

JURNAL Teknologi Pertambangan

Volume 2 Nomor 1 Periode: Maret – Agustus 2016

1. Kajian Unit Peremuk Batu Andesit Untuk Kebutuhan *Ashpalt Mix* di PT. Deltamarga Adyatama *Basecamp* Kudus Jawa Tengah (Novel Holda Irawan, Dwi Poetranti WA, Indah Setyowati)
2. Rencana Teknis Reklamasi pada Lahan Bekas Penambangan Batugamping di Kuari Temandang PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban, Jawa Timur (Benny Dian Nugroho, Dyah Probowati, Raden Hariyanto, Peter Eka Rosadi)
3. Kajian Teknis Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Kuari Tanah Liat PT. Semen Indonesia, Tuban, Jawa Timur (Muhamad Elfarobbi, Edy Nursanto, Anton Sudiyanto)
4. Estimasi Sumberdaya Andesit dengan Variabel Jarak Sayatan di Desa Gerbosari, Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta (Fairus Atika Redanto Putri, Kresno, Hasywir Thaib S.)
5. Evaluasi Metode Penggalian *Short Face* Kapal Keruk 11 Karimata dalam Upaya Peningkatan Laju Pemindahan Tanah pada Penambangan Timah *Alluvial* di Laut Matras Bangka, PT. Timah (Persero) Tbk (Triana Artensena, Hartono, Inmarlinianto)
6. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut di Kuari Batugamping PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Tuban, Provinsi Jawa Timur (Inmarlinianto, Mochamad Irfan Kurniawan, Winda)
7. Kajian Teknis Optimalisasi Alat Angkut Terhadap Alat Muat Berdasarkan Target Produksi pada PT Newmont Nusa Tenggara Provinsi Nusa Tenggara Barat (Alrianda Marta Putra Aditya, Priyo Widodo, Sudaryanto)
8. Rancangan Teknis Penambangan Batuandesit di CV. Handika Karya Kabupaten Kulon Progo DIY (Juni Triyono, Waterman Sulistyana, Untung Sukamto, Suyono)
9. Kajian Metode Penaksiran Sumberdaya Batubara Pada *Seam O* di PT. Wellarco Subur Jaya Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur (Abdul Rauf dan Ngatimin)
10. Kajian Potensi dan Kebutuhan Air Tanah pada Cekungan Air Tanah Samarinda Segmen Kota Balikpapan Kalimantan Timur (Gusti Iqbal Tawaqal dan Yos David Inso)
11. Kajian Teknis Unit Peremuk untuk Peningkatan Produksi Batu Andesit Di PT. Batu Kali Welang Ampuh, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan Provinsi Jawa Timur (Fahrul Indrajaya, Arlindo Alves Mendonca)
12. Analisis Ketidakstabilan Lereng pada *Quarry* Tanah Liat Mliwang Barat Blok I3 PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, Tuban, Jawa Timur (Bartolomeus Windyaldi Saksono, Sudarsono, Singgih Saptono, Barlian Dwinagara)
13. Kajian Tingkat Bahaya Erosi Terhadap Teknik Penataan Lahan pada Lereng Reklamasi di Daerah Timbunan Tongoloka PT. Newmont Nusa Tenggara Kecamatan Sekongkang Kab. Sumbawa Barat Prov. Nusa Tenggara Barat (Eriani Dwi Rahmawati, Gunawan Nusanto, Bambang Wisaksono)
14. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Angkut pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup di Central Busang Blok 5D PT Tanito Harum Tenggara Kalimantan Timur (Khabib Sofyan Hermawan, Kresno, Indun Titisariwati)
15. Kajian Teknis Kestabilan Stope pada Rencana Penambangan Stope Bg2540 Xc 17 – 14 dan Bg2560 Xc 37 – 14 Tambang Bawah Tanah Big Gossan PT. Freeport Indonesia (Yesyurun Setyanisa, Bagus Wiyono, Ketut Gunawan, S. Koesnaryo)
16. Perhitungan Tingkat Akurasi Estimasi Sumberdaya Batuandesit di PT. Agung Bara Cemerlang, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta (Adnan Danar Wijaya, Eddy Winarno, Wawong Dwi Ratminah)

GARA
GAN UPN



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN
FTM-UPN "VETERAN" YOGYAKARTA**

Jl. Lingkar Utara SWK 104 C. Catur Yogyakarta, Telp. 0274-486701 Fax 486702

JURNAL

Teknologi Pertambangan

DAFTAR ISI

1. Kajian Unit Peremuk Batu Andesit Untuk Kebutuhan *Ashpalt Mix* di PT. Deltamarga Adyatama *Basecamp* Kudus Jawa Tengah (Novel Holda Irawan, Dwi Poetranti WA, Indah Setyowati)..... 1-10
2. Rencana Teknis Reklamasi pada Lahan Bekas Penambangan Batugamping di Kuari Temandang PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban, Jawa Timur (Benny Dian Nugroho, Dyah Probowati, Raden Hariyanto, Peter Eka Rosadi)11-17
3. Kajian Teknis Produksi Alat Gali Muat dan Alat Angkut pada Kuari Tanah Liat PT. Semen Indonesia, Tuban, Jawa Timur (Muhamad Elfarobbi, Edy Nursanto, Anton Sudiyanto)18-30
4. Estimasi Sumberdaya Andesit dengan Variabel Jarak Sayatan di Desa Gerbosari, Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta (Fairus Atika Redanto Putri, Kresno, Hasywir Thaib S.)31-37
5. Evaluasi Metode Penggalan *Short Face* Kapal Keruk 11 Karimata dalam Upaya Peningkatan Laju Pemindahan Tanah pada Penambangan Timah *Alluvial* di Laut Matras Bangka, PT.Timah (Persero) Tbk (Trian Artensena, Hartono, Inmarlinianto)38-45
6. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Alat Angkut di Kuari Batugamping PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Tuban, Provinsi Jawa Timur (Inmarlinianto, Mochamad Irfan Kurniawan, Winda)46-53
7. Kajian Teknis Optimalisasi Alat Angkut Terhadap Alat Muat Berdasarkan Target Produksi pada PT Newmont Nusa Tenggara Provinsi Nusa Tenggara Barat (Alrianda Marta Putra Aditya, Priyo Widodo, Sudaryanto)54-61
8. Rancangan Teknis Penambangan Batuandesit di CV. Handika Karya Kabupaten Kulon Progo DIY (Juni Triyono, Waterman Sulistyana, Untung Sukamto, Suyono)62-67
9. Kajian Metode Penaksiran Sumberdaya Batubara Pada *Seam O* di PT. Wellarco Subur Jaya Kabupaten Kutai Kartanegara Provinsi Kalimantan Timur (Abdul Rauf dan Ngatimin)68-76
10. Kajian Potensi dan Kebutuhan Air Tanah pada Cekungan Air Tanah Samarinda Segmen Kota Balikpapan Kalimantan Timur (Gusti Iqbal Tawaqal dan Yos David Inso)77-86
11. Kajian Teknis Unit Peremuk untuk Peningkatan Produksi Batu Andesit Di PT. Batu Kali Welang Ampuh, Kecamatan Kejayan, Kabupaten Pasuruan Provinsi Jawa Timur (Fahrul Indrajaya, Arlindo Alves Mendonca)87-91
12. Analisis Ketidakstabilan Lereng pada *Quarry* Tanah Liat Mliwang Barat Blok I3 PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, Tuban, Jawa Timur (Bartolomeus Windyaldi Saksono, Sudarsono, Singgih Saptono, Barlian Dwinagara)92-97
13. Kajian Tingkat Bahaya Erosi Terhadap Teknik Penataan Lahan pada Lereng Reklamasi di Daerah Timbunan Tongoloka PT. Newmont Nusa Tenggara Kecamatan Sekongkang Kab. Sumbawa Barat Prov. Nusa Tenggara Barat (Eriani Dwi Rahmawati, Gunawan Nusanto, Bambang Wisaksono)98-105
14. Kajian Teknis Produksi Alat Muat dan Angkut pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup di Central Busang Blok 5D PT Tanito Harum Tenggara Kalimantan Timur (Khabib Sofyan Hermawan, Kresno, Indun Titisariwati)106-111
15. Kajian Teknis Kestabilan Stope pada Rencana Penambangan Stope Bg2540 Xc 17 – 14 dan Bg2560 Xc 37 – 14 Tambang Bawah Tanah Big Gossan PT.Freeport Indonesia (Yesyurun Setyanisa, Bagus Wiyono, Ketut Gunawan, S. Koesnaryo)112-114
16. Perhitungan Tingkat Akurasi Estimasi Sumberdaya Batuandesit di PT. Agung Bara Cemerlang, Desa Kalirejo, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta (Adnan Danar Wijaya, Eddy Winarno, Wawong Dwi Ratminah)115-123

**ANALISIS KETIDAKSTABILAN LERENG PADA QUARRY TANAH LIAT
MLIWANG BARAT BLOK I3 PT. SEMEN
INDONESIA (PERSERO) Tbk, TUBAN,
JAWA TIMUR**

Bartolomeus Windyaldi Saksono, Sudarsono, Singih Saptono, Barlian Dwinagara

Prodi Teknik Pertambangan UPN “Veteran” Yogyakarta
email: aldi_qwer@yahoo.com

ABSTRAK

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, terletak di Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Jawa Timur. Penelitian dilakukan pada penambangan lereng lempung Mliwang Blok I3. Metode penambangan yang digunakan pada tambang Mliwang Blok I3 adalah metode *quarry*. Analisis dilakukan karena adanya longsor yang terjadi pada lereng di daerah Mliwang. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan longsoran yang terjadi di Mliwang, mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya ketidakstabilan lereng, dan memberikan rekomendasi dan usulan teknik yang berguna untuk mengantisipasi terjadinya longsor.

Analisis ketidakstabilan lereng dilakukan menggunakan metode *Bishop Simplified*. Data masukan yang digunakan berupa kohesi, sudut gesek dalam, dan bobot isi yang diperoleh dari pengujian sampel tanah di Laboratorium Mekanika Tanah. Penentuan faktor keamanan minimum menggunakan pedoman Departemen Pekerjaan Umum yaitu $>1,35$ untuk lereng tunggal serta $>1,5$ untuk lereng keseluruhan.

Analisis dilakukan terhadap lereng aktual. Berdasarkan nilai FKnya ditemukan ketidakstabilan lereng tunggal pada jenis material lempung A pada kondisi jenuh yaitu 1,12. Sedangkan pada lereng keseluruhan nilai FKnya juga belum aman yaitu 1,307 pada kondisi kering dan 0,527 pada kondisi jenuh.

Hasil analisis menyimpulkan longsoran yang terjadi adalah longsoran busur. Faktor-faktor penyebab ketidakstabilan lereng adalah faktor geometri lereng dan kadar air yang tinggi pada lereng. Lereng harus diperbaiki geometrinya dan dilakukan penanganan terhadap kadar air pada lereng.

Rekomendasi lereng yang aman untuk lereng keseluruhan didapatkan pada geometri lereng dengan tinggi 3 meter, lebar 3 meter, sudut kemiringan 15° pada lereng tunggal, dan sudut kemiringan 12° pada lereng keseluruhan. Sedangkan untuk Penanganan yang dilakukan dengan pembuatan *horizontal drain hole* dan dipasangkan pipa penyaliran lalu dialirkan pada (trenching) atau saluran air yang telah dibuat. Agar lereng lebih stabil dan kuat dilakukan penanaman dan pembuatan teras bangku untuk mengurangi erosi pada lereng.

Kata kunci: Analisis Ketidakstabilan Lereng, Quarry, Lempung

I. PENDAHULUAN

Lokasi tambang yang berada di Mliwang sedang terjadi longsoran yang cukup besar, dan belum adanya penanganan yang lebih jauh untuk memperbaiki lereng yang terjadi longsor. Longsor yang terjadi pada lereng Mliwang sebanyak dua yang memberikan dampak lebih besar karena luas longsoran bertambah dan mempengaruhi lereng yang terdapat di sebelahnya. Lereng yang longsor ini akan dilakukan reklamasi karena produksinya sudah selesai.

Ketidakstabilan yang terjadi pada lereng Mliwang diperkirakan karena kadar air yang tinggi pada tanah tersebut karena disekitar lereng terdapat banyak sawah milik penduduk. Dalam merancang

kali, pertama terjadi pada bulan Maret. Setelah mengalami longsor yang pertama, terdapat upaya dengan memberikan batugamping sebagai pematat tanah, namun pada bulan April terjadi longsor kedua

perbaikan lereng yang stabil harus diketahui parameter kekuatan geser, geometri dan kadar air pada lereng aktual. Analisis dilakukan terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dengan cara pembuatan model geometri lereng dengan data masukan dari hasil pengujian laboratorium seperti kohesi, sudut gesek dalam, bobot isi dan dikombinasikan dengan hasil pengukuran di lapangan.

Dalam sistem penambangan keamanan kerja menjadi prioritas utama, khususnya keamanan kerja pada daerah lereng. Ketidakstabilan pada lereng dapat mengganggu keamanan daerah sekitarnya. Analisis ketidakstabilan dilakukan untuk menanggulangi terjadinya kecelakaan yang lebih parah agar tidak terjadi longsor pada lereng Mliwang dan dapat dilakukan tahap reklamasi sebagai tahapan terakhir sebuah tambang

Tujuan penelitian ini adalah menentukan jenis longoran yang terjadi pada daerah Mliwang, mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya longsor pada lereng yang terdapat pada daerah Mliwang, memberikan rekomendasi geometri lereng yang aman dan usulan teknik yang berguna untuk mengantisipasi terjadinya longsor.

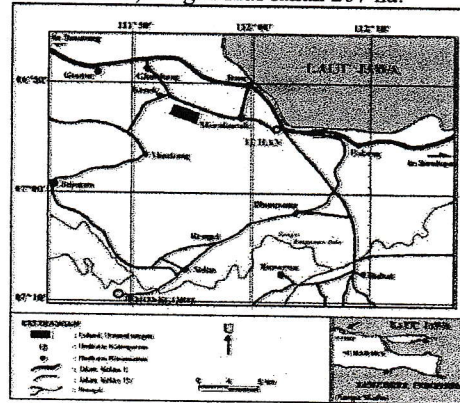
Batasan masalah dalam penelitian ini adalah penentuan faktor keamanan minimum menggunakan ketentuan dari Departemen Pekerjaan Umum, batas penentuan kriteria keruntuhan menggunakan teori *mohr coulumb*, metode perhitungan faktor keamanan yang digunakan adalah metode *Bishop Simplified*, dan gaya luar tidak diperhitungkan.

Manfaat penelitian ini adalah diperolehnya faktor-faktor penyebab terjadinya longoran dan cara mengantisipasi longoran yang bisa diterapkan perusahaan.

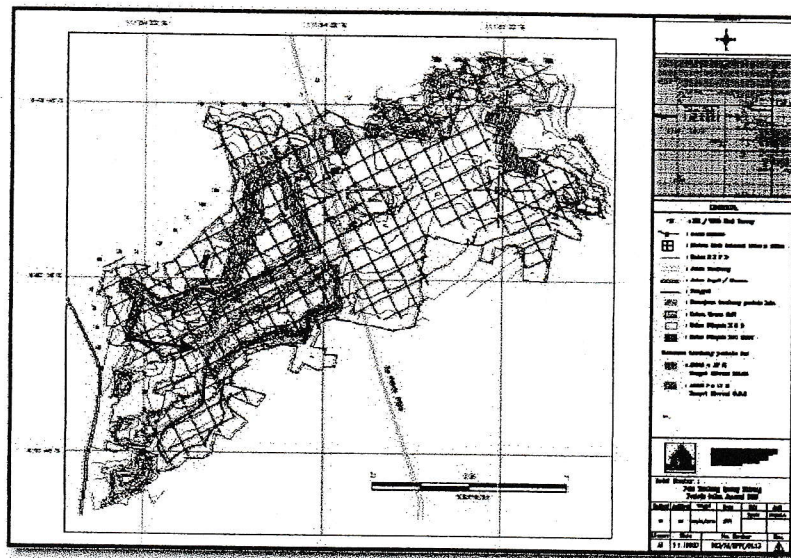
II. LOKASI DAN KESAMPAIAN DAERAH

PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. terletak di Desa Temandang, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur. Penambangan lempung terletak pada perbukitan di wilayah Desa Mliwang, Kecamatan Kerek, Kabupaten Tuban. Lokasi PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. dapat ditempuh dengan menggunakan kendaraan roda dua maupun kendaraan roda empat. Dari kota Tuban ke arah Barat Laut menuju Kerek yang berjarak ± 18 km. Perjalanan tersebut dapat ditempuh selama 50 menit, atau dari Jenu ke arah Barat Daya menuju Montong, maupun dari Glondong ke Selatan menuju Merakurak yang berjarak ± 12 km yang ditempuh selama 40 menit.

Secara astronomis daerah tersebut terletak antara 6°51'33" LS – 6°52'59" LS dan 111°52'09" BT - 111°55'41" BT, dengan luas lahan 207 ha.



Gambar 1. Peta Kesampaian Daerah PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

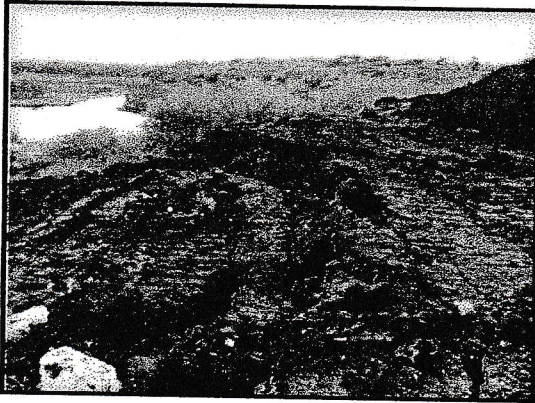


Gambar 2. Lokasi Lereng Mliwang

III. HASIL PENELITIAN

Kondisi Lereng di Daerah Penelitian

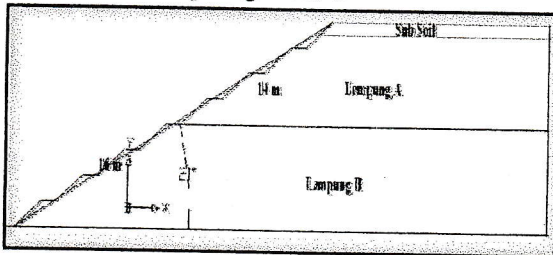
Gambar 3 di bawah ini adalah kondisi lereng yang terdapat di Mliwang yang mengalami kelongsoran yang terjadi pertama kali, sudah dilakukan berbagai upaya seperti memberikan penguatan berupa penambahan batugamping yang harapannya berguna sebagai pemadat tanah serta penahan air yang berasal dari sawah agar tidak terjadi rembesan ke lereng bagian bawah, namun kelongsoran terjadi lagi dan akhirnya lereng masih mengalami kelongsoran dan belum ada perbaikan lebih lanjut. Lereng ini adalah lereng akhir yang sudah selesai ditambang dan akan dilakukan reklamasi.



Gambar 3. Longsor yang terjadi di Mliwang

Geometri Lereng

Data geometri lereng yang digunakan berdasarkan rancangan lereng tambang yang dibuat oleh PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Geometri lereng aktual bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Geometri Lereng

Terdapat 3 jenis material penyusun lereng. Tinggi lereng keseluruhan adalah 32 meter dan kemiringan 21° . Lapisan yang pertama berupa sub soil setebal 2 meter, yang kedua adalah lempung A yang memiliki kadar alumina tinggi setebal 14 meter, dan yang terakhir lempung B yang memiliki kadar alumina rendah yang memiliki ketebalan 16 meter. Setiap jenjang bergeometri tinggi 4 meter dan lebar 4 meter serta kemiringan 30° .

Keadaan Air Permukaan dan Air Tanah

Pada saat setelah hujan, keadaan air permukaan pada lereng daerah penelitian terlihat jenuh dan banyak dijumpai rekahan - rekahan yang terbentuk karena pengaruh air hujan maupun air limpasan dari perairan sawah yang ada di atas bukit. Pada saat cuaca cerah permukaan lereng terlihat kering namun ada bagian - bagian tanah yang terasa sangat lunak dan mengandung air ketika dipijak. Tidak ada sumber air tanah yang terdapat pada daerah sekitar lereng, sehingga sumber air yang ada berasal dari air hujan serta air limpasan dari perairan sawah penduduk sekitar.

Pengujian di Laboraturium

Pengujian terhadap material tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Pertambangan UPN "Veteran" Yogyakarta.

Uji laboratorium yang dilakukan untuk mengetahui sifat - sifat fisik dan mekanika tanah meliputi :

- a) Uji sifat fisik (physical properties test)
Uji ini dilakukan untuk memperoleh parameter sifat fisik tanah, yaitu kadar air, berat jenis dan bobot isi.
- b) Uji geser langsung (direct shear test)
Uji ini dilakukan untuk mendapat parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut gesek dalam (Φ)

Hasil uji sifat fisik dan mekanik tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik dan Mekanik

NO	Jenis Material	c (kN/m ²)	Φ (.°)	γ_s (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	Kadar Air (%)	Kuat Tekan (Mpa)
1	Sub Soil	19	19,36	20,16	14,81	38,63	0,0501
2	Lempung A	10,43	14,72	18,03	13,034	39.11	0,0473
3	Lempung B	15,3	14,76	17,87	12,85	36.1	0,0369

Analisis Ketidakstabilan Lereng

Analisis ketidakstabilan lereng menggunakan *Slide 5.0* dengan metode *Bishop Simplified*. Analisis ketidakstabilan lereng pada material yang lemah seperti tanah, batuan lapuk dan lain sebagainya, dapat dianalisis dengan beberapa metode dan salah satunya yaitu metode *Bishop Simplified*. Analisis ini berguna untuk mengetahui tingkat keamanan lereng Mliwang dengan menggunakan acuan nilai Faktor Keamanan.

Pada pengujian menggunakan program *Slide 5.0* diasumsikan kondisi lereng Mliwang pada keadaan jenuh dan kering. Pada kondisi jenuh diasumsikan pada daerah Mliwang terjadi hujan dan membuat kondisi lereng menjadi jenuh, sedangkan pada kondisi kering lereng diasumsikan pada daerah Mliwang tidak terjadi hujan.

Tabel 2 dan tabel 3 merupakan hasil analisis menggunakan *Slide 5.0* dengan menggunakan metode *Bishop*. Nilai Faktor Keamanan yang didapat pada lereng tunggal pada kondisi kering sudah aman, namun pada material Lempung A dengan kondisi jenuh dan lereng keseluruhan belum aman karena nilai Faktor keamanannya masih belum memenuhi rekomendasi. Departemen Pekerjaan Umum (tahun 1994) dengan $FK \geq 1,35$ untuk lereng tunggal dan $FK \geq 1,50$ untuk lereng keseluruhan.

IV. PEMBAHASAN

Jenis Longsoran yang Terjadi di Mliwang

Berdasarkan pengujian kuat tekan didapatkan hasil nilai kuat tekan < 1 Mpa pada setiap material penyusun lereng. Menurut Bieniawski nilai kuat tekan < 1 Mpa dapat digolongkan material tanah.

Material tanah ini merupakan bahan organik dan sedimen yang relatif mudah lepas, tidak kompak dan dapat dengan mudah dihancurkan menjadi butiran – butiran yang lebih halus. Selain itu banyak ditemukan rekahan pada badan lereng hingga kedudukan lereng sangat sulit untuk dikenali dan kelongsoran terjadi pada bidang busur yang melewati lantai lereng.

Analisis ketidakstabilan lereng tunggal saat ini ditemukan nilai faktor keamanan lereng pada lapisan Lempung A sebesar 1,21 yang menunjukkan lereng belum aman dan memiliki bidang lemah. Bidang lemah Lempung A memiliki sudut kemiringan lereng sebesar 30° yang menandakan sudut kemiringan lereng lebih besar dari sudut gesek dalam lapisan lempung A Kondisi air pada tanah yang terdapat pada lereng bervariasi dari keadaan kering dan jenuh total pada musim penghujan. Menurut Astawa Rai (1993) uraian tersebut menandakan terjadinya longsoran busur.

Faktor yang Mempengaruhi Ketidakstabilan Lereng

Faktor-faktor yang dibahas dalam analisis ketidakstabilan lereng terdiri dari pengaruh geometri lereng berupa tinggi, lebar dan sudut kemiringan lereng, kondisi air tanah pada lereng, dan sifat fisik dan mekanik material penyusun lereng. Namun karena sifat dan mekanik lereng tidak bisa diubah, geometri dan kondisi air pada lereng yang menjadi faktor yang bisa diubah dan diperbaiki pada lereng.

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan Lereng Tunggal

Lereng	Tinggi (m)	Sudut (°)	Nilai Faktor Keamanan Pada Tingkat Kejenuhan Air	
			Kering	Jenuh
Sub Soil	2	30	2,81	1,81
Lempung A	4	30	1,871	1,12
Lempung B	4	30	2,44	1,509

Tabel 3. Nilai Faktor Keamanan Lereng Keseluruhan

Lereng	Tinggi Keseluruhan (m)	Overall Slope(°)	Tinggi Lereng Tunggal (m)	Single Slope	Faktor Keamanan	
					Kering	Jenuh
Keseluruhan	32	21	4	30	1,037	0,527

Geometri Lereng

Perubahan tinggi lereng akan mempengaruhi kestabilan lereng. Semakin tinggi lereng, maka akan menambah beban material dari lereng tersebut. Kondisi semacam ini akan memperbesar gaya dorong lereng yang akan membuat lereng tidak stabil dan cenderung mudah longsor karena berat material yang harus ditahan oleh kuat geser tanah atau batuan juga semakin besar. Sedangkan lereng dengan tinggi yang tetap dengan semakin besarnya kemiringan lereng membuat nilai Faktor Keamanan menjadi semakin kecil. Oleh karena itu penambahan ketinggian pada lereng harus diikuti dengan pengurangan sudut kemiringan lereng.

Kadar Air pada Lereng

Air yang mempengaruhi kestabilan lereng pada daerah penelitian adalah air hujan dan air limpasan dari perairan persawahan yang ada di atas bukit. Lereng di daerah Mliwang, lereng berbatasan dengan sawah secara langsung, hal ini menyebabkan adanya rembesan air dari sawah yang membuat kondisi lereng menjadi jenuh. Kehadiran air dalam jumlah yang tinggi akan memperbesar kadar air pada lereng dan menambah beban lereng tersebut, sehingga meningkatkan gaya dorong material dan menimbulkan gaya angkat air yang mengurangi kekuatan geser material pada badan lereng untuk menahan longsor. Air hujan maupun air limpasan masuk melalui pori - pori material dan membuat rongga pada badan lereng. Hal inilah yang menyebabkan timbulnya rekahan - rekahan yang dapat diisi oleh air limpasan tersebut, sehingga kohesi material penyusun lereng menjadi lebih kecil.

Rekomendasi dan Usulan Teknik Terhadap Lereng

Lereng di daerah Mliwang sudah terjadi longsor diakibatkan karena geometri lereng yang belum sesuai dan kadar air yang tinggi membuat lereng pada kondisi jenuh. Penanganan pemberian batugamping pada lereng yang bertujuan untuk memadatkan lereng justru menambah beban lereng karena massa jenis batugamping yang lebih besar dari material penyusun lereng, massa jenis batugamping sebesar $2,3 \text{ g/cm}^3$, sedangkan massa jenis material penyusun lereng sebesar $1,51 \text{ g/cm}^3$. Massa jenis yang lebih besar membuat beban pada lereng lebih besar dengan volume yang sama. Sifat batugamping yang menyerap air justru memperarah karena membuat berat yang ditahan lereng semakin meningkat. Pemberian batugamping sebagai penanganan awal menjadi salah dan membuat longsor semakin besar.

Perbaikan Geometri Lereng

Hasil analisis ketidakstabilan pada lereng tunggal material Lempung A pada kondisi jenuh menunjukkan bahwa nilai Faktor Keamanannya belum sesuai yang direkomendasikan. Hal ini menjelaskan adanya bagian lereng yang lemah dan

memerlukan perbaikan geometri lereng pada pada *single slope* agar memenuhi rekomendasi yakni $>1,35$. Untuk mendapatkan nilai FK yang memenuhi syarat perlu dilakukan beberapa simulasi permodelan perubahan geometri lereng.

Tabel 4. Hasil Simulasi Nilai Faktor Keamanan Material Lempung A

Fk Jenuh	FK Kering	Tinggi (m)	Kemiringan (°)
1,19	2,003	4	25
1,28	2,14	4	20
1,4	2,27	3	30
1,46	2,39	3	25
1,54	2,53	3	20

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada tinggi 3 meter dan sudut kemiringan 30° nilai Faktor Keamanan pada kondisi jenuh material Lempung A memenuhi rekomendasi sebesar 1,4. *Single slope* dengan tinggi 3 meter dan kemiringan 30° bisa digunakan sebagai syarat maksimal ketinggian dan sudut kemiringan untuk memperbaiki geometri lereng keseluruhan. Perubahan desain geometri *overall slope* perlu dilakukan karena nilai Faktor Keamanan yang didapat pada analisis ketidakstabilan menunjukkan belum aman atau memenuhi rekomendasi yakni $>1,5$. Untuk mendapatkan nilai FK yang memenuhi syarat perlu dilakukan beberapa simulasi permodelan perubahan geometri lereng. Setelah didapatkan geometri *single slope* yang sudah mantap, maka geometri *single slope* tersebut digunakan sebagai syarat awal pembentuk *overall slope*.

Tabel 5. Hasil Simulasi Nilai FK Overall Slope

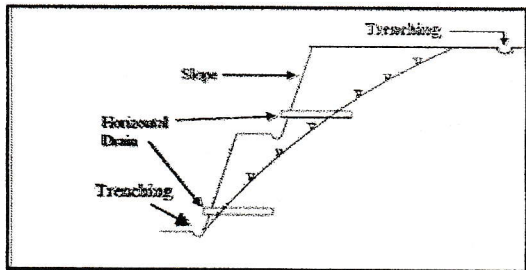
T (m)	L (m)	Single Slope (°)	Overall Slope (°)	Nilai Faktor Keamanan	
				Jenuh	Kering
3	3	30	21	0,596	1,207
3	3	25	18	0,672	1,347
3	3	20	16	0,748	1,510
3	3	15	12	0,88	1,773
2,5	2,5	30	21	0,589	1,193
2,5	2,5	25	18	0,68	1,365
2,5	2,5	20	15	0,749	1,512
2,5	2,5	15	12	0,899	1,809
2	2	30	21	0,593	1,202
2	2	25	18	0,659	1,324
2	2	20	15	0,757	1,528
2	2	15	12	0,89	1,793

Berdasarkan simulasi di atas geometri lereng yang direkomendasikan adalah lereng dengan ketinggian 3 meter, lebar 3 meter, sudut 15° pada *single slope*, dan sudut 12° pada *overall slope*. Rekomendasi lereng ini digunakan karena pada lereng dengan tinggi 3 meter FK pada kondisi kering sudah aman dan dalam pelaksanaan pembuatan lereng dengan

tinggi 3 meter memiliki jumlah lereng yang lebih sedikit daripada pembuatan lereng dengan tinggi 2,5 meter dan 2 meter yang membuat pemakaian alat lebih efektif dan menghemat biaya serta waktu. Penambahan jumlah tanah dalam pembuatan lereng 3 meter juga lebih sedikit dibandingkan pembuatan lereng dengan tinggi 2,5 meter dan 2 meter.

Penanganan Air Pada Lereng

Penanganan air pada lereng dapat dilakukan dengan cara pembuatan lubang bor mendatar (horizontal drain hole) dan memasang pipa pada kaki lereng yang telah dibor, sehingga air dapat keluar melalui pipa horizontal menuju saluran air (trenching) dibagian bawah pipa (Lihat Gambar 5).



Gambar 5. Penanganan Air Pada Lereng

Pipa tersebut dapat berupa pipa *polyvinyl chloride* (PVC) yang diberi lubang kecil-kecil sehingga air yang berada di dalam badan lereng akan masuk ke dalam pipa dan mengalir keluar lereng. Pemasangan pipa PVC tersebut dipasang miring 5% supaya air dapat mengalir keluar lereng. Sumber air yang berasal dari sawah juga bisa dialirkan dan tidak terjadi rembesan yang membuat lereng menjadi tidak jenuh sepenuhnya.

Penanganan lainnya bisa dilakukan penanaman dan pembuatan teras bangku pada lereng, vegetasi pada lereng membuat lereng lebih kuat menahan air dan mengurangi erosi air hujan terhadap lereng.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Jenis longsoran yang terjadi pada daerah tersebut adalah longsoran busur.
2. Beberapa faktor yang mempengaruhi ketidakstabilan yang terjadi pada lereng Mliwang :
 - a. Geometri lereng, faktor keamanan lereng akan semakin berkurang jika tinggi lereng semakin besar untuk kemiringan tetap, dan kemiringan lereng semakin besar untuk tinggi tetap. Lereng dengan tinggi 4 meter dan kemiringan 30° memiliki nilai FK 1,87 sedangkan pada kemiringan 25° dengan ketinggian yang sama memiliki nilai FK 2,003. Lereng dengan tinggi 3 meter dan sudut kemiringan 30° memiliki nilai FK sebesar 2,27, sedangkan pada lereng dengan ketinggian 2 meter dan sudut kemiringan yang sama menunjukkan nilai FK 2,99.

- b. Kadar air pada lereng, FK lereng akan semakin berkurang jika sebuah lereng semakin jenuh. Lereng tunggal dengan tinggi 4 meter dan kemiringan 30° memiliki nilai FK 1,87 pada kondisi kering, sedangkan pada kondisi jenuh memiliki nilai FK 1,12.
3. Rekomendasi dan usulan teknik pada lereng :
 - a. Rekomendasi lereng yang aman untuk lereng keseluruhan didapatkan pada geometri lereng dengan tinggi 3 meter, lebar 3 meter, sudut kemiringan 15° pada lereng tunggal, dan sudut kemiringan 12° pada lereng keseluruhan.
 - b. Harus dilakukan penanganan lebih lanjut pada masalah kadar air karena lereng pada kondisi jenuh belum memiliki Nilai Faktor Keamanan yang sesuai. Penanganan yang dilakukan dengan pembuatan *horizontal drain hole* dan dipasangkan pipa penyaliran lalu dialirkan pada (trenching) atau saluran air yang telah dibuat.

Saran

1. Memperdalam paritan persawahan yang berada diatas lereng agar disaat hujan deras bisa menampung volume air lebih banyak sehingga air tidak meluap dan mengalir ke badan lereng.
2. Memperjauh jarak parit yang ada di atas lereng agar pengaruh air terhadap lereng berkurang.
3. Dilakukan penanaman dan pembuatan teras bangku pada lereng agar lereng lebih kuat dan mengurangi erosi air pada lereng.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Abramson, W.L., dkk, 1996, *Slope Stability and Stabilization Methods*, Canada.

Bieniawski, Z.T., 1973, *Engineering rock mass classifications*, Professor of Mineral Engineering and Director Mining and Resources Research Institute The Pennsylvania State University.

Bishop, A. W, (1955), *The Use of The Slip Circle in The Stability Analysis of Earth Slopes*. *Geotechnique*,5, 7-17.

Das, Braja M., 2006, *Principles of Geotechnical Engineering Fifth Edition*, California State University, Sacramento.

Giani Paolo Gian, 1992, *Rock Slope Stability Analysis*, AA Balkema, Rotterdam.

Hariyanto R., Sudarsono, Wicaksono B, (2011), *Mekanika Tanah*, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran", Yogyakarta.

Wyllie, Duncan C., Mah, Christopher W., 2005, *Rock Slope Engineering Civil and Mining 4th Edition*, Spon Press Taylor and Francis Group, London and New York.

_____, 2008, *Diktat Kuliah Geoteknik*, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta.

_____, 2014, *Biro Perencanaan dan Pengawasan Tambang*, PT. Semen Indonesia (Persero).