

Analisis Penanganan Longsoran Double Track Muaraenim - Muaralawai KM.398 + 1/2

Sularno¹⁾, Ahmad Hidayawan²⁾, Bagas Wahyu Adhi³⁾*

¹⁾ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Batik Surakarta, Jl. Agus Salim No.10, Sondakan, Kec. Laweyan, Kota Surakarta; Tlp. 0271-714751. Email: larno8020@gmail.com

Abstrak

Kereta api adalah salah satu jenis transportasi darat dengan karakteristik dan keunggulan khusus, terutama dalam hal kemampuannya untuk mengangkut penumpang dan barang secara massal. Kereta api efisien dalam hal penggunaan energi, ruang, dan bahan bakar, serta memiliki tingkat keamanan yang tinggi dan pencemaran yang rendah. Ini juga lebih efektif untuk transportasi jarak jauh maupun dalam kota. Angkutan kereta api yang melayani publik harus beroperasi dengan aman. Adanya amblesan di jalur kereta api antara Stasiun Muaraenim - Stasiun Muaralawai, sehingga perlu dilakukan perbaikan untuk mendukung kelancaran pelayanan angkutan barang khususnya batu bara yang berada di Daerah Sumatera Bagian Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk melihat ketahanan lereng di jalur kereta api Muaraenim -Muaralawai KM.398 + 1/2 dengan menggunakan software Plaxis 2D version 22.1.0.452. Pada penerapan program Plaxis 2D, digunakan model Mohr-Coulomb digunakan untuk tanah. Data dari Bore Log dianggap air tidak bisa keluar masuk tanah, yang berarti air tidak bisa mengalir serta tingkat permeabilitas tanah dianggap kurang. Tanah yang ditimbun juga diperlakukan sebagai kondisi dimana air tidak mampu keluar masuk tanah, sedangkan batu kapur menggunakan tipe air tidak bisa keluar masuk tanah dengan permeabilitas tanah rendah. Kondisi tanah dinilai drained, dan Limestone memakai type drained. Hasil evaluasi kestabilan lereng di wilayah yang mengalami penurunan tanah diperoleh dengan menggunakan perangkat lunak Plaxis 0,04 cm dengan factor keamanan FS 2,738 analisis dilakukan dengan kondisi asli tanpa beban.

Kata kunci: Stabilitas Lereng, Factor Keamanan, *Plaxis*

Abstract

Trains are a mode of land transportation that has special characteristics and advantages, especially in its ability to transport both passengers and goods in bulk, save energy, save space, save fuel and have a high safety factor and low pollution levels and more. efficient for long distance transportation and in city transportation. Railway transportation that serves public transportation must be safe in its operation. There is subsidence on the railway line between Muaraenim Station - Muaralawai Station. So improvements need to be made to support the smooth running of goods transportation services, especially coal in the Southern Sumatra Region. The aim of this research is to look at slope stability on the Muaraenim - Muaralawai KM.398 + 1/2 railway line using Plaxis 2D software version 22.1.0.452. In implementing the Plaxis 2D program, the Mohr-Coulomb model is used for soil. Data from the Bore Log is considered undrained, which means water cannot flow and soil permeability is considered low. Backfill soil is also treated as undrained, while Limestone uses an undrained type with low soil permeability. The soil condition is considered drained, and Limestone uses the drained type. The results of evaluating slope stability in areas experiencing land subsidence were obtained using Plaxis 0.04 cm software with a safety factor of FS 2.738. The analysis was carried out under original conditions without load.

Keywords: Slope Stability, Safety Factor, *Plaxis*



Copyright © 2024 The Author(s)

This is an open access article under the [CC -NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

1. PENDAHULUAN

Transportasi adalah aktivitas memindahkan penumpang dan barang dari satu lokasi ke lokasi lainnya, yang melibatkan unsur pergerakan. Transportasi memiliki peran yang signifikan dalam pembangunan dan pengembangan infrastruktur kawasan

perkotaan.(Bagas Wahyu Adhi & Beni Seityanto, 2022)

Infrastruktur berfungsi sebagai dasar untuk pengembangan transportasi, peningkatan stabilitas ekonomi, dan pengembangan wilayah di Indonesia. Saat ini, pembangunan

infrastruktur, terutama jalan, terus dikembangkan dan ditingkatkan untuk mencapai pemerataan ekonomi di seluruh Indonesia. (Bagas Wahyu Adhi, Beni Setiyanto et al., 2023)

Untuk mencapai tingkat keselamatan, keamanan, ketepatan, kelancaran, dan kenyamanan yang tinggi dalam pelayanan angkutan kereta api, sarana perkeretaapian yang dioperasikan harus memiliki keandalan dan memenuhi standar keselamatan. Hal ini memastikan bahwa sarana tersebut selalu dalam kondisi siap pakai dan teknis layak untuk digunakan. Oleh karena itu, penyediaan dan pembangunan sarana perkeretaapian harus mengikuti persyaratan yang ditetapkan serta melibatkan pengujian, pemeriksaan, perawatan, dan sertifikasi. (Fahriani, 2016)

Masalah yang sering muncul dalam pekerjaan penggalian dan penimbunan pada lereng di Jalur kereta api yaitu tanah longsor (Prasetyo, I., Setiawan, B., & Dananjaya, 2017a). Kestabilan lereng bergantung pada gaya penggerak (driving force) dan gaya penahan (resisting force) yang bekerja pada bidang gelincir, di mana kestabilan tercapai jika gaya penahan lereng melebihi gaya penggerak. (Pradhana, 2010)

Longsoran terjadi akibat adanya pergerakan tanah. Pergerakan tanah merujuk pada perpindahan massa tanah atau batuan secara vertikal, horizontal, atau diagonal dari posisi awalnya, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti air tanah, gravitasi, beban yang ada di atas tanah, serta kondisi lingkungan sekitar. (Gati, B. M., & Purwanto, 2018)

Perkuatan lereng berfungsi untuk mencegah terjadinya tanah longsor, sehingga kestabilan lereng dapat terjaga. (Prasetyo, I., Setiawan, B., & Dananjaya, 2017b).

Berbagai metode digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng, salah satunya adalah dengan menggunakan perangkat lunak geoteknik berbasis metode elemen hingga, seperti Plaxis. Analisis menggunakan Plaxis menghasilkan nilai faktor keamanan lereng yang menunjukkan kondisi kestabilan lereng. (Bagas Wahyu Adhi, 2022)

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji stabilitas tanah pada jalur kereta api Muaraenim -Muaralawai KM.398 + $\frac{1}{2}$ menggunakan software Plaxis 2D.

Prinsip kerja Plaxis didasarkan pada metode elemen hingga, yaitu sebuah pendekatan yang dapat diterapkan pada berbagai masalah teknik. Metode ini sangat luwes karena mampu menyederhanakan struktur yang kompleks dan rumit dipecah menjadi elemen-elemen kecil yang lebih mudah diatur. (Nusantara, 2014)

2. METODE

Studi ini menggunakan metode diskretisasi elemen. Tidak sedikit perangkat lunak yang mengadopsi pendekatan ini, oleh karena itu, memahami konsep dasar dan struktur menjadi sangat penting. Plaxis merupakan salah satu perangkat lunak yang menggunakan prinsip metode elemen hingga. (Darmawan, Wahid, Arief Rachmansyah & Zaika, 2016).

Metode elemen hingga berlandaskan pada prinsip membagi atau mendiskretisasi sebuah kontinum, yang dapat mencakup sistem struktur, massa, atau benda padat lainnya yang akan dianalisis. Metode ini memecah objek menjadi elemen-elemen kecil, sehingga analisisnya menjadi lebih sederhana.

Metode penelitian

Pada penerapan program PLAXIS 2D, model tanah yang diterapkan adalah *Mohr-Coulomb*. berdasarkan data dari Bore Log dianggap tidak mengalami drainase, tempat di mana air diasumsikan tidak bisa meresap dan material tanah memiliki tingkat permeabilitas yang rendah. Tanah yang ditimbun dianggap tidak terdrainase, serta batu kapur memanfaatkan tipe yang sama. Beberapa tahap yang diambil dalam kajian ini meliputi:

- a. Menetapkan parameter tanah berdasarkan data borelog yang ada.
- b. Pemodelan Plaxis menggunakan penampang melintang di area tersebut.
- c. Menetapkan tahapan pelaksanaan di Plaxis yang telah disesuaikan dengan kondisi nyata di lapangan
- d. Analisis data dengan memanfaatkan perangkat lunak Plaxis

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

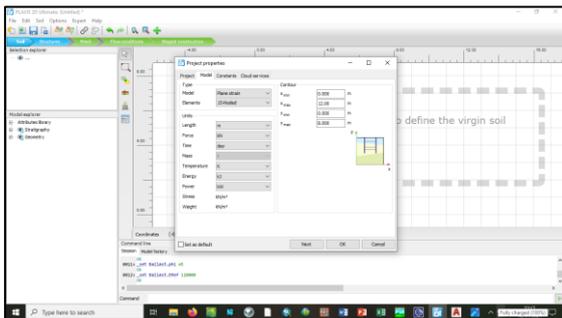
Analisis Kestabilan Lereng Dengan Menggunakan Perangkat Lunak PLAXIS

Analisis kestabilan lereng Menggunakan Perangkat Lunak PLAXIS dilakukan sebanyak lima pemodelan yang berbeda diantaranya yaitu:

- Pemodelan dengan kondisi asli/exsisting
- Pemodelan dengan kondisi penambahan ballast
- Pemodelan dengan kondisi penambahan perkuatan dengan rel baja
- Pemodelan dengan kondisi penambahan beban dinamis
- Pemodelan dengan parameter waktu jangka pendek

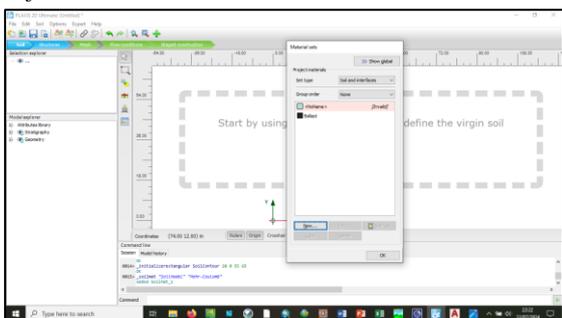
Untuk mengetahui kondisi stabilitas lereng tanpa adanya perkuatan pada lereng dan dengan perkuatan maka dilakukan Analisa menggunakan *software plaxis* dengan tahapan sebagai berikut :

A. Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Adanya Perkuatan /Kondisi Existing



Gambar 1. Tampilan Project Properties

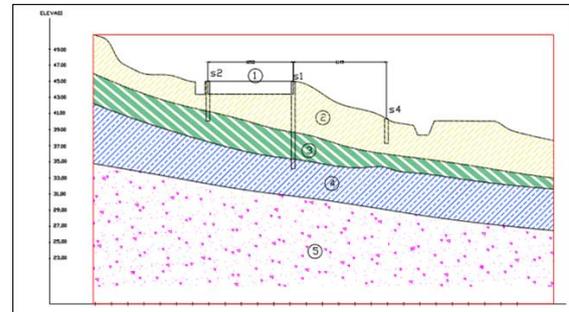
Open file new project beri judul kemudian masuk ke model dan tentukan Panjang *axis X* dan *Y* sesuai geometry pada model rencana yaitu *X* mulai dari 0 hingga 100, dan *Y* mulai dari 0 hingga 65, settingan lain menggunakan *default*.



Gambar 2. Input data properties material pada material set

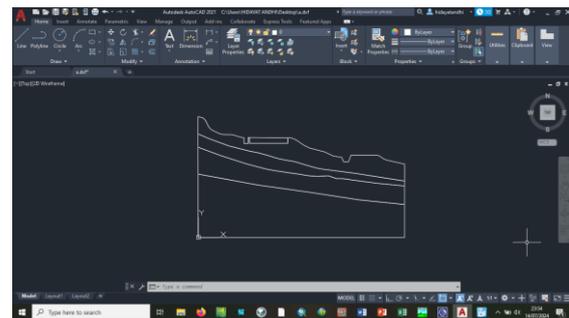
Sebelum memasukan geometry model, terlebih dahulu dapat dilakukan input data properties material pada material set kemudian klik 'new'.

Properties material model sudah keseluruhan di input atau ter define, kemudian dilakukan pembuatan geometry model.



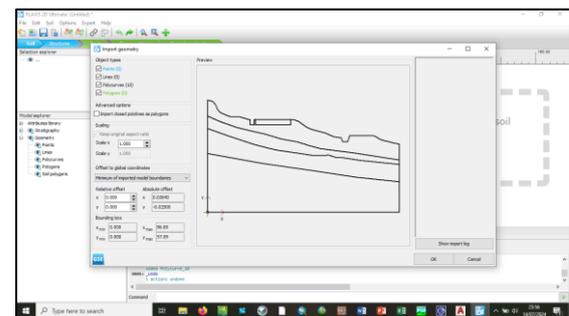
Gambar 3 Model cross section lereng

Gambar model cross section lereng adalah sebagai berikut, lapisan tanah paling atas berupa lanau lempung pasir lunak, kemudian dibawahnya lanau lempung pasir kaku, kemudian dibawahnya lanau pasir keras dan yang terakhir lanau pasir sangat keras.



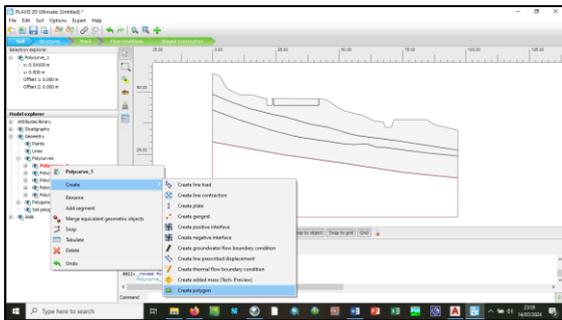
Gambar 4. Pembuatan model pada autocad

Dalam pembuatan geometri pada pemodelan plaxis, terlebih dahulu dibuatkan model pada autocad dengan format *dxf* untuk dapat di import ke dalam *software plaxis*, model harus dibuat dalam bentuk boundary untuk masing-masing bidang.



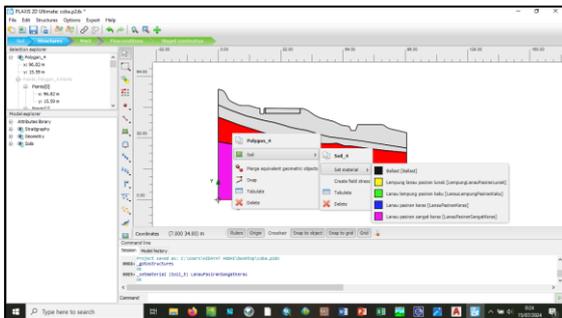
Gambar 5. Input Geometry

Kemudian masuk kedalam *software plaxis* – soil – import soil, cari file dxf yang sudah dipersiapkan dan akan muncul seperti gambar diatas klik ok.



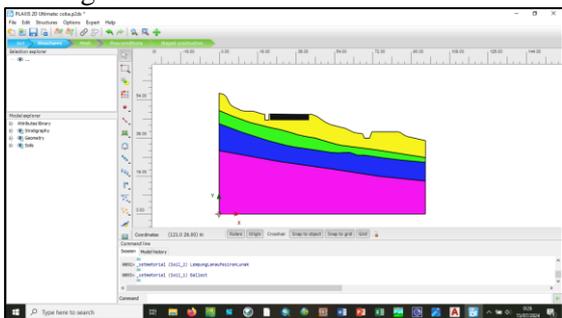
Gambar 6. Membuat polygon pada model

Kemudian klik pada geometri – create – *create polygon* untuk membuat polygon pada model, lakukan pada ke 5 model, nama polygon dapat dirubah disesuaikan dengan jenis tanah.



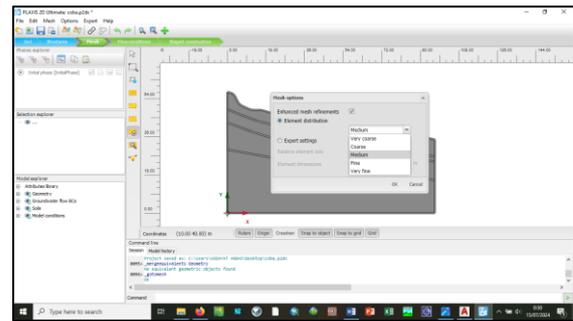
Gambar 7. Set jenis material hasil investigasi tanah.

Kemudian untuk memasukan parameter tanah yang sudah di input sebelumnya, klik kanan pada masing-masing polygon – soil set material lalu pilih jenis material sesuai pada urutan hasil investigasi tanah.



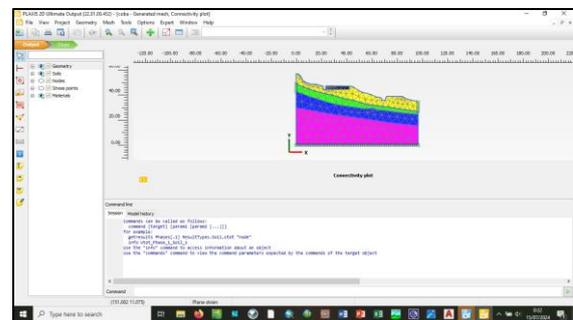
Gambar 8. Model hasil investigasi tanah

jika sudah maka akan menjadi gambar seperti diatas sesuai dengan model hasil investigasi tanah.



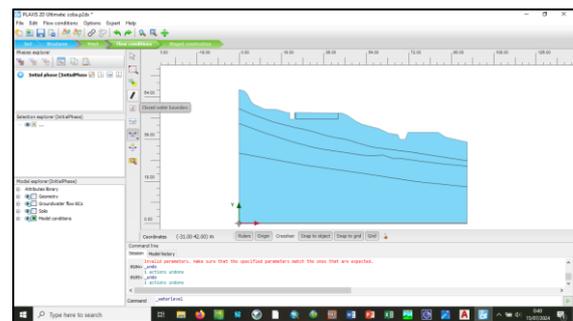
Gambar 9. Mesh – generate mesh

Kemudian klik di bagian *mesh – generate mesh* untuk memilih kerapatan mesh pada saat dilakukan running, disini yang saya gunakan adalah medium kemudian klik ok.



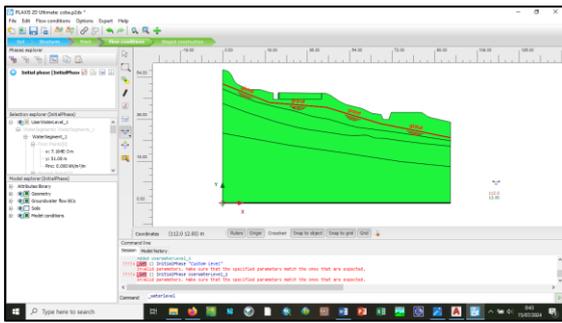
Gambar 10 view mesh

Untuk mengecek hasil mesh dapat di klik *view mesh* dan akan muncul tampilan mesh, semakin halus mesh yang dipilih makan kerapatannya akan semakin rapat.

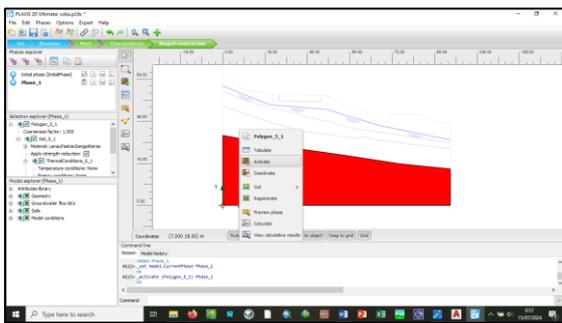


Gambar 11 flow condition

Langkah berikutnya untuk menggambarkan muka air tanah masuk ke bagian *flow condition*, kemudian klik *closed water boundary* dan tempatkan di bagian *bottom*, kemudian klik pada bagian *create water level* dan buat garis muka air tanah sesuai data lapangan dan klik kanan jika sudah.

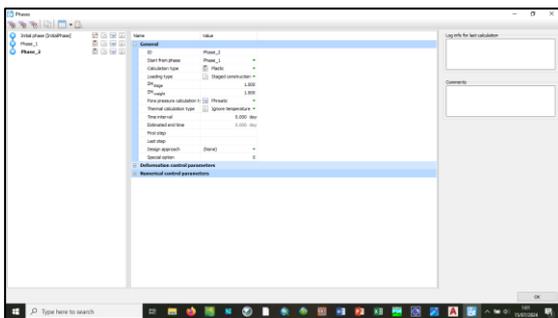


Gambar 12. Tampilan hasil muka air tanah
Akan muncul tampilan hasil muka air tanah seperti gambar diatas.



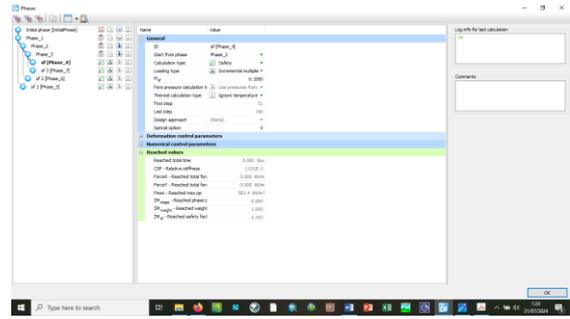
Gambar 13. Stage construction

Kemudian masuk ke tahapan *stage construction* untuk membuat tahapan atau urutan tanah, masuk ke *phase explorer* kemudian klik *add phase*, untuk phase 1 diposisikan di paling bawah sampai seterusnya keatas, terlebih dahulu klik kanan pada polygon model paling bawah (phase 1) dan pilih *activated* sampai seterusnya di paling atas phase 5.



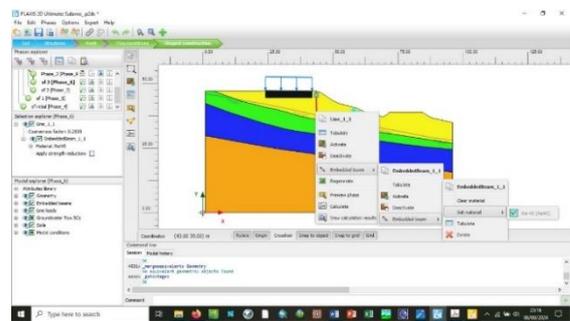
Gambar 14. Start from phase

Kemudian untuk urutan phase masing-masing menggunakan setting sebagai berikut, untuk urutan phase 1 *start from phase* pilih *initial*, kemudian phase 2 *start from phase 1*, phase 3 *start from phase 2* dan seterusnya.

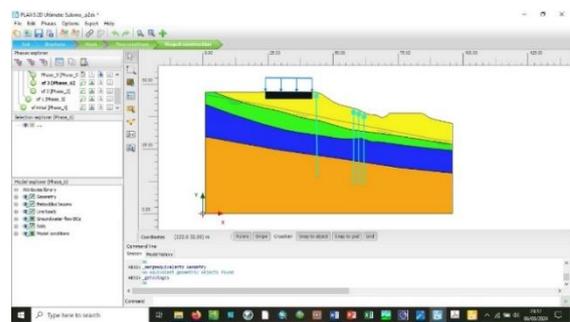


Gambar 15. Phase safety

Kemudian untuk masing-masing phase dibuatkan *phase safety* untuk masing-masing phase untuk mengetahui nilai *safety* pada masing-masing phase.

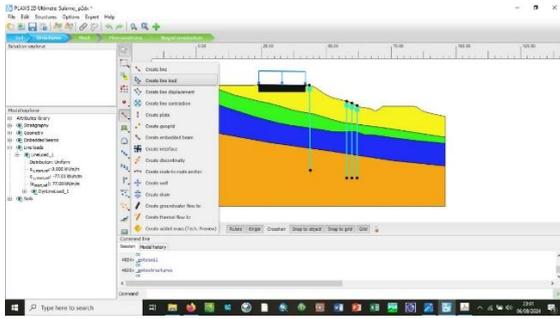


Gambar 16. Setting phase



Gambar 17 Tampilan setelah selesai setting phase

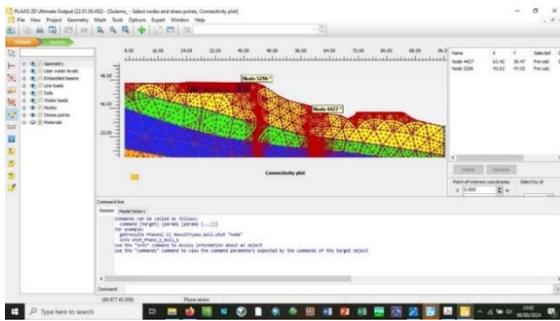
Setelah selesai setting phase akan muncul tampilan seperti diatas, kemudian lakukan penggambaran terlebih dahulu klik *structure* kemudian *create line* dan *define line* tersebut sebagai *embedded beam* untuk perkuatan lereng berdasarkan model dan buat urutan phase pembuatan perkuatan tersebut.GG



Gambar 18. *Structure* perkuatan lereng berdasarkan model

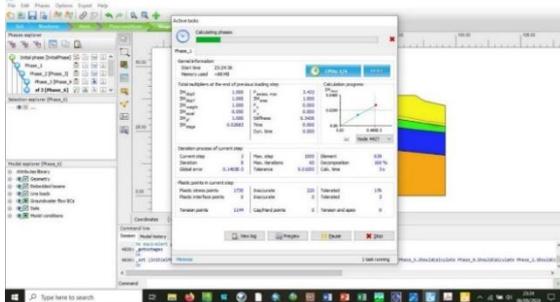
Pembuatan model dilakukan dengan klik *Structure Crite line* > *crite line loate* kemudian masukan nilai beban pada kolom model explorer – *line loate*.

Tahap berikutnya adalah *running* model, sebelum *running* model harus ditentukan titik kritis yang di indikasikan adanya potensi kritis longsor atau deformasi dengan cara klik *select point for curve*.

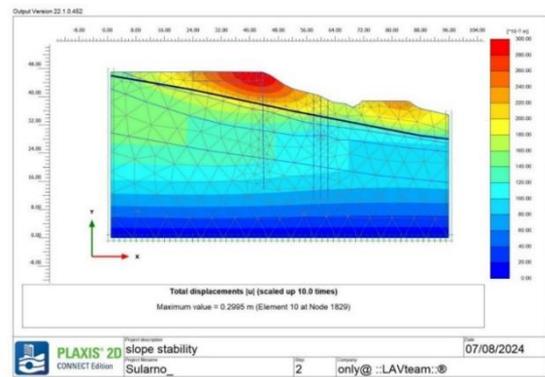


Gambar 19. *Select point for curve* penentuan titik kritis

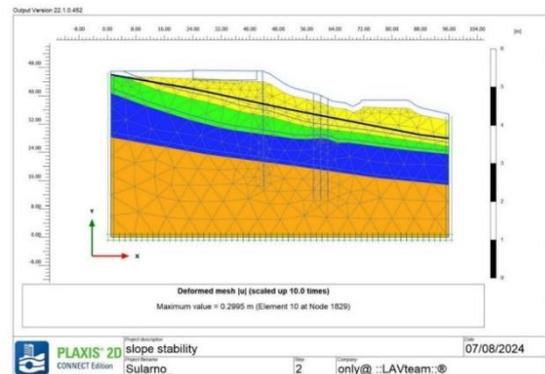
Tempatkan titik 1 pada kaki lereng dan titik 2 pada kepala lereng yang di indikasikan sebagai titik kritis kemudian klik *update*.



Gambar 20. *Running* program
Klik *calculate* untuk me *running* program dan akan muncul gambar seperti diatas.



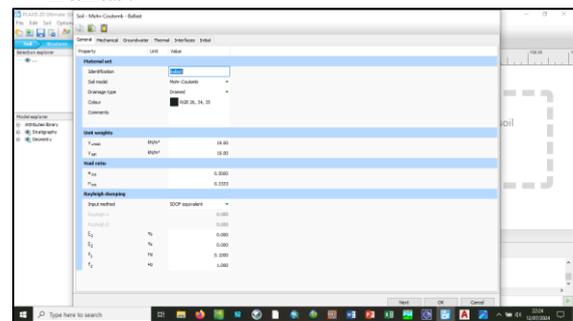
Gambar 21. Kondisi asli/ initial



Gambar 22. Total displacement dengan kondisi asli

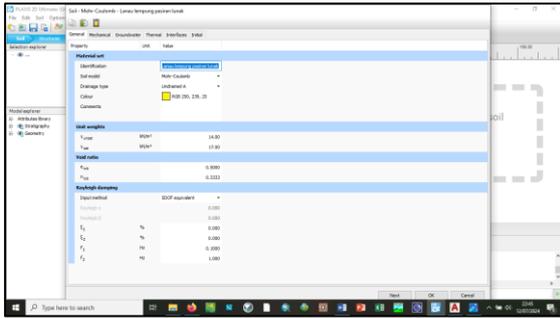
Pada phase initial/ kondisi asli safety factor 2,738 dengan tanpa bebanan.

B. Stabilitas Lereng Dengan Kondisi Ada Ballast



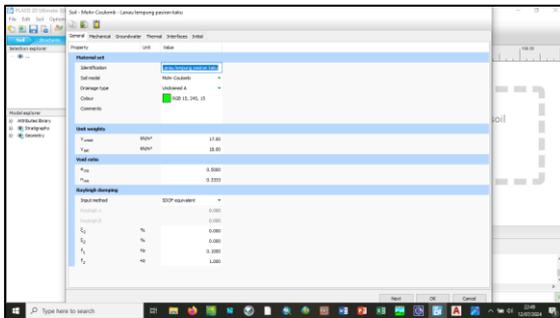
Gambar 23. Masukan properties ballast - mohr coulomb – drained

Masukan properties sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, ballast - mohr coulomb - drained, Gamma basah 19 kN/m³ dan gamma kering 19 kN/m³, kemudian ke mechanical - strength sudut geser 45 derajat dan stiffness untuk nilai kekakuan efektif 120.000 kN/m³.



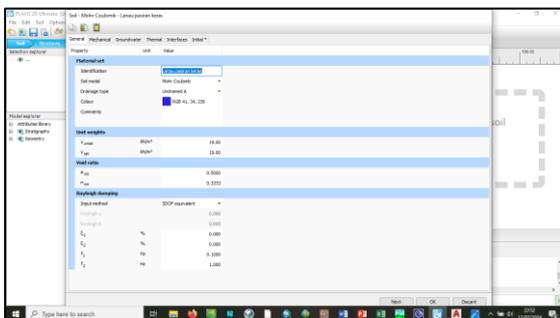
Gambar 24. Properties lanau lempung pasir lunak

Masukan properties berikutnya lanau lempung pasir lunak dengan cara yang sama, *mohr coulomb - undrained*, Gamma basah 14 kN/m³ dan gamma kering 17 kN/m³, kemudian ke *mechanical – strength* sudut geser 22 derajat, kohesi efektif 4 kpa dan stiffness untuk nilai kekakuan efektif 5.600 kN/m³.



Gambar 25. Properties lanau lempung pasir kaku

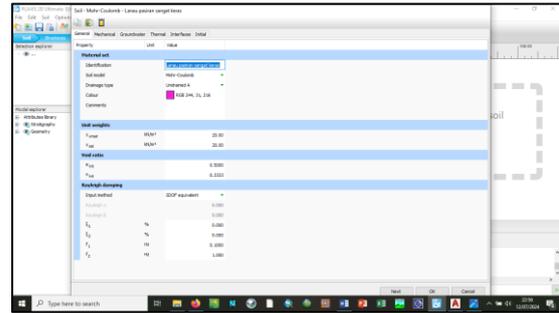
Masukan properties berikutnya lanau lempung pasir kaku dengan cara yang sama, *mohr coulomb - undrained*, Gamma basah 17 kN/m³ dan gamma kering 18 kN/m³, kemudian ke *mechanical – strength* sudut geser 25 derajat, kohesi efektif 15 kpa dan stiffness untuk nilai kekakuan efektif 21.000 kN/m³.



Gambar 26. Properties lanau pasir keras

Masukan properties berikutnya lanau pasir keras dengan cara yang sama, *mohr coulomb - undrained*, Gamma basah 19 kN/m³ dan gamma kering 19 kN/m³, kemudian ke *mechanical – strength* sudut geser 28 derajat,

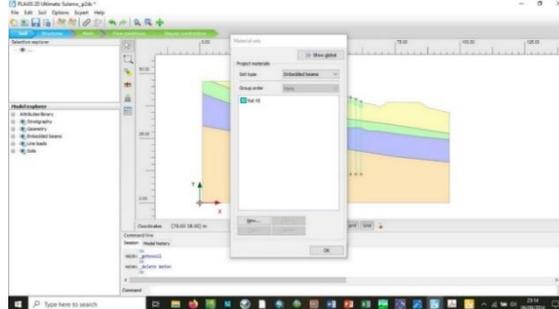
kohesi efektif 20 kpa dan stiffness untuk nilai kekakuan efektif 30.000 kN/m.



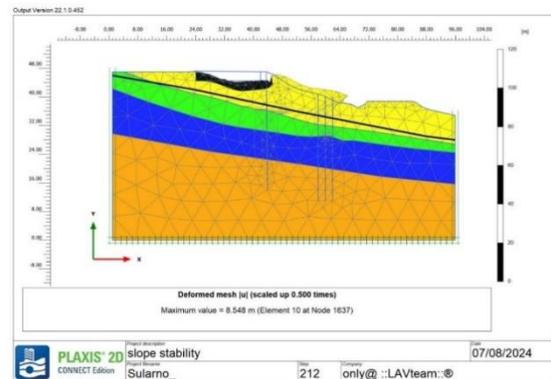
Gambar 27. Properties lanau pasir sangat keras

Masukan properties berikutnya lanau pasir sangat keras dengan cara yang sama, *mohr coulomb - undrained*, Gamma basah 20 kN/m³ dan gamma kering 20 kN/m³, kemudian ke *mechanical – strength* sudut geser 30 derajat, kohesi efektif 30 kpa dan *stiffness* untuk nilai kekakuan efektif 60.000 kN/m³.

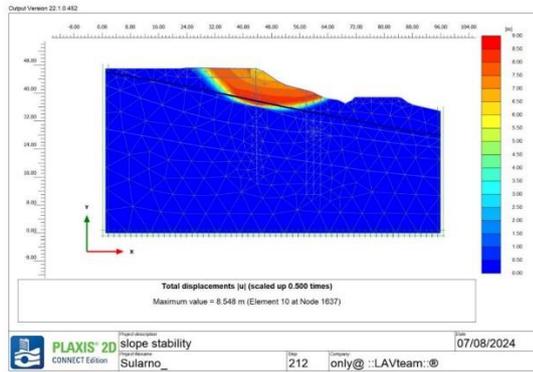
Langkah pertama adalah masuk ke bagian soil – material set – set type pilih *embedded beam*, klik new dan buat tipe perkuatan diatas dan masukan properties material.



Gambar 28. soil – material set – set type



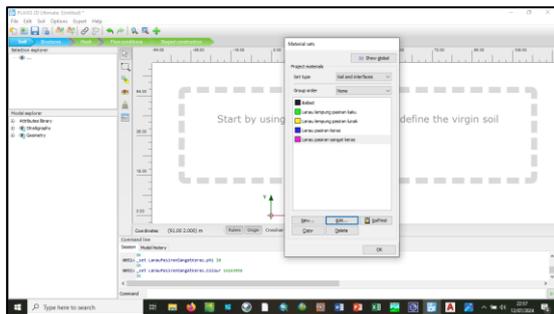
Gambar 29. Kondisi dengan Ballast



Gambar 30. Total displacement dengan ballast
Pada phase ini terdapat ballast di atasnya dan di dapat safety factor 1,471.

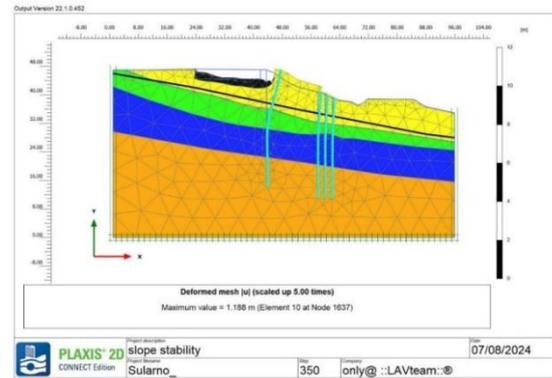
C. Stabilitas Lereng Dengan Penambahan Perkuatan Dengan Rel Baja

Masukan properties berikutnya lanau pasiran sangat keras dengan cara yang sama, *mohr coulomb - undrained*, Gamma basah 20 kN/m³ dan gamma kering 20 kN/m³, kemudian ke *mechanical - strength* sudut geser 30 derajat, kohesi efektif 30 kpa dan *stiffness* untuk nilai kekakuan efektif 60.000 kN/m³.GG

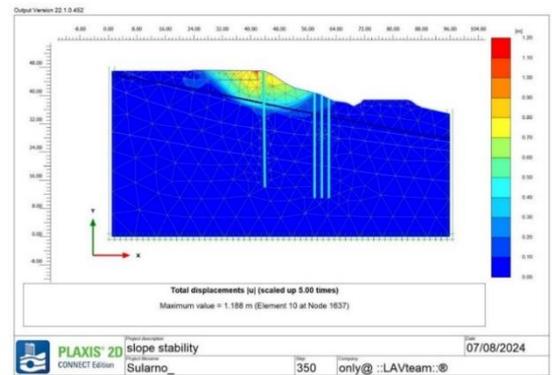


Gambar 31. Define untuk perkuatan lereng dengan rel baja R.54

Berikutnya adalah membuat *define* untuk perkuatan lereng yaitu dengan menggunakan rel baja R.54 dengan properties sebagai berikut.



Gambar 32. Kondisi dengan perkuatan rel



Gambar 33. Total displacement dengan rel

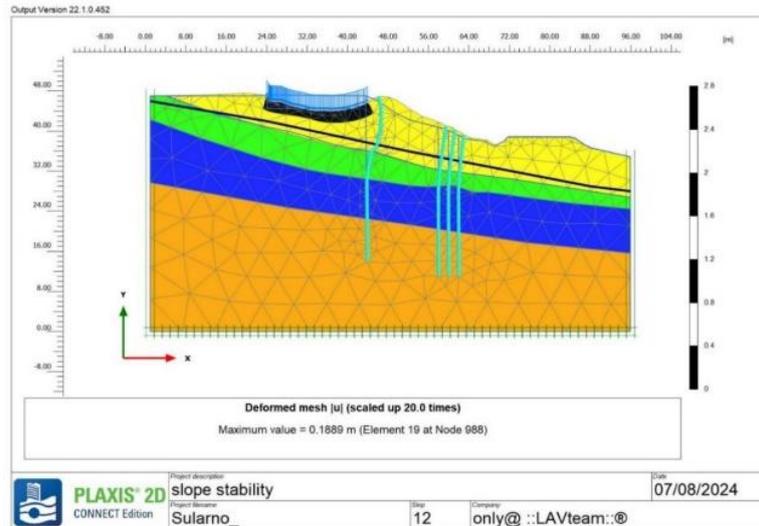
Pada phase ini dilakukan perkuatan tambahan rel baja yang dipasang 3 baris pada kaki lereng dengan jarak melintang 1 meter, jarak memanjang 1 meter dan 1 baris dengan jarak 1 meter pada kepala slope dengan safety factor naik menjadi 2.84

D. Analisis Perkuatan Rel baja dan Dengan Pembebanan Dinamis

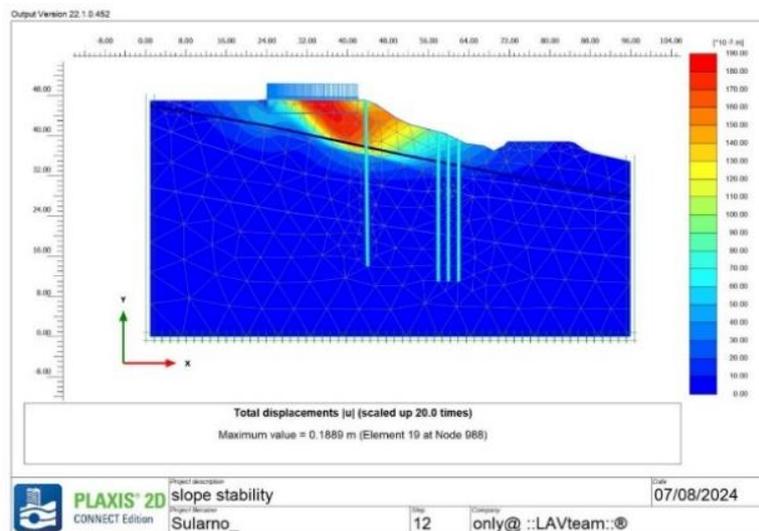
Parameter	Unit	Value
Young's modulus	Pa	2.000E+08
Poisson's ratio	-	0.2
Strength	Pa	1.000E+08
Stiffness	Pa	60.000E+03
Initial resistance	Pa	0.000E+00
Final resistance	Pa	1.000E+08
Initial stiffness	Pa	0.000E+00
Final stiffness	Pa	60.000E+03
Initial cohesion	Pa	0.000E+00
Final cohesion	Pa	30.000E+03
Initial friction angle	deg	30.000E+00
Final friction angle	deg	30.000E+00

Gambar 34 Properties material model (embedded beam)

Tahap berikutnya adalah memasukan beban operasional pada model yang berupa beban dinamis dengan nilai 7739 kg= 77,39 kN saat sudah service dengan kecepatan kereta 80km/jam.



Gambar 35 Kondisi dengan perkuatan rel dan pembebanan dinamis



Gambar 36 Total displacement dengan rel dan beban dinamis

Pada phase ini dilakukan perkuatan tambahan rel baja dan beban dinamis dengan SF 1,761 (memenuhi Kriteria). SNI 8460:2017 mengenai Persyaratan untuk perancangan geoteknik menyebutkan safety factor > 1,5

Faktor Keamanan (*Safety Factor*) adalah ukuran yang menunjukkan kemampuan material teknik dalam menahan beban yang datang dari luar, baik beban yang mencakup gaya tekan dan gaya tarik. Unsur ini proposional terhadap rasio gaya tegangan. yang diizinkan dan gaya tegangan maksimum yang terjadi.

4. SIMPULAN

Dari hasil analisis penelitian dapat disimpulkan sebagai :

1. Pada analisis kondisi initial/kondisi asli dengan nilai *safety factor* 2,738
 2. Pada analisis dengan kondisi penambahan ballast nilai *safety factor* 1,471
 3. Pada analisis kondisi dengan penambahan perkuatan rel baja *safety factor* 2,584
- Pada analisis kondisi dengan penambahan beban operasional/ beban dinamis *safety factor* 1,761 (memenuhi kriteria). SNI 8460:2017 mengenai Persyaratan untuk perancangan geoteknik menyebutkan safety factor > 1,5

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada PT. Virama Karya (Persero) Sebagai Konsultan Perencana yang telah memberikan banyak bantuan untuk penelitian ini, serta

kepada berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu secara rinci.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bagas Wahyu Adhi, Beni Setiyanto, A. K., Pristyawati, Tantin, M. D., & Rizani. (2023). Analisis Stabilitas Timbunan dengan Membandingkan Brankal dan Geotekstil. *Jurnal Teknik Sipil Giratory Uppris*, 4(2).
- Bagas Wahyu Adhi. (2022). Analisa Stabilitas Timbunan di Daerah Rawa Menggunakan Penanganan Limestone dengan Software Plaxis. *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 4(1).
- Bagas Wahyu Adhi, & Beni Seityanto. (2022). Analisa Perhitungan Proteksi Pipa Gas JU Sungai Ciputat STA 60 + 523 Proyek Jalan Tol Serpong - Cinere. *Journal Of Research and Technology Studies*, 01(1), 35–42.
- Darmawan, Wahid, Arief Rachmansyah, dan Y., & Zaika. (2016). Perubahan Stabilitas Tanah Akibat Penambahan Kapur, Semen, dan Fly Ash pada Tanah Lunak Proyek Tol GempolPasuruan. *Jurnal Teknik Sipil UB*, 2(2).
- Fahriani, F. (2016). Analisis Pengaruh Ketinggian Timbunan Terhadap Kestabilan Lereng. *Jurnal Fropil*, 4(9).
- Gati, B. M., & Purwanto, E. (2018). Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Badan Jalan dan Prediksi Timbunan yang Terjadi Menggunakan Program Plaxis. *Faculty of Civil Engineering and Planning, University of Islam Indonesia, Yogyakarta*.
- Nusantara, M. A. (2014). Analisa Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung Menggunakan Perkuatan Anyaman Bambu Dan Grid Bambu Dengan Bantuan Program Plaxis. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 2(3).
- Pradhana, R. (2010). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus: Bantaran Sungai Code, Kecamatan Jetis, Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Ekonomi*, 18(1), 41–49.
- Prasetyo, I., Setiawan, B., & Dananjaya, R. H. (2017a). Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1.
- Prasetyo, I., Setiawan, B., & Dananjaya, R. H. (2017b). Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga. *E-Jurnal matriks teknik sipil*, 1, 922–926.