

Kajian Pengaman Tebing Badan Jalan Rel Jalur Ganda dengan *Geostudio Slope/W Analysis*

Yance YD Warikar¹⁾

Nur Arifaini²⁾

Amril Ma'ruf Siregar³⁾

Abstract

Double track railway construction area railroad crossing many hills and rivers makes the railroad body located between the slopes of the hill. Around the area, disasters that often occur are landslides caused by increased pore water pressure on the slope resulting a decrease in the shear strength of the soil (c) and the deep shear angle (ϕ). Therefore in planning the handling of cliffs of railroad tracks it is necessary to analyze the stability of slopes or cliffs so as not to endanger the surrounding environment, especially in railroad transportation. The purpose of the research are: (1) To know the cross section of the safest slope by considering the slope angle, (2) To Find the value of the safe factor for shear and rolling on the slope by using software analysis, (3) To know type of slope safety in accordance with slope conditions. The method used in the analysis of slope stability is *Geostudio Slope/W Analysis* by making 3 cross-section slope designs which are then analyzed further. The results of the analysis found that the slope conditions before handling obtained the number of safe factors with ordinary, bishop, and morgenstern methods, respectively 0.730; 0.911; and 0.950. While after handling with sheetpile construction, it was obtained the number of safe factors with ordinary, bishop, and morgenstern methods in a row that is 2,945; 3,633; and No Solution. It can be concluded that the slope condition after handling shows increase in the value of the safe factor by 500%.

Keywords: *Geostudio Slope/W Analysis*, Double track railroad, Cliffs and slope stability.

Abstrak

Wilayah pembangunan jalur ganda jalan rel kereta banyak melintasi bukit dan sungai membuat badan jalan rel berada di antara lereng-lereng bukit. Di sekitar daerah tersebut bencana yang sering terjadi yaitu longsor yang diakibatkan oleh peningkatan tekanan air pori pada lereng yang berakibat pada terjadinya penurunan kuat geser tanah (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Adapun tujuan dari penelitian ini adalah: (1) Mengetahui bentuk potongan melintang lereng yang paling aman dengan mempertimbangkan sudut kemiringan lereng, (2) Mencari nilai faktor aman terhadap geser dan guling pada lereng dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) *analysis*, (3) Menentukan jenis pengaman lereng yang sesuai dengan kondisi lereng. Hasil dari analisis didapatkan bahwa pada kondisi lereng sebelum penanganan didapatkan angka faktor aman dengan metode *ordinary*, *bishop*, dan *morgenstern* berturut-turut yaitu 0,730; 0,911; dan 0,950. Sedangkan setelah dilakukan penanganan dengan konstruksi *sheetpile* didapatkan angka faktor aman dengan metode *ordinary*, *bishop*, dan *morgenstern* berturut-turut yaitu 2,945; 3,633; dan *No Solution*. Dapat disimpulkan bahwa kondisi lereng setelah dilakukan penanganan menunjukkan peningkatan nilai faktor aman sebesar 500%.

Kata Kunci: *Geostudio Slope/W Analysis*, Rel jalur ganda, Stabilitas tebing dan lereng,

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. surel:

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: ahmadzakaria@unila.ac.id

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia saat ini banyak dilakukan oleh pemerintah Indonesia demi kelancaran dan percepatan pemindahan orang dan barang untuk memajukan ekonomi dan pembangunan di Indonesia. Salah satunya adalah pembangunan jalur ganda jalan rel kereta api antara Giham-Martapura. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api, dimaksudkan sebagai teknis pedoman bagi penyelenggaraan sarana dan prasarana perkeretapihan dalam pembangunan jalur kereta api yang menjamin keselamatan dan keamanan.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang terjadi adalah sebagai berikut : a) Diperlukan analisis terhadap lereng pada sisi badan jalan rel kereta api dengan menganalisis nilai faktor aman lereng untuk mengetahui kondisi lereng berada pada kondisi stabil, labil atau kritis. b) Mencari alternatif konstruksi yang dapat mengantisipasi kelongsoran pada lereng

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan kajian pengaman lereng atau tebing pada badan jalan rel kereta untuk menganalisis stabilitas lereng serta penanganannya dengan program *software analysis* adalah sebagai berikut: a) Mengetahui bentuk potongan melintang lereng yang paling aman dengan mempertimbangkan sudut kemiringan lereng dan selanjutnya diolah di program slope/W b) Mencari nilai faktor aman terhadap geser dan guling pada lereng dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) *analysis*. c) Menentukan jenis pengaman lereng yang sesuai dengan kondisi lereng.

1.4. Batasan Masalah

Untuk penelitian ini dibatasi masalah sebagai berikut: a) Data tanah yang digunakan sampelnya diperoleh di daerah rencana jalur ganda rel kereta api Giham- Tanjung Rajo b) Analisis stabilitas lereng menggunakan program *Slope/W analysis*. c) Tinjauan lereng berdasarkan data tanah dan potongan melintang sesuai tinggi di lokasi yang diteliti.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini dapat diperoleh manfaat antara lain: a) Manfaat teoritis, diharapkan penelitian ini dapat digunakan untuk perkembangan ilmu pengetahuan bidang teknik sipil dalam menganalisis serta penanganan terhadap geser dan guling pada lereng. b) Manfaat praktis, sebagai tambahan informasi dan referensi bagi penulis dan pembaca dalam mempelajari kestabilan lereng.

II. METODE PENELITIAN

2.1. Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. (Braja M. Das. 1995). Ukuran dari partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil

(*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempu ng (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut.

2.2. Klasifikasi menurut *Unified Soil Classification System* (USCS)

Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, perlu memperhatikan faktor-faktor berikut ini : 1) Prosentase fraksi kasar yang lolos ayakan no.200. 2) Prosentase fraksi kasar yang lolos ayakan no.40. 3) C_u dan C_c untuk tanah dimana 0-12% lolos ayakan no.200. 4) Batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan no.40 (untuk tanah 5% atau lebih lolos ayakan no.200).

2.3. Lereng

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang memiliki sudut kemiringan tertentu dengan bidang datar (horizontal). Lereng dapat terjadi secara alami atau terjadi karena perilaku manusia dengan tujuan tertentu, Wesley (1977) membagi lereng menjadi 3 (tiga) macam yang ditinjau dari segi terbentuknya, yaitu: 1) Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan, sebagai tanggul untuk jalan atau bendungan irigasi 2) Lereng yang dibuat dengan tanah asli, misalnya apabila tanah dipotong untuk pembuatan jalan saluran air untuk keperluan irigasi. 3) Lereng alam, yaitu lereng yang proses terbentuknya berdasarkan peristiwa alam, misalnya lereng suatu bukit.

2.4. Metode Analisa Kestabilan Lereng

Cara analisis kestabilan lereng banyak dikenal, tetapi secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu: cara pengamatan visual, cara komputasi dan cara grafik (Pangular, 1985) sebagai berikut : 1) Metode pengamatan visual adalah cara dengan mengamati langsung di lapangan dengan membandingkan kondisi lereng yang bergerak atau diperkirakan bergerak dan yang yang tidak, cara ini memperkirakan lereng labil maupun stabil dengan memanfaatkan pengalaman di lapangan (Pangular, 1985 dalam Feriyansyah, 2013). 2) Metode komputasi adalah dengan melakukan hitungan berdasarkan rumus (Fellenius, Bishop, Janbu, Sarma, Bishop modified dan lain-lain) untuk mendapatkan faktor keamanan lereng dan dianalisis kekuatannya dengan menggunakan bantuan program-program yang telah dibuat khusus untuk melakukan analisis dan desain terhadap lereng. 3) Metode grafik adalah dengan menggunakan grafik yang sudah standar (*Taylor, Hoek & Bray, Janbu, Cousins dan Morganstren*).

2.5. Analisa Kestabilan Lereng

1. Metode *Fellenius/Ordinary*

Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang tersusun oleh tanah, dan bidang gelincirnya berbentuk busur (*arc-failure*).

2. Metode *Bishop*

Metode ini pada dasarnya sama dengan metode Fellenius, tetapi dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada. Metode Bishop mengasumsikan bidang longsor berbentuk busur lingkaran.

2.6. Metode Faktor Keamanan pada Lereng

2.6.1. Limit Equilibrium Method (LEM)

LEM atau Limit Equilibrium Method adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metode analisis ini pertama-tama mengasumsikan bidang kelongsoran yang dapat terjadi. Terdapat dua asumsi bidang kelongsoran, yaitu bidang kelongsoran berbentuk circular dan bidang kelongsoran berbentuk non-circular atau bias juga disebut planar. Perhitungan dilakukan dengan membagi-bagi tanah yang berada dalam bidang longsor dalam irisan-irisan oleh karena itu metoda ini dikenal juga dengan nama metoda irisan (method of slice). (Haninda, dkk 2014).

2.6.2. SLOPE/W Analysis

SLOPE/W Analysis merupakan perangkat lunak di bidang geoteknik yang dikembangkan dari Kanada. Dalam penelitian ini program ini dipakai untuk menganalisa stabilitas lereng. Dalam menganalisa stabilitas lereng pada perangkat lunak tersebut kita menggunakan menu SLOPE/W, adapun metode yang digunakan di dalam program ini adalah Metode Limit Equilibrium Haninda, dkk (2014).

2.6.3. Dinding Turap (Sheet Pile)

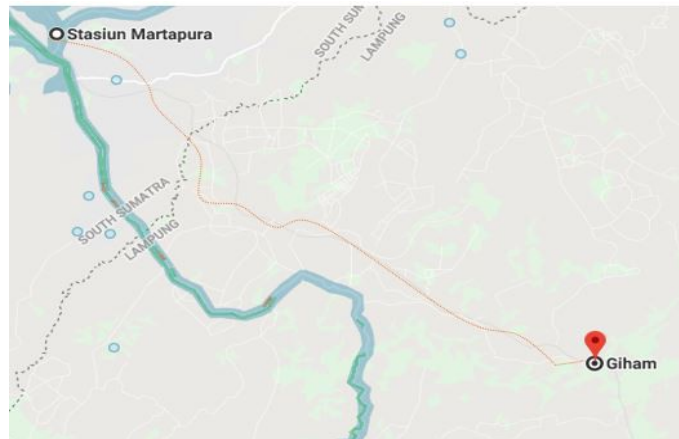
Dinding turap (*sheet pile*) merupakan suatu material yang disusun menyerupai bentuk dinding berfungsi sebagai struktur penahan tanah pada tebing jalan rel, jalan raya dan struktur penahan tanah pada galian, struktur penahan tanah yang berlereng agar tanah tersebut tidak longsor, konstruksi bangunan yang ringan, saat kondisi tanah kurang mampu untuk mendukung dinding penahan. Material yang digunakan dalam sheet pile ada beberapa macam, yaitu *sheet pile* dari material kayu, *sheet pile* dari material beton, *sheet pile* dari bahan baja (steel). Sheet pile disusun dengan bentuk khusus agar dapat tersusun dan saling mengikat satu sama lainnya sesuai dengan kebutuhan perencana. Perbedaan mendasar antara dinding turap dan dinding penahan tanah terletak pada keuntungan penggunaan dinding turap pada kondisi tidak diperlukannya pengeringan air (*dewatering*). *Sheet pile* dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya serta jenis material yang digunakan. (Suroño, 2010).

Adapun tipe-tipe dinding turap yaitu: 1) *Sheet pile* kantilever merupakan *sheet pile* yang dalam menahan beban lateral mengandalkan tahanan tanah didepan dinding. Defleksi lateral yang terjadi relatif besar dan hanya cocok untuk menahan tanah dengan kedalaman sedang. 2) *Sheet pile* diangker cocok untuk menahan galian yang dalam, tetapi masih bergantung pada kondisi tanah. Menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian *sheet pile* yang terpancang dalam tanah dengan dibantu oleh angker yang dipasang pada bagian atasnya. 3) *Sheet pile* dengan landasan menahan tekanan tanah lateral dengan dibantu oleh tiang-tiang yang dibuat landasan untuk meletakkan bangunan tertentu sebagai penahan agar tanah lateral yang berada pada bangunan dapat di tahan sehingga tidak mengalami pergeseran sehingga terjadi longsor atau terjadinya keruntuhan pada lereng atau dinding penahan tanah menjadi runtuh.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di stasiun kereta Giham dan stasiun kereta Tanjung Rajo Kabupaten Waykanan Propinsi Lampung dimana merupakan lokasi pembangunan jalur ganda jalan rel kereta api Martapura – Giham.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2. Tahapan Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu menggunakan data primer. Data primer yang digunakan berupa data hasil uji tanah pada lokasi penelitian di laboratorium mekanika tanah Teknik Sipil Universitas Lampung. 1) Indeks Properti tanah yang didapatkan dilakukan dengan pengujian *Direct Shear Test* untuk mengetahui antara lain nilai kohesi tanah (c), sudut geser tanah (ϕ), berat tanah jenuh (γ_{sat}), dan berat tanah kering (γ_d). 2) Mendesain 1 bentuk potongan melintang pada kondisi jenuh, kondisi jenuh sebagian dan kondisi tidak jenuh.

3.3. Menganalisis Stabilitas Lereng Menggunakan Program *Geostudio SLOPE/W*

Setelah mengumpulkan data properti tanah dan membuat 1 desain bentuk potongan melintang lereng, selanjutnya ialah menginput data-data tersebut pada program *GeoStudio SLOPE/W* untuk dianalisis lebih lanjut.

Berikut ini merupakan tahapan pemodelan lereng dalam program *GeoStudio SLOPE/W* :
Membuka program *Geostudio* dan memilih sub program *SLOPE/W*. Selanjutnya akan muncul jendela *define analyses* yang digunakan. Mengatur *unit* atau satuan ukur yang akan digunakan pada menu *view*.

Mengatur *grid* atau garis bantu pada lembar kerja yang berfungsi sebagai spasi
Pada menu *sketch* dipilih *sketch axes* untuk mengatur jarak dan tinggi lereng yang akan didesain atau digambar.

Menggambar geometri dua dimensi penampang lereng menggunakan menu *draw-polygon* untuk membuat garis bantu agar memudahkan pada penggambaran lapisan tanah (*region*). Memasukan data-data material pada masing masing lapisan tanah pada menu *Define Materials*

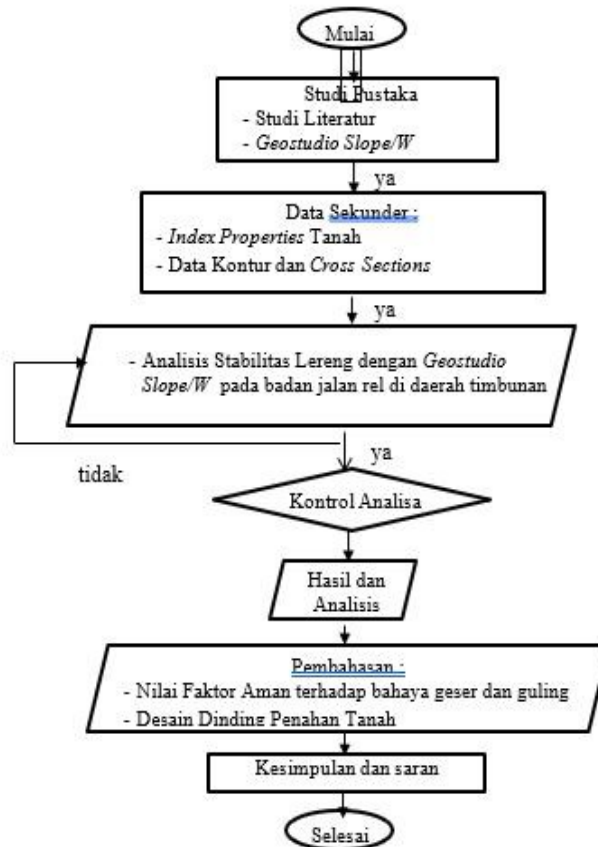
Menghubungkan susunan data material sesuai *regions/wilayah* lapisan material tanah pada gambar geometri penampang lereng menggunakan menu *draw-material*.

Menggambar *Slip Surface - Entry and Exit* untuk mengetahui rentang kemungkinan bidang gelincir yang terjadi pada hasil akhir analisis.

Mengecek data dan gambar yang telah dimasukkan melalui menu *solve manager*.

Menganalisis lereng yang telah dimodelkan dengan klik *start* pada menu *solve manager*.

3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Berdasarkan hasil pengujian yang di lakukan pada laboratorium Mekanika Tanah dengan hasil pengujian untuk mendapatkan nilai-nilai yang dibutuhkan untuk menjalankan program sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian

Titik	Ketinggian (m)	c (kg/cm ²)	φ (°)	(g/cm ³)
1	10	3.01	37.09	1.40

Sumber : Program *Slope/W*

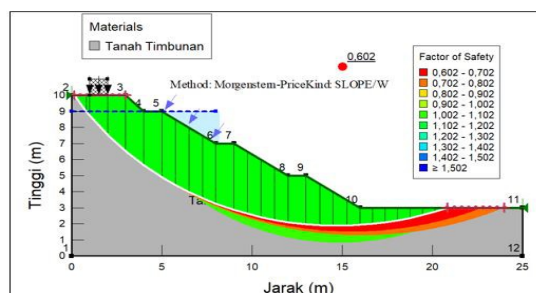
4.2. Analisis Pembebanan

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 60 Tahun 2012, beban gandar adalah beban yang diterima oleh jalan rel dari satu gandar. Beban gandar untuk lebar jalan rel 1067 mm pada semua kelas jalur maksimum sebesar 18 ton. pada perhitungan stabilitas lereng beban yang digunakan adalah beban maksimum dari beban gandar kereta api. Maka beban yang digunakan sebagai beban merata pada pengujian ini adalah sebesar 18 ton

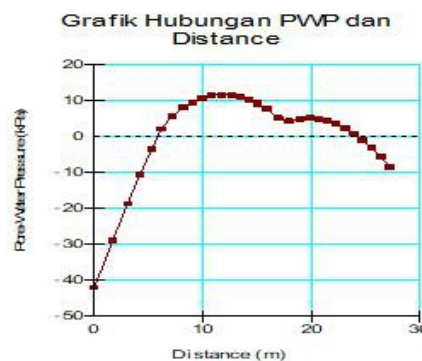
4.3. Analisis Stabilitas Lereng dengan *Software Analysis*

4.3.1. Desain I Kondisi Jenuh

Kondisi Jenuh merupakan kondisi tinggi muka air tanah (MAT) dianggap tanah lereng terendam semua oleh air. Pada kondisi ini diasumsi semua permukaan lereng terendam air.



Gambar 3. Desain Kondisi I



Gambar 4. Hubungan Tekan Air Pori dan Jarak

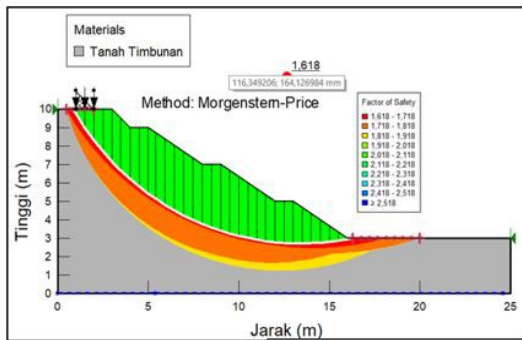
Tabel 2. Angka Keamanan Desain I

Desain	Angka Keamanan				Status
	Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern	
I	0,102	0,832	0,785	0,856	Tidak Aman

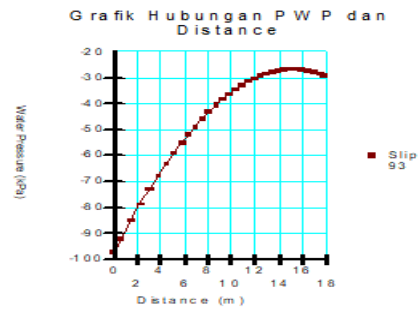
Sumber: Program slope/w

4.3.2. Desain II Kondisi Jenuh Sebagian

Desain kondisi jenuh sebagian merupakan bentuk potongan melintang dengan sudut kemiringan sesuai dengan kondisi asli di lapangan. Sudut kemiringan lereng pada desain adalah 35° pada dasar lereng. Berikut ini adalah bentuk potongan melintang lereng pada desain II:



Gambar 5. Desain Kondisi II



Gambar 6. Hubungan Tekanan Air Pori dan Jarak

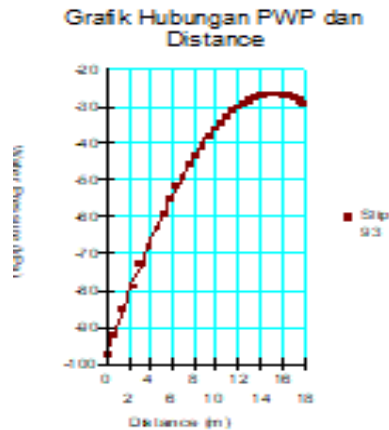
Tabel 3. Angka Keamanan Desain Kondisi II

Desain	Angka Keamanan				Status
	Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern	
II	0,102	0,832	0,785	0,856	Tidak Aman

Sumber: Program *slope/w*

4.3.3. Desain Kondisi Tidak Jenuh

Pada desain dengan kondisi tanah tidak jenuh dengan asumsi Muka Air Tanah (MAT) berada pada bawah lereng. Sudut kemiringan lereng pada desain adalah 35° pada dasar lereng.



Gambar 7. Hubungan Tekanan Air Pori dan Jarak

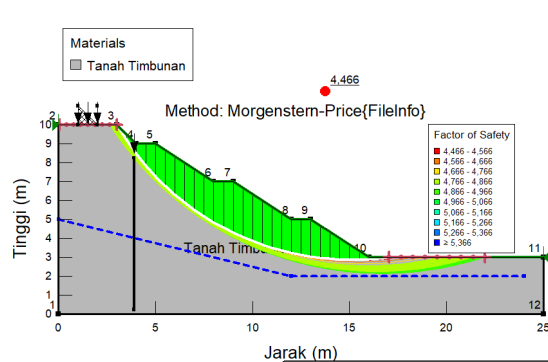
Tabel 4. Angka Keamanan Desain III

Desain	Angka Keamanan				Status
	Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern	
III	1.299	1,630	1,246	1,618	Labil

Sumber: Program *slope/w*

4.3.4. Perkuatan Lereng Dengan Sheet Pile

Pada desain lereng dengan kondisi jenuh sebagian lereng dalam kondisi tidak aman karena nilai faktor aman pada lereng dibawah batas angka faktor keamanan lereng, sehingga diperlukan adanya penanganan untuk meningkatkan nilai faktor aman pada lereng tersebut. Adapun konstruksi yang dipakai untuk stabilitas perkuatan pada lereng ini adalah konstruksi Sheet Pile. Setelah dilakukan penanganan dengan sheet pile maka angka faktor aman berubah sehingga lereng menjadi aman dengan nilai faktor keamanan dapat dilihat pada tabel berikut:



Gambar 8. Desain Perkuatan Dengan Sheet Pile

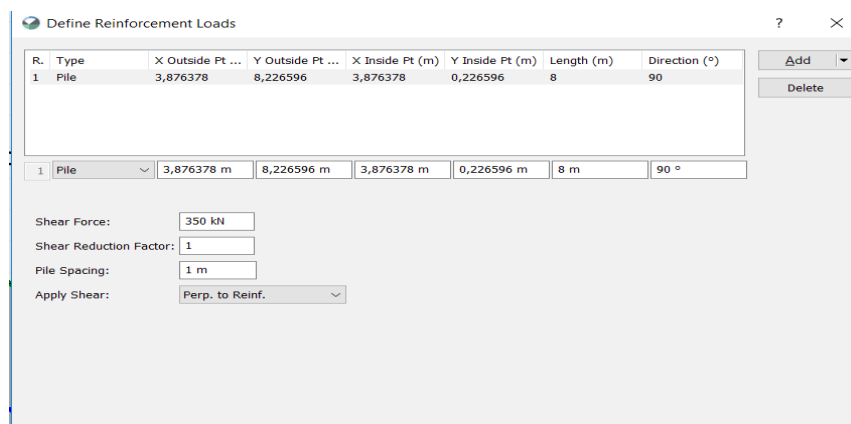
Tabel 5. Angka Keaman Setelah Perkuatan Dengan Sheet Pile

Desain	Angka Keamanan				Status
	Ordinary	Bishop	Janbu	Morgenstern	
IV	4,379	4,330	4,470	4,466	Aman

Sumber : program *slope/w*

4.3.5. Tipe Sheet Pile

Untuk dimensi dan ukuran struktur sheet pile yang digunakan dapat dilihat pada gambar 7 sebagai berikut:



Gambar 9. Tipe Sheet Pile

Berdasarkan tabel 6 hasil perhitungan di atas maka dapat dilihat perbedaan perbandingan antara kondisi lereng sebelum diberikan penanganan nilai faktor aman lereng tersebut sebesar 0,859 sehingga lereng tersebut dapat dikatakan tidak aman karena nilainya kurang

dari nilai faktor aman yaitu 1,5 dan setelah diberikan penanganan menggunakan sheet pile maka nilai faktor amannya menjadi 4,466 maka lereng tersebut menjadi aman.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis stabilitas lereng adalah sebagai berikut :

1. Hasil analisis lereng dengan program *GeoStudio Slope/W* yang dilakukan pada STA 176 + 700 menunjukkan lereng berada pada kondisi tidak stabil dengan nilai 0,102 metode *Ordinary*, 0,530 Metode *Bishop*, 0,524 metode *Janbu* dan 0,602 metode *Morgenstern-Price*.
2. Perbaikan lereng tidak stabil dengan menggunakan metode struktur sheet pile dengan dimensi lebar 0,5 m x tebal 9,0 mm x tinggi 8 m
3. Hasil perbaikan yang dilakukan dengan struktur *sheet pile* menunjukkan bahwa dengan adanya pengaman *sheet pile* nilai angka aman 4,379 metode *Ordinary*, 4,330 metode *Bishop*, 4,470 metode *Janbu* dan 4,466 metode *Morgenstern-Price* dengan peningkatan nilai sebesar 500%

5.2. Saran

Diperlukan metode analisis lain untuk perbaikan atau penanganan lereng pada lokasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., 1989. *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Craig, R.F., 1989. *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, Surabaya.
- Hardiyatmo, H.C., 2002. *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2003. *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2000. *Penanganan Tanah Longsor dan Erosi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wesley, Laurence D., 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*, Andi, Yogyakarta.