beda tinggi site pengisian BBM dengan site kantor adalah 2 meter, dan beda tinggi site kantor dengan tanah asli dibelakang dinding penahan tanah adalah 8 meter. Tanah timbunan terkonsentrasi dibawah tapak site kantor dimana timbunan ini terletak pada bidang tanah asli dengan kemiringan sekitar 16^0 . Kemiringan ini dapat menyebabkan berpindahnya titik berat tekanan lateral air tanah kesisi bagian atas dinding penahan tanah sehingga akan menambah momen guling.

Dimensi dinding penahan tanah yang tinggi dan tipis akan memicu perubahan titik berat pasangan dinding karena efek gerakan mampatnya tanah timbunan oleh rembesan air dibelakangnya, sehingga dinding akan mengalami keruntuhan tarik diserat luar yang menyebabkan piping.

3. Foto Hasil Dokumentasi

Hasil identifikasi letak dan jumlah massa bangunan serta ciri-ciri kerusakan bangunan dari foto dokumentasi terdapat tiga hal sebagai berikut :

- a. Bentuk bangunan kantor yang simetris memungkinkan beban yang dihasilkan akan simetris dan ukuran pondasi yang dirancang juga akan simetris dimana beban yang sama ini disalurkan pada bidang tanah yang berdaya dukung relatif sama. Hal ini menggambarkan bahwa seharusnya bangunan ini tidak beresiko bila dilihat dari beban yang simetris, namun struktur kantor ini terlihat mendapat beban tambahan dua kolom bangunan SPBU diatasnya yang disalurkan ke salah satu sisi pondasinya, dimana hal ini akan menyebabkan berpindahnya titik berat yang memicu perbedaan penurunan pondasi bangunan kantor. Penurunan ini akan menggerakkan bangunan diatasnya kearah horizontal yang juga akan memindahkan titik beratnya sehingga akan menambah beban ke struktur pondasi bangunan kantor dibawahnya.
- b. Foto keruntuhan dinding penahan tanah terlihat dominan pada sisi sudut Barat Daya. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh arah aliran air tanah dari letak sumur disisi Utara ke arah bagian dinding penahan tanah disisi sudut Barat Daya.
- c. Dinding penahan tanah, timbunan tanah dan miringnya tanah asli merupakan variabel utama penentu kestabilan konstruksi bangunan dilokasi ini. Disain konstruksi lainnya diatasnya nanti akan memenuhi angka yang sesuai dari parameter kestabilan yang diberikan oleh variabel penentu tadi dengan menambah faktor aman untuk mengurangi resiko masing-masing bangunan ini.

4. Hasil Penyelidikan Tanah

Data hasil uji sondir dan boring dilapangan serta uji laboratorium dapat kami uraikan deskripsi teknisnya masing-masing sebagai berikut :

a. Test Lapangan

Data hasil uji sondir dan boring dilapangan dapat kami uraikan deskripsi teknisnya masing-masing sebagai berikut :

1) Titik Uji

Jumlah titik uji sondir telah memenuhi kebutuhan minimal dalam penyelidikan ini. Posisi titik boring dari sisi bawah ke bagian atas telah diusahakan untuk melacak garis hubung lapisan tanah dan tinggi muka air diatas lahan apakah mengecil atau menebal dengan melihat kondisi keterwakilan kemiringan tanah asli dan tinggi muka air tanah dibawahnya.

2) Kedalaman Lapisan

Secara umum ketebalan tanah bervariasi dari 0,60 - 2,0 m dari permukaan tanah setempat yaitu termasuk jenis tanah MH (elastic silt with sand-tanah lanau elastis, sedikit kandungan pasir) dan berwarna coklat. Di bawah lapisan ini kondisi tanah berupa tanah lanau elastis sedikit kandungan pasir dan bercampur dengan lapukan batuan kapur muda. Lapisan ini berada pada kedalaman 3,20 - 5,40 m dari permukaan tanah setempat. Di bawah lapisan ini di jumpai lapisan tanah keras.

Secara umum nilai kuat geser tanah atau kohesi *undrained* sebagai berikut:

Test Point	Depth (m)	Cu (kg/cm ²)	Konsistensi
BH 01	4,20	0,27	Sedang
BH 03	2,00	0,16	Lunak
BH 05	1,00	0,34	Sedang

b. Test Laboratorium

Berikut ini kami sajikan data hasil pemeriksaan laoratorium sebagai berikut :

TEST POINT	BH- 01	BH-01	BH- 01	BH- 01	BH- 03	BH- 03	BH- 03	BH- 05	BH- 05
DEPTH M	2	3,6	4,2	5	2	3	4	1	2,2
Kadar air tanah %	64,24	46,11	53,07	56,35	65,88	62,62	65,29	64,07	59,96
Berat Jenis	2,64	2,48	2,59	2,60	2,59	2,60	2,60	2,57	2,57
Batas Cair	78,32	66,66	62,42	58,69	75,31	64,10	94,89	73,31	71,65
Batas Plastis	45,73	36,25	39,95	34,40	41,09	38,55	46,39	39,35	42,01
Indek Plastis	32,59	30,42	25,47	24,28	34,22	30,55	48,50	33,96	29,64
Indek Cair	0,57	0,32	0,63	0,9	0,72	0,78	0,39	0,73	0,50
Positas	1,78	1,35	1,39	1,42	1,67	1,58	1,83	1,54	1,55
Derajat Kejenuhan	95,31	84,52	99,01	100	100	100	92,90	100	99,20
Saringan Lolos	73,74	26,06	38,65	82,57	61,07	66,89	66,89	62,66	74,46

Data hasil uji laboratorium diatas dapat kami uraikan deskripsi teknisnya masing-masing sebagai berikut :

1) Kadar Air Tanah

Kadar air dilapangan rerata 59,73 % dengan kondisi terendah 46,11 % (BH-01) disisi atas dan tertinggi 65,88 % disisi tengah (BH-03). Kadar air ini akan diperhitungkan dengan sifat-sifat Atterberg untuk mengidentifikasi klasifikasi tanah guna mengontrol struktur urugan tanah.

2) Berat Jenis Lapisan Tanah

Berat jenis lapisan tanah pertama rerata 2,60, lapisan tanah kedua rerata 2,56 dan berat jenis lapisan tanah ketiga 2,60. Untuk berat jenis dibawah 2,65 termasuk pada tanah Lempung dan Lanau (Tabel 1.1., Mekanika Tanah 2, Harry Christady, hal. 5)

3) Batas Cair

Batas Cair (LL) rerata 71,71 % untuk sepanjang lintasan dan lapisan-lapisan tanah. Kadar air lapangan masih berada dibawah batas cair, namun kondisi tanah dengan kadar air lapangan ini menunjukkan sifat tanah cenderung mendekati ke batas cair.

4) Batas Plastis

Batas Plastis (PL) rerata 43,41 % untuk sepanjang lintasan dan lapisan-lapisan tanah. Dibanding kadar air lapangan menunjukkan tanah ini dalam posisi melonggar dari keadaan batas padatnya, dan berada ditengah-tengah dari keadaan liquifaksi dengan kondisi padat idealnya.

5) Indeks Plastis

Indeks Plastis (PI) rerata 32,18 %, bukan selisih nilai-nilai diatas karena nilai LL dan PL diatas adalah rerata untuk sepanjang lintasan dan lapisan-lapisan tanah. Indeks Plastis > 17 adalah tanah lempung kohesif dengan plastisitas tinggi (Tabel 1.5., Mekanika Tanah 2, Harry Christady, hal.48).

6) Indeks Cair

Indeks Cair (LI) rerata 0,62 untuk sepanjang lintasan dan lapisan-lapisan tanah. Hal ini berarti menunjukkan kadar air lapangan dari keadaan plastis menuju ke keadaan cair, namun tanah asli ini masih bersifat plastis karena kadar air lapangan lebih besar dari batas plastis dan lebih kecil dari batas cair.

7) Angka Pori

Angka Pori (e) rerata 1,57 untuk sepanjang lintasan dan lapisan-lapisan tanah. Hal ini menunjukkan volume rongga lebih besar 1,57 kali dari butiran tanahnya dan merupakan ciri dari tanah lempung.

8) Derajat Kejenuhan

Derajat Kejenuhan (S) rerata 96,77 % untuk sepanjang lintasan dan lapisan-lapisan tanah menunjukkan tanah ini berada pada keadaan basah.

9) Fraksi Lolos No.200

Persen berat fraksi lolos no. 200 rerata 69,22 % dengan indeks plastis rerata 32,18 % sehingga diperoleh nilai aktivitas tanah (A-activity) > 0,40 yaitu termasuk klasifikasi tanah yang memiliki potensi mengembang medium dengan kandungan mineral Kaolinit dan Illite.

5. Analisis Keruntuhan dan Penyebabnya

a. Analisis Keruntuhan

Secara umum keruntuhan yang terjadi dilokasi penelitian dapat dianalisis berdasarkan prioritas ketergantungan resiko yaitu :

- 1) Keruntuhan pada sistem variable utama, yaitu kokoh tidaknya dinding penahan tanah, baik buruknya tanah timbunan, baik tidaknya kondisi tanah asli.
- 2) Keruntuhan lokal bangunan, yaitu baik tidaknya rancangan bangunan kantor dengan kondisi dan resiko yang ada, baik tidaknya rancangan bangunan SPBU dengan kemungkinan resiko yang muncul dan baik tidaknya konstruksi penutup halaman dengan memperhatikan faktor aman dari bahan timbunan yang dipilih.

b. Penyebab Keruntuhan

Penyebab utama keruntuhan adalah ketidakstabilan dinding penahan tanah oleh karena rancangan dimensi pondasi yang kurang baik dan rendahnya mutu pelaksanaan. Ketidakstabilan ini disebabkan oleh turunnya timbunan dibelakang dinding oleh adanya rembesan air dari permukaan dan aliran air tanah sehingga memampatkan timbunan dibelakang pasangan dinding dan menyebabkan patahan disisi luar dinding berupa piping. Piping ini mengalirkan air tanah yang meruntuhkan halaman dan juga menyebabkan terjadinya perbedaan penurunan bangunan kantor pada bagian pondasi dekat halaman yang runtuh.

SIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa pemicu keruntuhan adalah sebagai berikut :

- 1) Adanya hujan lebat yang menyebabkan perubahan volume air tanah sehingga mengurangi kuat geser tanah lempung pada timbunan ini akibat adanya proses pengeringan dan pembasahan pada musim kemarau maupun musim hujan. Akibat infiltrasi air hujan ke dalam tanah menyebabkan kandungan air dalam tanah meningkat, tanah menjadi jenuh, sehingga berat volume tanah bertambah dan beban pada lereng semakin berat. Kenaikan tekanan air pori disepanjang bidang longsor menyebabkan terjadinya reduksi tegangan efektif dan pengurangan kuat geser tanah.
- 2) Sistem drainase yang tidak berfungsi dengan baik.
- 3) Pekerjaan timbunan yang tidak memperhitungkan stabilitas lereng dan beban struktur bangunan di atasnya.
- 4) Dimensi konstruksi dinding penahan tanah yang terlalu tipis.

SARAN PERBAIKAN

- a. Tinggi dinding penahan tanah dikurangi dengan memiringkan tanah timbunan dari level yang sesuai pada dinding penahan tanah ke arah elevasi referensi site rencana bagian belakang. Konstruksi pagar bagian belakang dipilih bahan ringan seperti kawat anyam. Bangunan diusahakan berjarak rasio 1:2 (V/H) ke batas dinding penahan tanah. Konstruksi utama dinding penahan tanah pasangan batu diikat sloof dan latey beton bertulang yang berukuran langsing dan mengikat konstruksi secara monolit dan homogen keseluruhan sisi dinding belakang dan sisi samping kiri dan kanan untuk menambah kekakuan inersia dinding berbentuk U dibagian belakang. Pipa drainase dipasang pada sisi 1/3 tinggi dinding untuk merembeskan air tanah.
- b. Konstruksi dinding bangunan kantor menggunakan bahan ringan kaca dengan kusen aluminium, dan terpisah strukturnya dengan bangunan SPBU di atasnya.
- c. Sistem drainase permukaan diatur sedemikian rupa agar tidak menimbulkan resiko keruntuhan pada daerah rawan gerusan seperti dinding yang tinggi, pemilihan drainase pipa untuk mengarahkan aliran dari suatu ketinggian, menempatkan sumur rembesan tidak searah dengan garis aliran bawah tanah agar tidak mengganggu tangki BBM yang tertimbun dalam tanah dan jaringan utilitas dalam tanah lainnya.
- d. Memperbaiki mutu pelaksanaan dilapangan dengan memperhatikan metode pelaksanaan sehubungan dengan skala prioritas pekerjaan mana yang didahulukan agar tidak beresiko bagi pekerjaan yang mengikutinya, mengingat pekerjaan SPBU ini terdiri dari macam-macam jenis pekerjaan mulai dari bangunan sipil, mekanikal, elektrik sampai dengan utilitas bangunan penunjang lainnya.
- e. Mereduksi gaya-gaya yang menggerakkan, seperti mengganti material timbunan pada zona yang tidak stabil.
- f. Tanah jelek dari timbunan lama bekas longsor dibuang, dan diganti dengan material timbunan yang baru.
- g. Mengurangi tekanan air pori dengan mengalirkan air pada zona tidak stabil.
- h. Pembuatan drainase untuk menambah kuat geser tanah
- i. Membuat drainase horizontal untuk memotong aliran air tanah. Dengan terpotongnya aliran air tanah, zona longsor terhindar dari rembesan air yang dapat mengurangi kuat geser tanah.
- j. Menanam tumbuh-tumbuhan untuk mengontrol erosi pada tanah yang tidak stabil, karena akar-akar tumbuhan dapat menambah kuat geser tanah.
- k. Membangun struktur penahan tanah.
- l. Melakukan perkuatan tanah setempat.

DAFTAR PUSTAKA

- Chowdhury, 1978, *Stability of Earth Slope*, J Boston Soc, Civ. Eng., Vol. 24.
- Faisal Fathani, Teuku, 2008, Bahan Kuliah Longsor dan Gerakan Tanah Magister Pengelolaan Bencana Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Forum, 2002, Bencana Longsor, Edisi Maret, Hal. 15, Wonosari.
- Kedaulatan Rakyat, 2002, Bencana Wonosari, Edisi Februari, Hal. 17, 18, 20, 23 Yogyakarta.
- Nakamura, dkk., 1989, Sasa, 1987, *The Analysis of The Stability of General Slip surfaces*, Geotechnique, Vol. 15.
- Soedjoko, 2000, Analisis Stabilitas Lereng, Media Teknik No. 6, Tahun XXII, Januari, hal. 23-30.
- Suryolelono, 1999, Bencana Alam Tanah Longsor, Perspektif Ilmu Geoteknik, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar, Rapat Majelis Guru Besar Terbuka Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.