

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE**  
**PERKUATAN GEOTEXTILE MENGGUNAKAN**  
**PEMODELAN PLAXIS 2D**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana (Strata-1)*  
*Program Studi Teknik Sipil*

Dosen Pembimbing

**Chandra Afriade Siregar, ST., MT**

**NIK. 432.200.167**

Disusun Oleh :

**Furkon Nurrohim**

**2112191140**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP**  
**BANDUNG**  
**2023**

**LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana (Strata-1)*  
*Program Studi Teknik Sipil*

Judul :

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE**  
**PERKUATAN GEOTEXTILE MENGGUNAKAN**  
**PEMODELAN PLAXIS 2D**

Disusun Oleh :

**Furkon Nurrohim**

**2112191140**

Disetujui dan Disahkan Oleh :

Dosen Pembimbing

**Chandra Afriade Siregar, ST., MT.**

NIK. 432.200.167

Mengetahui

Ketua Prodi Teknik Sipil

Universitas Sangga Buana YPKP

**Muhammad Syukri, ST., MT**

NIK. 432.200.200

## **SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN**

Dengan ini penulis menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini yang berjudul **“ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE PERKUATAN GEOTEXTILE MENGGUNAKAN PEMODELAN PLAXIS 2D”** tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam Tugas Akhir ini sebagaimana disebutkan dalam Daftar Pustaka. Selain itu penulis menyatakan pula, bahwa Tugas Akhir ini dibuat oleh penulis sendiri.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila di kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap kejujuran akademik atau etika keilmuan dalam karya ini, atau ditemukan bukti yang menunjukkan ketidak orisinalan karya ini.

Bandung, Januari 2023

Pembuat pernyataan

**Furkon Nurrohim**

**2112191140**

**ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN METODE  
PERKUATAN GEOTEXTILE MENGGUNAKAN  
PEMODELAN PLAXIS 2D**

Oleh :

**Furkon Nurrohim**

**2112191140**

Laporan Tugas Akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik  
Universitas Sangga Buana - YPKP

© Furkon Nurrohim

Universitas Sangga Buana - YPKP

2023

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,  
dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lain tanpa ijin dari penulis.

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dengan nama lengkap Furkon Nurrohim yang saat ini berumur 28 tahun lahir di Sumedang pada tanggal 17 November 1994, merupakan anak ke 4 (empat) dari 5 (lima) bersaudara, dari pasangan Bapak Iding (Alm) dan Ibu Rohati. Penulis saat ini berstatus sudah berumah tangga dengan seorang istri bernama Yuni Santika dan memiliki 2 (dua) orang anak, yang pertama bernama Muhammad Azfar badrussalaam, dan yang kedua bernama Azkayra Zaina Almira.

Penulis memulai Pendidikan formal di SD Negeri Karangmulya lulus pada tahun 2007, SMP Negeri 4 Situraja lulus pada tahun 2010, SMK Negeri 1 Sumedang jurusan Teknik Komputer dan Jaringan lulus pada tahun 2013, dan melanjutkan ke jenjang pendidikan strata satu (S1) di Universitas Sangga Buana YPKP dengan jurusan Teknik Sipil.

Penulis juga memiliki pengalaman kerja PT. Digdaya Ciptarega sebagai Administrasi Teknik pada tahun 2015 s.d. 2016. Pada tahun 2017 awal penulis bekerja di Bantuan Teknik pengadaan tanah jalan tol wilayah I pada PPK Sunter - Pulogebang dan Bekasi – Cawang Kampung Melayu. Pada tahun 2018 penulis bergabung dengan Direktorat Jalan Bebas Hambatan, Perkotaan dan Fasilitasi Jalan Daerah. Pada tahun 2019 sampai dengan saat ini penulis aktif bekerja sebagai Pegawai Pemerintah dengan Perjanjian Kerja sebagai Non PNS pada PPK pengadaan tanah jalan tol Gedebage – Tasikmalaya – Cilacap Segmen Gedebage – Garut Utara sebagai Pengadministrasi Umum dan Pengolah Progress Pengadaan Tanah serta Staf Keuangan pendaan pengadaan tanah.

## ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur tidak dapat dipungkiri dapat mendorong kemajuan dari segi perekonomian, sosial maupun budaya. Dalam segi pertumbuhan ekonomi sendiri akan memberikan pengaruh terhadap investasi. Dalam penelitian yang dilakukan di STA 50 + 950 pada proyek pembangunan jalan Tol Cileunyi – Sumedang – Dawuan seksi V yaitu timbunan yang memiliki ketinggian sekitar 34 meter terukur dari permukaan tanah ke puncak timbunan. Analisis stabilitas lereng pada timbunan ini menggunakan perkuatan geotextile menggunakan pemodelan dengan Plaxis 2D.

Geotekstil banyak digunakan untuk perkuatan tanah dasar pada struktur perkerasan jalan. Geotekstil juga telah sering digunakan untuk stabilisasi timbunan badan jalan yang terletak pada pondasi tanah lunak. Pengaruh penting yang menguntungkan dari macam-macam pemakaian geotekstil untuk perkuatan timbunan adalah berfungsi utama sebagai pemisah, geotekstil juga berfungsi sebagai tulangan atau perkuatan yang menaikkan kapasitas dukung tanah dasar oleh kekuatan komposit tanah dengan geotekstil. Ketika diaplikasikan dengan benar, geotekstil akan meningkatkan kinerja sekaligus memperpanjang umur pakai bangunan dengan biaya pemeliharaan yang lebih hemat. Perkuatan geotextile dengan kapasitas kuat geser 40 kN/m pada kedua lereng timbunan dipasang dengan panjang 15 meter dan dipasang tiap 2 meter tebal timbunan.

Dari hasil analisis pada pemodelan yang dilakukan, didapatkan nilai FK dan deformasi yang terjadi pada tiap tahapan konstruksi dan kondisi pembebanan dapat disimpulkan bahwa setelah menggunakan metode penanganan, timbunan di STA 50+975 telah memenuhi syarat stabilitas faktor keamanan lereng, yaitu dengan nilai faktor keamanan pada timbunan tahap 1 FK 6,53, timbunan tahap 2 FK 4,13, timbunan tahap 3 FK 3,30, timbunan tahap 4 FK 1,92, timbunan tahap 5 FK 1,55, timbunan dengan beban statik FK 1,51, timbunan dengan beban gempa FK 1,33. Dengan persentase kenaikan faktor keamanan tertinggi pada tahap timbunan 1 yaitu sebesar 22,7 %.

**Kata Kunci :** Faktor Keamanan Stabilitas Lereng, Lereng Timbunan, Analisis Stabilitas Lereng dengan Plaxis 2D, Geotextile Woven.

## ABSTRACT

It is undeniable that infrastructure development can drive progress in terms of the economy, social and culture. In terms of economic growth itself will have an influence on investment. In research conducted at STA 50 + 950 on the Cileunyi - Sumedang - Dawuan Toll Road section V construction project, namely an embankment that has a height of about 34 meters measured from the ground surface to the top of the embankment. Slope stability analysis on this embankment uses geotextile reinforcement using Plaxis 2D modeling.

Geotextiles are widely used for subgrade reinforcement in road pavement structures. Geotextiles have also been frequently used for the stabilization of road embankments located on soft soil foundations. An important beneficial effect of the various uses of geotextiles for embankment reinforcement is that they primarily function as separators, geotextiles also function as reinforcement or reinforcement which increases the bearing capacity of the subgrade by the strength of the soil composite with the geotextile. When applied correctly, geotextiles will improve performance while extending the life of the building with lower maintenance costs. Geotextile reinforcement with a shear strength capacity of 40 kN/m on both embankment slopes is installed with a length of 15 meters and is installed every 2 meters of embankment thickness.

From the results of the modeling analysis performed, the FK values and the deformations that occurred at each stage of construction and loading conditions were obtained. It can be concluded that after using the handling method, the embankment at STA 50+975 has met the stability requirements of the slope safety factor, namely the safety factor value at embankment stage 1 FK 6.53, embankment stage 2 FK 4.13, embankment stage 3 FK 3.30, embankment stage 4 FK 1.92, embankment stage 5 FK 1.55, embankment with static load FK 1.51, embankment with an FK earthquake load of 1.33. With the highest percentage increase in the safety factor at the first stockpile stage, which is 22.7%.

**Keywords:** Slope Stability Safety Factor, Heap Slope, Slope Stability Analysis with Plaxis 2D, Woven Geotextile.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penyusun sampaikan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmat-Nya dan rahmat-Nya, sehingga Penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul “**Analisis Stabilitas Lereng Dengan Metode Perkuatan Geotextile Menggunakan Pemodelan Plaxis 2D**” , guna memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil – Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana (YPKP).

Akhirnya Penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu serta membimbing dalam pelaksanaan penyusunan Tugas Akhir ini, khususnya kepada :

1. Dr. Didin Saepudin, SE.,M.Si selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
2. Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST., MT Selaku wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
3. Bambang Sutanto, SE., M.Si Selaku wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
4. Nurhaeni Sikki, S.A.P., M.A.P Selaku wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
5. Slamet Ryanto ST., M.Kom Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan keungan dan Perbankan.
6. Muhammad Syukri, ST.,MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
7. Ir. Yanti Irawati, ST., MT sebagai Dosen Wali Kelas D Angkatan 2019 Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
8. Chandra Afriade Siregar, ST., MT sebagai Dosen Pembimbing dalam penyusunan Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
9. Segenap Bapak dan Ibu Dosen Pengajar di Program Studi Teknik Sipil yang telah memberikan dorongan kepada penyusun dalam penyelesaian Tugas Akhir.
10. Seluruh Civitas Akademik Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung



11. Ibu yang telah mengandungku selepas ayah meninggal yang sampai detik ini selalu support dalam do'a agar selalu lancar diberi kekuatan dalam menjalani perkuliahan Program Studi Teknik Sipil ini.
12. Keluarga kecilku teruntuk istri dan kedua anakku yang telah membantu baik do'a, moral dan segala sesuatunya dalam menjalani kuliah di Program Studi Teknik Sipil ini.
13. Pak Ade Sudrajat ST., MM dan Bu Asih Nirbiyanti ST., MT selaku pimpinan dikantor yang telah mensupport dari segi waktu dan memberikan izin kerja selama keperluan perkuliahan di Program Studi Teknik Sipil ini
14. Pak Bagus Medi Suarso ST., MT dan Fakhrol Ash Shidiq, ST selaku mitra kerja dari Badan Usaha Jalan Tol PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu yang selalu membantu dari segi pengetahuan dalam perkembangan penerapan Teknik Sipil di dunia kerja nyata.
15. Ajat Subarja Yahya serta rekan - rekan Teknik Sipil 2019 yang sama - sama berjuang menyelesaikan tugas akhir ini.
16. Serta rekan – rekan sekalian yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang selalu ada tempat sharing ilmu pengetahuan.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan laporan ini. Untuk itu saya harapkan kritik dan saran yang membangun dari rekan mahasiswa khususnya dan para pembaca pada umumnya, agar dalam penyusunan laporan selanjutnya akan menjadi lebih baik. Harapan saya, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

**Bandung, Januari 2023**

**Furkon Nurrohim  
2112191140**

## DAFTAR ISI

|   |            |
|---|------------|
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN DAN PENGESAHAN.....</b>                         | <b>i</b>   |
| <b>SURAT PERNYATAAN KEABSAHAN.....</b>                                | <b>ii</b>  |
| <b>Halaman Hak Cipta Mahasiswa S1.....</b>                            | <b>iii</b> |
| <b>RIWAYAT HIDUP .....</b>  | <b>iv</b>  |
| <b>ABSTRAK .....</b>  | <b>v</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>vi</b>  |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>  | <b>vii</b> |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>  | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>   | <b>xii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>   | <b>xiv</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>   | <b>1</b>   |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1          |
| 1.2 Rumusan Masalah .....   | 3          |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian .....                                | 3          |
| 1.4 Batasan Masalah.....  | 3          |
| 1.5 Sistematika Penulisan.....  | 4          |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                   | <b>5</b>   |
| 2.1 Metode Penyelidikan Tanah dan Korelasinya.....                    | 5          |
| 2.1.1 Umum.....   | 5          |
| 2.1.2 Pengujian di Lapangan.....                                      | 5          |
| 2.1.2.1 Pemboran Geoteknik (ASTM D1452) (SNI 2436).....               | 5          |
| 2.1.2.2 Pengambilan UDS (ASTM D1587) (SNI 6802).....                  | 6          |
| 2.1.2.3 Standard Penetration Test, SPT (ASTM D1586) (SNI 4153) ...    | 6          |
| 2.1.2.4 Litologi Tanah.....   | 6          |
| 2.1.3 Pengujian di Laboratorium.....                                  | 7          |
| 2.1.3.1 Pengujian Index Properties .....                              | 7          |
| 2.1.3.2 Pengujian Engineering Properties.....                         | 8          |
| 2.1.4 Interpretasi Parameter Tanah Menggunakan Korelasi Empiris ..... | 10         |
| 2.1.4.1 Parameter Berat Jenis Tanah.....                              | 10         |
| 2.1.4.2 Parameter Kuat Geser Undrained .....                          | 11         |

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| 2.1.4.3        | Parameter Kuat Geser Drained .....                           | 11        |
| 2.1.4.4        | Parameter Tegangan Prakonsolidasi dan OCR.....               | 12        |
| 2.1.4.5        | Parameter Modulus Elastisitas .....                          | 13        |
| 2.2            | Definisi Longsoran .....                                     | 13        |
| 2.2.1          | Klasifikasi Kelongsoran .....                                | 13        |
| 2.2.2          | Faktor Penyebab Kelongsoran Lereng .....                     | 16        |
| 2.2.3          | Penanggulangan Longsoran .....                               | 17        |
| 2.3            | Analisis Stabilitas Lereng.....                              | 18        |
| 2.3.1          | Stabilitas Lereng Menerus tanpa Rembesan .....               | 19        |
| 2.3.2          | Analisis Lereng Menerus dengan Adanya Rembesan Air .....     | 21        |
| 2.4            | Deskripsi Geotextil Secara Umum .....                        | 23        |
| 2.4.1          | Karakteristik Geotextile .....                               | 24        |
| 2.4.2          | Fungsi Geotextile .....                                      | 25        |
| 2.4.3          | Jenis Geotextile .....                                       | 26        |
| 2.4.4          | Klasifikasi Kelas Geotextile.....                            | 29        |
| 2.5            | Analisis Stabilitas Lereng dengan Software PLAXIS.....       | 30        |
| 2.5.1          | Program Masukan ( <i>Input</i> ) .....                       | 30        |
| 2.5.2          | Program Perhitungan ( <i>Calculations</i> ) .....            | 32        |
| 2.5.3          | Program Keluaran ( <i>Output</i> ).....                      | 35        |
| 2.5.4          | Program Kurva ( <i>Curve</i> ).....                          | 36        |
| <b>BAB III</b> | <b>METODE PENELITIAN .....</b>                               | <b>37</b> |
| 3.1            | Perumusan Masalah.....                                       | 37        |
| 3.2            | Tinjauan Pustaka .....                                       | 37        |
| 3.3            | Lokasi Penelitian .....                                      | 37        |
| 3.4            | Pengumpulan Data .....                                       | 38        |
| 3.4.1          | Data Tanah .....   | 38        |
| 3.4.2          | Geometrik Lereng .....                                       | 39        |
| 3.4.3          | Geotextile .....   | 40        |
| 3.5            | Analisis .....   | 41        |
| 3.5.1          | Analisis Stabilitas Lereng tanpa Perkuatan.....              | 41        |
| 3.5.2          | Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotextile ..... | 41        |
| 3.6            | Kesimpulan dan Saran.....                                    | 41        |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| 3.7   | Flowchart Penelitian.....  | 42        |
| <b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b> |  | <b>43</b> |
| 4.1   | Tinjauan Umum dan Kondisi Geoteknik.....                                       | 43        |
| 4.1.1                                       | Klasifikasi Kelas Situs Tanah Berdasarkan N-SPT .....                          | 44        |
| 4.1.2                                       | Respon Spektrum Beban Gempa .....  | 46        |
| 4.2   | Kriteria Faktor Keamanan .....   | 46        |
| 4.3   | Data Parameter Tanah dan Beban .....   | 47        |
| 4.3.1                                       | Data Parameter Tanah STA 50 + 785 .....  | 47        |
| 4.3.2                                       | Data Parameter Tanah Timbunan.....   | 47        |
| 4.3.3                                       | Data Beban Lalu Lintas dan Struktur.....                                       | 48        |
| 4.4   | Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan .....                      | 49        |
| 4.5   | Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geotextile<br>Woven ..... | 53        |
| 4.6   | Analisis Stabilitas DPT .....  | 57        |
| 4.7   | Rekapitulasi Hasil Penanganan .....  | 59        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>     |  | <b>60</b> |
| 5.1   | Kesimpulan.....  | 60        |
| 5.2   | Saran.....   | 60        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                 |  | <b>62</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1.1 Jalur Tol Cisumdawu dan Peta Kerentanan Tanah .....                  | 47 |
| Gambar 2.1 Korelasi empiris antara $S_u$ , $N_{60}$ dan $PI$ (Stroud 1974)..... | 11 |
| Gambar 2.2 Grafik korelasi antara $PI$ dan $\phi'$ pada tanah kohesif.....      | 23 |
| Gambar 2.3 Grafik korelasi antara $E_u$ , $S_u$ , $PI$ dan $OCR$ .....          | 24 |
| Gambar 2.4 Bentuk Longsor Translasi .....                                       | 25 |
| Gambar 2.5 Bentuk Longsor Rotasi.....   | 14 |
| Gambar 2.6 Bentuk Pergerakan Blok.....  | 15 |
| Gambar 2.7 Bentuk Runtuhan Batu .....   | 15 |
| Gambar 2.8 Bentuk Rayapan Tanah .....   | 15 |
| Gambar 2.9 Bentuk Aliran Bahan Rombakan.....                                    | 16 |
| Gambar 2.10 Kelongsoran Lereng .....  | 30 |
| Gambar 2.11 Analisis Lereng menerus tanpa rembesan.....                         | 30 |
| Gambar 2.12 Analisis Lereng menerus dengan rembesan .....                       | 32 |
| Gambar 2.13 Pemasangan Geotekstil pada Timbunan .....                           | 24 |
| Gambar 3.1 Lokasi penelitian Proyek Jalan Tol Cisumdawu .....                   | 38 |
| Gambar 3.2 Flowchart tahapan penelitian .....                                   | 42 |
| Gambar 4.1 Pemodelan Timbunan Tanpa Perkuatan Pada STA 50+975 .....             | 60 |
| Gambar 4.2 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 1 Tanpa Perkuatan.....           | 61 |
| Gambar 4.3 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 2 Tanpa Perkuatan.....           | 61 |
| Gambar 4.4 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 3 Tanpa Perkuatan.....           | 61 |
| Gambar 4.5 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 4 Tanpa Perkuatan.....           | 62 |
| Gambar 4.6 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 5 Tanpa Perkuatan.....           | 62 |
| Gambar 4.7 Pemodelan STA 50+975 Beban Kendaraan Tanpa Perkuatan.....            | 62 |
| Gambar 4.8 Pemodelan STA 50+975 Kondisi Gempa Tanpa Perkuatan .....             | 63 |
| Gambar 4.9 Pemodelan STA 50+975 Analisis Penurunan Tanpa Perkuatan .....        | 63 |
| Gambar 4.10 Grafik Penurunan Timbunan Tanpa Perkuatan.....                      | 63 |
| Gambar 4.11 Pemodelan Timbunan STA 50+975 Dengan Perkuatan .....                | 64 |
| Gambar 4.12 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 1 Dengan Perkuatan ...          | 65 |
| Gambar 4.13 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 2 Dengan Perkuatan ...          | 65 |
| Gambar 4.14 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 3 Dengan Perkuatan ...          | 65 |
| Gambar 4.15 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 4 Dengan Perkuatan ...          | 66 |

Gambar 4.16 Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 5 Dengan Perkuatan ... 66  
Gambar 4.17 Pemodelan STA 50+975 Beban Kendaraan Dengan Perkuatan ..... 66  
Gambar 4.18 Pemodelan STA 50+975 Kondisi Gempa Dengan Perkuatan..... 67  
Gambar 4.19 Pemodelan STA 50+975 Analisis Penurunan Dengan Perkuatan... 67  
Gambar 4.20 Grafik Penurunan Timbunan Dengan Perkuatan ..... 67

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Rentang nilai umum berat jenis untuk berbagai jenis tanah .....   | 21 |
| Tabel 2.2 Variasi korelasi N-SPT dengan cu tanah lempung (Terzaghi dan Peck, 1967).....   | 22 |
| Tabel 2.3 Rentang nilai umum kohesi berdasarkan tingkat kekerasan tanah .....   | 12 |
| Tabel 2.4 Syarat derajat daya bertahan (survivability), AASHTO M 288-06 .....   | 40 |
| Tabel 2.5 Persyaratan Kekuatan Geotekstil (AASHTO M 288-06) .....   | 40 |
| Tabel 3.1 Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng (van Zuidam, 1985).....   | 50 |
| Tabel 4.1 Lokasi, kedalaman dan elevasi muka air tanah pada titik penyelidikan Seksi V (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu)..... | 54 |
| Tabel 4.2 Kategori jenis tanah berdasarkan penyelidikan tanah Seksi V Cisumdawu (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu) .....       | 55 |
| Tabel 4.3 Kelas situs tanah (SNI-1726-2012) (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu) .....   | 56 |
| Tabel 4.4 Perhitungan nilai N-SPT rata-rata dan penentuan kelas situs (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu).....                  | 56 |
| Tabel 4.5 PGA, Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata Geometerik (MCEG) (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu) .....        | 57 |
| Tabel 4.6 Faktor keamanan minimum untuk lereng timbunan .....   | 58 |
| Tabel 4.7 Data parameter tanah .....  | 58 |
| Tabel 4.8. Faktor Keamanan Tanpa perkuatan .....  | 60 |
| Tabel 4.9. Faktor Keamanan Dengan Perkuatan.....  | 64 |
| Tabel 4.10 Dimensi DPT.....   | 68 |
| Tabel 4.11 Koordinat Titik Berat DPT .....  | 68 |
| Tabel 4.12 Parameter Tanah Timbunan dan Dasar.....  | 68 |
| Tabel 4.13 Stabilitas Geser .....   | 69 |
| Tabel 4.14 Stabilitas Guling.....   | 69 |
| Tabel 4.15 Daya Dukung DPT.....   | 69 |
| Tabel 4.16 Rekapitulasi Hasil Analisis Faktor Keamanan .....  | 70 |
| Tabel 4.17 Rekapitulasi Hasil Analisis Penurunan.....   | 70 |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangunan infrastruktur tidak dapat dipungkiri dapat mendorong kemajuan dari segi perekonomian, sosial maupun budaya. Dalam segi pertumbuhan ekonomi sendiri akan memberikan pengaruh terhadap investasi. Investasi pembangunan infrastruktur jalan nilai sebagai salah satu instrumen kebijakan untuk pembangunan ekonomi atau pengembangan regional, maka perlu dipertimbangkan investasi tersebut sebagai strategi aktif. Strategi aktif sebagai strategi yang di dalam pembangunannya dapat mengundang peran serta tidak hanya pemerintah tetapi juga investor swasta.

Salah satu infrastruktur yang saat ini masuk dalam proyek strategis nasional yaitu jalan tol, merupakan fokus pemerintah yang bertujuan untuk memperlancar aksesibilitas jalan untuk orang maupun barang, memperlancar perekonomian pada kawasan tertentu, serta mendukung pengembangan wilayah sehingga terciptanya pemerataan melalui partisipasi pengguna jalan.

Dalam penyelenggaraannya Pendanaan perusahaan jalan tol berasal dari Pemerintah atau Badan Usaha yang memenuhi persyaratan berdasarkan kelayakan ekonomi dan finansial. Serta dalam keadaan tertentu yang menyebabkan pengembangan jaringan jalan tol tidak dapat diwujudkan oleh badan usaha pemerintah dapat mengambil langkah sesuai kewenangan yang diatur dalam perundang – undangan. Rencannya dimasa yang akan datang pemerintah dalam pendanaan akan menyiapkan 3 (tiga) skema pendekatan yaitu dengan pembiayaan penuh oleh swasta, program kerja sama swasta-publik (Public Private Partnership) serta pembiayaan pembangunan dengan operasi – pemeliharaan oleh swasta.

Pembangunan Jalan tol Cileunyi Sumedang Dawuan atau yang lebih populer Cisumdawu merupakan salah satu jalan tol yang berada diwilayah administrasi Jawa Barat sepanjang sekitar 62,60 KM yang menghubungkan Bandung, Sumedang, dan Majalengka yang kemudian akan terkoneksi dengan jalan tol Cikopo Palimanan. Dalam konstruksinya jalan tol ini dibagi menjadi 2 (dua) bagian pekerjaan dengan dukungan pemerintah dan konsorsium, sepanjang 28,50



KM pada seksi I sampai seksi II dikerjakan oleh pemerintah serta sepanjang 32,60 KM pada seksi III sampai seksi VI dikerjakan oleh konsorsium dalam bentuk badan usaha jalan tol PT. Citra Karya Jabar Tol yang terikat dalam Perjanjian Pengusahaan Jalan Tol.

Pekerjaan perencanaan desain jalan tol Cisumdawu seksi V yang dimulai dari STA 38+050 – STA 53+950 merupakan salah satu proyek yang bertujuan untuk meningkatkan aksesibilitas dan konektivitas serta meningkatkan kapasitas jaringan jalan di Jawa Barat khususnya daerah Cileunyi – Sumedang – Dawuan. Berkaitan dengan perencanaan tersebut, dibutuhkan adanya perhitungan yang matang salah satunya penyelidikan tanah serta Analisis desain dalam bidang geoteknik sehingga diharapkan desain yang aman, efektif serta ekonomis dapat tercapai.



**Gambar 1.1 Jalur Tol Cisumdawu Dan Peta Kerentanan Tanah**  
(Sumber : Data Internal PT. Citra Karya Jabar Tol)

Dari gambar diatas dapat diidentifikasi permasalahan geoteknik yakni :

1. Lokasi trase pada lapisan/lempeng Subang yang kemungkinan besar terdapat tanah jenis Clay Shale.
2. Lokasi trase pada jalur kerentanan tanah sedang hingga tinggi dimana pergerakan tanah sangat mungkin terjadi.
3. Terdapat galian dan timbunan cukup tinggi berkisar antara 5 – 50 m.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Ada beberapa masalah yang dirumuskan pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana penanganan lereng timbunan tinggi yang elevasi dasar timbunannya tidak sama tinggi ?
2. Bagaimana tahapan analisis stabilitas lereng dengan pemodelan plaxis 2D ?
3. Berapakah kenaikan nilai faktor keamanan lereng timbunan setelah dilakukan perkuatan dengan geotextile ?
4. Bagaimana pengaruh perkuatan lereng timbunan dengan geotextile ?

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini, antara lain:

1. Memahami dan dapat merancang perencanaan pembangunan infrastruktur jalan serta penanganan lereng timbunan tinggi yang elevasi dasar timbunannya tidak sama tinggi.
2. Mengetahui tahapan analisis stabilitas lereng dengan pemodelan plaxis 2D
3. Menganalisis stabilitas lereng timbunan asli tanpa perkuatan dengan pemodelan plaxis 2D
4. Menganalisis stabilitas lereng timbunan dengan perkuatan geotextile menggunakan pemodelan Plaxis 2D
5. Menganalisis pengaruh perkuatan lereng timbunan dengan geotextile.

## **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kestabilan lereng timbunan di STA 50 + 975 pada Proyek Pembangunan Jalan Tol CISUMDAWU
2. Deskripsi mengenai Geotextile sebagai Metode Perkuatan lereng yang digunakan dalam Penelitian ini
3. Analisis stabilitas lereng dengan pemodelan Plaxis 2D
4. Data tanah yang digunakan yaitu dari penyelidikan tanah pada proyek pembangunan Jalan Tol CISUMDAWU di STA 50 + 875

## 1.5 Sistematika Penulisan

Dalam membuat penulisan Tugas Akhir ini, penulis membuat sebuah kerangka sistematika penulisan sebagai acuan untuk mempermudah dalam pembahasan pokok-pokok bahasan dalam laporan ini.

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir ini, yaitu sebagai berikut.

### BAB I : PENDAHULUAN

Pada Bab ini di bahas tentang Latar Belakang, Maksud dan Tujuan Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab ini dijelaskan mengenai Stabilitas Lereng (*Slope Stability*), Metode Penyelidikan Tanah, Metode Geotextile, dan Pemodelan dengan Plaxis 2D.

### BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini di jelaskan tentang Tinjauan Umum, Lokasi Penelitian, Tahapan Penelitian, Metode Pengumpulan Data, dan Bagan Alur Penelitian.

### BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai Tinjauan Umum dan Kondisi Geoteknik, Kriteria Faktor Keamanan, Data Parameter Tanah Dan Beban, Analisis Stabilitas Lereng Dan Rekapitulasi Hasil Penanganan.

### BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini di jelaskan tentang Kesimpulan Dan Saran dari hasil penelitian ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Metode Penyelidikan Tanah dan Korelasinya**

##### **2.1.1 Umum**

Pekerjaan penyelidikan tanah yang dilaksanakan secara umum terbagi menjadi dua bagian, yaitu pengujian lapangan dan pengujian laboratorium. Metode pelaksanaan dua pengujian tersebut berdasarkan standar dan panduan yang dikeluarkan oleh *American Society of Testing Material (ASTM)* dan *British Standard (BS)*.

##### **2.1.2 Pengujian di Lapangan**

Berikut ini jenis dan volume penyelidikan geoteknik yang dilakukan :

###### **2.1.2.1 Pemboran Geoteknik (ASTM D1452) (SNI 2436)**

Pemboran teknik ini dimaksudkan untuk mendapatkan informasi lapisan dan jenis batuan atau tanah yang berada dibawah permukaan serta tingkat kekerasannya. Alat bor yang digunakan yaitu bor mesin hidrolik yang dilengkapi dengan mata bor (*Chopping bit*) dengan tipe *tungsten (steel) bit* dan stang bor (*drilling rods*) berdiameter 2½". Selama pemboran berlangsung, digunakan *casing* dengan diameter luar (OD) 89 mm, bor master akan selalu memperhatikan tanah yang keluar dari lubang bor, kemudian mencatat kedalaman, jenis, warna, material yang terkandung dan sebagainya.

Pada kegiatan pemboran ini dilakukan pula pengambilan sampel tak terganggu (*Undisturbed Sample*) dan terganggu (*Disturbed Sampel*) serta pengujian SPT (*Standard Penetration Test*). Sampel tak terganggu akan digunakan untuk pengujian dilaboratorium, sedangkan sampel terganggu umumnya digunakan untuk mengidentifikasi jenis dan susunan lapisan tanah secara visual. Selanjutnya hasil dari pemboran ini dinyatakan kedalam "Bor Log", yang berisi informasi mengenai : nomor test, kedalaman, jenis dan lapisan tanah, kedalaman muka air tanah, nilai SPT, dan lainnya.

### **2.1.2.2 Pengambilan UDS (ASTM D1587) (SNI 6802)**

Pengambilan sampel UDS dilakukan dengan menggunakan tabung baja tipis (*thin wall shelby tube*) yang digerakan secara manual. Ukuran tabung tersebut yaitu berdiameter luar 3” dan diameter dalam 2,875” dan panjangnya antara 50 cm s/d 70 cm. Kedua ujung tabung (berisi contoh tanah) ditutup dengan parafin agar kadar air dan struktur asli dari contoh tanah tidak terganggu. Jarak dan jumlah pengambilan sample antara dua contoh atau lebih ditentukan berdasarkan tujuan dan perbedaan lapisan serta karakteristik lapisan tanah. Umumnya pengambilan undisturbed sample dilakukan pada lapisan tanah bersifat lunak sampai sedang.

### **2.1.2.3 Standard Penetration Test, SPT (ASTM D1586) (SNI 4153)**

SPT adalah pengujian yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan lapisan tanah pada kedalaman yang telah ditentukan. Secara umum pelaksanaan SPT ini yaitu dengan menghitung jumlah tumbukan dari alat penumbuk, untuk memasukkan “sampling spons” khusus kedalaman tanah sedalam 45 cm, dicatat jumlah tumbukan setiap 3 x 15 cm penetrasi. Sampling spons khusus tersebut berupa tabung pengambilan contoh standard yang dapat dibelah atau tabung pengambil contoh standard yang utuh. Ukuran dari pengambil contoh ini adalah dengan diameter luar 2 “, diameter dalam 1,50”, panjang 24”.

Batang penumbuk dipakai adalah batang bor ukuran A dengan berat penumbuk adalah 63,50 kg dengan tinggi jatuh bebas adalah 0,762 m. Pengambil contoh tanah disambungkan pada ujung batang penumbuk dan diturunkan sampai dasar lubang bor pada kedalaman yang benar. Alat penumbuk dilepaskan bebas terhadap ujung atas batang penumbuk diulang-ulang, sampai turun 15 cm, jumlah tumbukan dicatat. Proses ini diulang untuk kedalaman 2 x 15 cm berikutnya. Perlawanan penetrasi atau harga SPT adalah jumlah tumbukan untuk kedalaman 2 x 15 cm yang terakhir, yang dinamakan sebagai N. Pengujian Standard Penetration Test (SPT) dilakukan pada lubang bor setiap interval 1.50 meter.

### **2.1.2.4 Litologi Tanah**

Litologi tanah atau pendeskripsian tanah hasil pemboran dilakukan oleh bor master yang kemudian dicek dan dilogging kembali oleh tenaga ahli dari bidang geologi. Pendeskripsian tersebut bertujuan untuk menentukan jenis (macam) lapisan tanah/batuan, konsistensi, sifat, dan warna. Sedangkan klasifikasi tanah dilakukan berdasarkan standar USCS (Unified Soil Classification System).

### **2.1.3 Pengujian di Laboratorium**

#### **2.1.3.1 Pengujian Index Properties**

##### **a. Water content dan Density (BS 1377) (SNI 1965)**

Water Content (kadar air) adalah persentase jumlah air yang terdapat dalam pori tanah. Pengujian ini dilakukan dengan memasukan sampel tanah tak terganggu (undisturbed sample) kedalam oven dengan suhu  $105^{\circ} - 110^{\circ}\text{C}$ . Berat tanah sebelum dan sesudah dimasukan ke dalam oven ditimbang, dan kemudian dicari berat air dan berat kering tanahnya. Perbandingan antara berat air ( $m_w$ ) dan berat kering tanah ( $m_d$ ) disebut kadar air.

$$W_n = \frac{m_w}{m_d} \times 100 \%$$

Density (berat isi) adalah kepadatan tanah yang dapat diketahui dari perbandingan masa tanah dengan volumenya. Pengujian ini dilakukan dengan memasukan sampel tanah tak terganggu kedalam ring gamma kemudian ditimbang agar dapat diketahui berapa beratnya. Selanjutnya dibandingkan dengan volume ring gamma agar dapat diketahui berapa berat isi tanah per satuan volumenya.

$$\gamma_n = \frac{m}{V} \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

##### **b. Specific Gravity (ASTM D854) (SNI 1964)**

Penentuan berat jenis butir tanah dilakukan dengan menggunakan botol khusus bervolume 50 cc sampai 500 cc, pertama-tama perlu diketahui berat botol yang diisi dengan air suling/aquades hingga batas kalibrasinya sehingga berat volume air dapat ditentukan, proses ini dimaksudkan untuk kalibrasi botol uji yang digunakan. Setelah selesai, botol dikosongkan kembali dan kemudian botol diisi dengan air suling (sekitar  $\frac{1}{4}$  volume botol) dicampur dengan 40 gr contoh tanah kering dipanaskan selama 10 menit sehingga udara yang terkandung dalam tanah dapat keluar. Setelah itu botol uji diisi dengan air suling hingga batas kalibrasi dan ditimbang, berat volume dan berat butir-butir tanah tersebut dapat dihitung dengan basis suhu  $20^{\circ}\text{C}$ .

##### **c. Distribusi Ukuran Butir (ASTM D422) (SNI 3423)**

Distribusi ukuran butiran tanah dapat dilaksanakan dengan Analisis saringan, Analisis hidrometer, atau keduanya. Presentasi dari berbagai ukuran butir yang melebihi 75 mikron ditentukan berdasarkan satu set saringan standard yang

digerakkan secara horizontal maupun vertikal dalam alat penggoyang saringan (*sieve shaker*). Saringan yang digunakan sesuai dengan US No. 4, 10, 20, 40, 80, 100 dan 200. Apabila ada butir-butir yang lebih kecil dari 75 mikron dalam jumlah yang cukup banyak, percobaan saringan ini dilengkapi dengan Analisis hidrometer dimana contoh tanah dicampur dengan air dan diaduk selama  $\pm 15$  menit.

Untuk mencegah penggumpalan butir-butir diberikan larutan additive, kekentalan “bubur“ tanah dan air diukur pada waktu-waktu tertentu, sehingga pembagian ukuran dari butir-butir yang mengendap dapat ditentukan.

#### **d. Batas-batas Atterberg (ASTM D423 dan D424) (SNI 3422)**

Percobaan penentuan batas-batas Atterberg dapat dilakukan pada contoh tanah yang kohesif setelah dikeringkan dan dipisah-pisahkan dari ukuran-ukuran tertentu dan disaring melalui saringan 425  $\mu\text{m}$ , contoh tanah dicampur dengan air suling dalam kuantitas yang berbeda-beda. Batas cair (wL) dan batas plastis (wp) tanah tersebut ditentukan sesuai dengan ASTM D423 dan D424.

### **2.1.3.2 Pengujian Engineering Properties**

#### **a. Pengujian Kuat Tekan Bebas (ASTM D2166) (SNI 3638)**

Pengujian kuat tekan bebas dilakukan pada contoh tanah berdiameter  $\pm 3,5$  cm dan tinggi  $\pm 7$  cm. Percobaan ini tidak dapat dilakukan pada tanah berbutir kasar/non kohesif atau pada tanah lempung dan lanau yang terlalu lembek untuk berdiri di dalam mesin karena sudah runtuh sebelum beban diberikan. Adapun percobaan ini dilakukan baik pada contoh tanah asli maupun terganggu dengan peralatan yang dapat mengontrol perubahan bentuk (strain-rate 1%/menit) untuk dapat dihitung tegangan pada saat longsornya. Nilai kepekaan tanah ( $S_t$ ) ialah perbandingan tegangan kekuatan geser (tekanan longsor tanah) pada keadaan asli dan keadaan terganggu (*remolded*).

#### **b. Pengujian Triaxial UU (ASTM D2850) (SNI 4813)**

Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan parameter kuat geser tanah *undrained*, yaitu kohesi ( $c_u$ ) dan sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ). Untuk pengujian triaxial UU (unconsolidated undrained), pengujian geser (*axial stress*) dapat langsung dilakukan jika sample merupakan undisturbed sample. Pengujian geser dilakukan dengan rasio peningkatan tekanan keliling (LIR) sebesar satu (1).



Parameter kuat geser seperti kohesi ( $c_u$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ), diperlukan Analisis perhitungan kestabilan lereng dan perhitungan daya dukung tanah.

**c. Pengujian konsolidasi (ASTM D2435) (SNI 2812)**

Parameter konsolidasi dan pemampatan tanah dapat ditentukan dengan melakukan pengujian Oedometer yang sering disebut sebagai pengujian pemampatan satu dimensi atau pengujian konsolidasi. Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh grafik hubungan antara beban dan penurunannya sesuai dengan spesifikasi yang diberikan oleh T.W. Lambe dalam Buku “*Soil Testing for Engineers*” (John Willey and Sons, New York cetakan ke VI, 1960). Parameter konsolidasi seperti  $CC$  dan  $CS$  dapat diperoleh dari grafik-grafik ini untuk setiap peningkatan beban, koefisien konsolidasi  $CV$  dapat ditentukan dari grafik hubungan waktu dengan penurunannya. Nilai  $CV$  ditentukan sesuai dengan metoda “*Square Root of Time Fitting*” dari D.W. Taylor. Grafik penurunan dinyatakan dalam bentuk hubungan antara angka pori dengan tekanannya yang digambarkan pada grafik semi logaritmis.

**d. Compaction (ASTM D698, ASTM D1557) (SNI 2832)**

Pengujian kompaksi (compaction) bertujuan untuk mencari nilai maximum dry density (MDD) dan nilai optimum moisture content (OMC). Secara garis besar, metode pengujian kompaksi dilakukan dengan menggunakan mold dan proctor yang sesuai dengan ASTM D698 (*standard compaction*) atau ASTM D1557 (*modified compaction*). Sample tanah dimasukkan kedalam mold dan kemudian ditumbuk menggunakan proctor. Jumlah layer tanah yang dimasukkan ke dalam mold dan jumlah tumbukan yang diberikan ditentukan berdasarkan ASTM D698 atau ASTM 1557.

**e. California Bearing Ratio, CBR (ASTM D1883) (SNI 1744) (SNI 1738)**

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai kekuatan tanah dasar yang digunakan untuk perkerasan jalan pada sampel tanah yang telah dipadatkan. Nilai kekuatan tanah dasar ini dinamakan CBR. Secara umum, pengujian ini lakukan dengan memadatkan tanah pada nilai OMC nya. Tiga sampel dibutuhkan untuk pengujian ini, tiap sampel diberikan jumlah tumbukan yang berbeda seperti yang ditentukan pada ASTM D1883. Setelah itu tiga sampel tanah tadi direndam di dalam air semalaman (untuk tipe CBR Soaked), dan kemudian di uji penetrasi



menggunakan alat tekan CBR. Hasil yang didapat adalah grafik hubungan antara beban dan kedalaman penetrasi, dari grafik tersebut didapat nilai CBR tiap sampel uji. Kemudian nilai CBR tersebut dibandingkan dengan nilai maximum dry density (MDD), untuk kemudian diperoleh nilai CBR desainnya.

#### 2.1.4 Interpretasi Parameter Tanah Menggunakan Korelasi Empiris

Dari hasil penyelidikan tanah di lapangan maupun di laboratorium didapatkan nilai-nilai parameter tanah. Nilai-nilai tersebut kemudian diolah dan diinterpretasikan sehingga menghasilkan parameter desain tanah yang siap pakai dan dapat dijadikan acuan dalam Analisis desain. Dalam proses pengolahan dan interpretasi tersebut, selain dari hasil uji laboratorium, juga banyak digunakan korelasi empiris antara parameter tanah. Hal ini dilakukan mengingat sering terjadi bias pada hasil uji laboratorium akibat human error saat pengambilan sampel maupun pengujian di laboratorium, juga mengingat adanya gangguan pada saat transportasi sample dari lapangan ke laboratorium.

##### 2.1.4.1 Parameter Berat Jenis Tanah

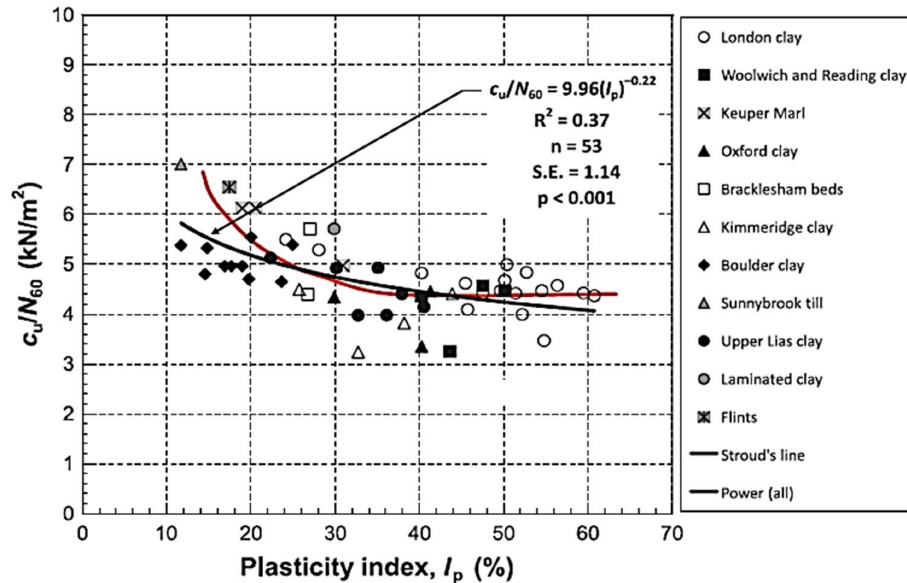
Nilai berat jenis tanah bisa didapatkan dari tabel rentang nilai umum yang ditampilkan di bawah ini.

**Tabel 2.1 Rentang Nilai Umum Berat Jenis Untuk Berbagai Jenis Tanah**

| Soil type                    | Consistency        | $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> ) |
|------------------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Gravel with low sand content | Loose              | 16                              | 19                                  | 9                              |
|                              | Medium - Dense     | 18                              | 20                                  | 10                             |
|                              | Dense - Very dense | 19                              | 21                                  | 11                             |
| Well graded sandy gravel     | Loose              | 18                              | 20                                  | 10                             |
|                              | Medium - Dense     | 19                              | 21                                  | 11                             |
|                              | Dense - Very dense | 20                              | 22                                  | 12                             |
| Clayey sandy gravel          | Loose              | 18                              | 20                                  | 10                             |
|                              | Medium - Dense     | 19                              | 21                                  | 11                             |
|                              | Dense - Very dense | 21                              | 22                                  | 12                             |
| Coarse to fine sand          | Loose              | 17                              | 20                                  | 10                             |
|                              | Medium - Dense     | 20                              | 21                                  | 11                             |
|                              | Dense - Very dense | 21                              | 22                                  | 12                             |
| Fine and silty sand          | Loose              | 15                              | 17                                  | 7                              |
|                              | Medium - Dense     | 17                              | 19                                  | 9                              |
|                              | Dense - Very dense | 19                              | 21                                  | 11                             |
| Plastic clay                 | Soft               | 16                              | 19                                  | 9                              |
|                              | Firm               | 17.5                            | 20                                  | 10                             |
|                              | Stiff              | 18                              | 21                                  | 11                             |
| Slightly plastic clay        | Soft               | 17                              | 20                                  | 10                             |
|                              | Firm               | 18                              | 21                                  | 11                             |
|                              | Stiff              | 21                              | 22                                  | 12                             |
| Glacial till                 | Stiff              | 20                              | 23                                  | 13                             |
| Organic clay                 |                    | 14                              | 17                                  | 7                              |
| Peat                         |                    | 10.5                            | 14                                  | 4                              |

### 2.1.4.2 Parameter Kuat Geser Undrained

Parameter kuat geser tanah kondisi undrained dapat diperkirakan menggunakan persamaan dari Stroud (1974), dimana :  $S_u = 9.96 PI^{-0.22} (N)_{60}$



Gambar 2.1 Korelasi Empiris Antara  $S_u$ ,  $N_{60}$  Dan  $PI$  (Stroud 1974)

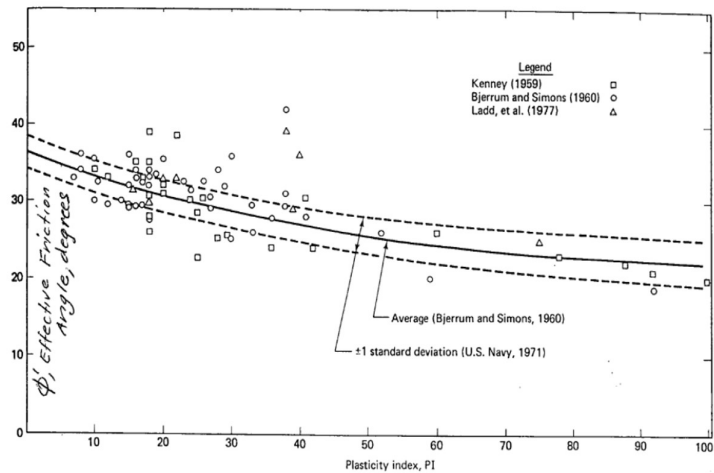
Terzaghi dan Peck (1967) memberikan hubungan variasi nilai N-SPT dengan nilai kohesi tak terdrainasi ( $c_u$ ) pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Variasi Korelasi N-SPT Dengan  $c_u$  Tanah Lempung (Terzaghi Dan Peck, 1967)

| Konsistensi  | $N$   | $c_u$ ( $kN/m^2$ ) |
|--------------|-------|--------------------|
| Sangat lunak | 0-2   | <12                |
| Lunak        | 2-4   | 12-25              |
| Sedang       | 4-8   | 25-50              |
| Kaku         | 8-15  | 50-100             |
| Sangat kaku  | 15-30 | 100-200            |
| Keras        | >30   | >200               |

### 2.1.4.3 Parameter Kuat Geser Drained

Parameter kuat geser drained yaitu kohesi efektif  $c'$  dan sudut geser dalam efektif  $\phi'$  dapat diperkirakan dari nilai rentang umum serta korelasi empiris sebagai berikut.



**Gambar 2.2 Grafik Korelasi Antara PI Dan  $\phi'$  Pada Tanah Kohesif (Bjerrum And Simmons, 1960)**

**Tabel 2.3 Rentang Nilai Umum Kohesi Berdasarkan Tingkat Kekerasan Tanah (Wesley, 2016)**

| Type of Soil       | Cohesion (kPa) |
|--------------------|----------------|
| Soft clay          | 0 - 10         |
| Firm to stiff clay | 10 - 25        |
| Stiff to hard clay | 25 - 100       |
| Cemented soil      | 100 - 500      |
| Compacted clay     | 12 - 25        |
| Root & vegetation  | 2 - 20         |

#### 2.1.4.4 Parameter Tegangan Prakonsolidasi dan OCR

Parameter tegangan prakonsolidasi  $\sigma'_c$  pada tanah kohesif diperkirakan berdasarkan persamaan yang diadopsi dari US Navy (1982) sebagai berikut :

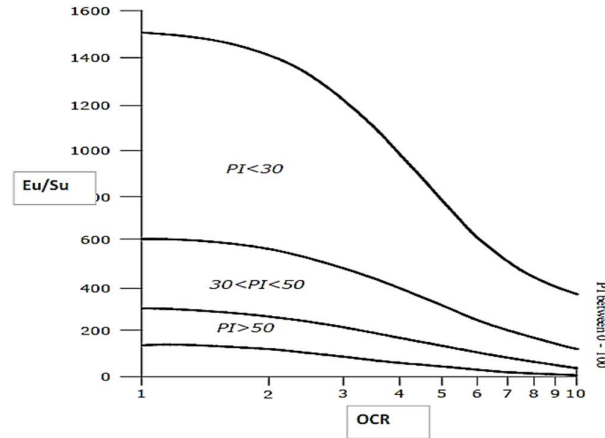
$$\sigma'_c = \frac{Su}{0.11 + 0.0037PI}$$

Sementara nilai OCR kemudian bisa dihitung dengan persamaan

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_{vo}} \text{ dimana } \sigma'_{vo} \text{ adalah tegangan vertikal efektif.}$$

### 2.1.4.5 Parameter Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas tanah kondisi undrained  $E_u$  pada tanah kohesif menggunakan persamaan empiris dari Duncan & Buchignani (1976).



Gambar 2.3 Grafik Korelasi Antara  $E_u$ ,  $S_u$ ,  $PI$  Dan  $OCR$

Sementara untuk modulus elastisitas tanah kohesif kondisi drained dapat diperkirakan menggunakan korelasi sebagai berikut :

$$E' = 0,67E_u$$

Untuk modulus elastisitas pada tanah granular digunakan korelasi sebagai berikut :

$$E = 7000\sqrt{(N)_{60}}$$

## 2.2 Definisi Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar lereng.

### 2.2.1 Klasifikasi Kelongsoran

Pengertian longsor (*landslide*) dengan gerakan tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan sehingga untuk memberikan definisi longsor perlu penjelasan keduanya. Gerakan tanah ialah perpindahan massa tanah atau batu pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Gerakan tanah mencakup gerak rayapan dan aliran maupun longsor.

Ada beberapa jenis bentuk kelongsoran diantaranya Longsor Translasi, Longsor Rotasi, Pergerakan Blok, Runtuhan Batu, Rayapan Tanah, dan Aliran Bahan Rombakan. Di Indonesia jenis longsor yang paling sering terjadi adalah longsor translasi dan longsor rotasi dan jenis tanah longsor yang paling banyak memakan korban jiwa adalah aliran bahan rombakan.

### 1. Longsor Translasi

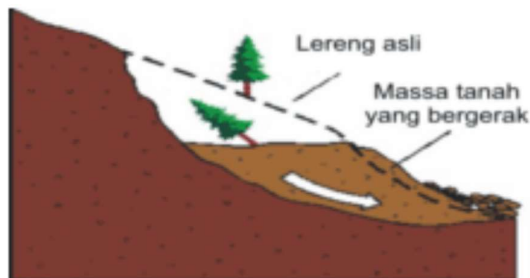
Longsor ini terjadi karena bergerak massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.



Gambar 2.4 Bentuk Longsor Translasi

### 2. Longsor Rotasi

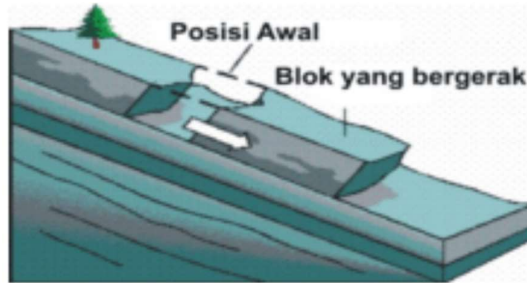
Longsor ini muncul akibat bergerak massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.



Gambar 2.5 Bentuk Longsor Rotasi

### 3. Pergerakan Blok

Pergerakan blok terjadi karena perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsor jenis ini disebut juga longsor translasi blok batu.



**Gambar 2.6 Bentuk Pergerakan Blok**

#### **4. Runtuhan Batu**

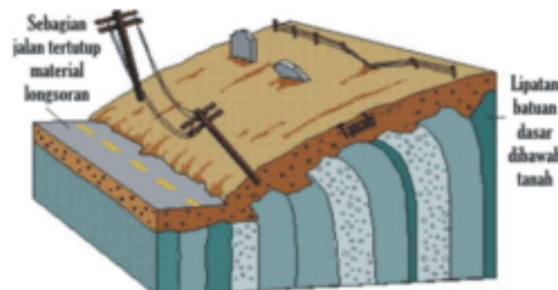
Runtuhan batu terjadi saat sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Biasanya longsor ini terjadi pada lereng yang terjal sampai menggantung, terutama didaerah pantai, runtuhan batu-batu besar dapat menyebabkan kerusakan parah.



**Gambar 2.7 Bentuk Runtuhan Batu**

#### **5. Rayapan Tanah**

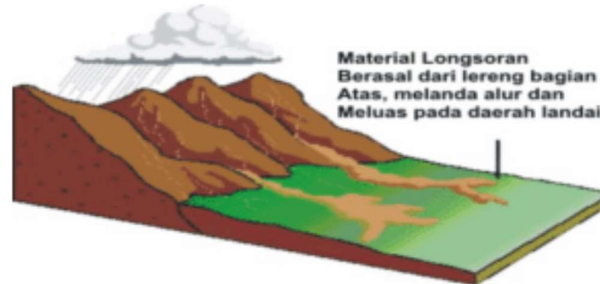
Longsor ini bergerak lambat serta jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus, longsor ini hampir tidak dapat dikenali, setelah beberapa lama terjadi longsor jenis rayapan tanah posisi tiang-tiang listrik, pohon-pohon, dan rumah akan miring ke bawah.



**Gambar 2.8 Bentuk Rayapan Tanah**

## 6. Aliran Bahan Rombakan

Longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air dan terjadi disepanjang lembah yang mencapai ratusan meter jauhnya, kecepatan bergantung pada kemiringan lereng, volume air, tekanan air, dan jenis materialnya.



**Gambar 2.9 Bentuk Aliran Bahan Rombakan**

### 2.2.2 Faktor Penyebab Kelongsoran Lereng

Faktor penyebab kelongsoran lereng diantaranya adalah (Highway Research Board 1987) :

1. Berkurangnya kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran akibat :
  - a. Erosi, baik yang disebabkan oleh aliran air sungai, hujan maupun perbedaan suhu yang sangat drastis
  - b. Pergerakan alami dari lereng akibat pergeseran bidang longsor maupun akibat penurunan (settlement)
  - c. Aktivitas manusia, antara lain :
    - Penggalian dasar lereng yang dapat mempertajam sudut kemiringan lereng
    - Pergeseran/perusakan terhadap struktur penahan tanah yang ada
    - Penurunan seketika muka air diluar bendungan
    - Penggundulan tanaman pada muka lereng
2. Bertambahnya kekuatan dorong pada lereng akibat :
  - a. Kondisi alam, seperti :
    - Peningkatan berat volume tanah akibat pengaruh air hujan
    - Akumulasi sedimen diatas lereng
  - b. Aktivitas manusia, seperti :
    - Pengurugan tanah diatas lereng
    - Pembangunan gedung dan sejenisnya disekitar lereng
  - c. Gempa atau sumber getaran yang lain

- d. Pemindahan material disekeliling dasar akibat :
  - Aliran sungai maupun gelombang laut
  - Terjadinya peristiwa piping
  - Aktivitas manusia seperti penggalian dan penebangan
  - Hilangnya kekuatan geser tanah disekeliling dasar lereng
- e. Timbulnya tekanan tanah lateral akibat :
  - Retakan-retakan tanah
  - Beban yang bekerja disekitar muka lereng
  - Mengembangnya tanah lempung

### **2.2.3 Penanggulangan Longsoran**

Penanggulangan longsoran lereng yang dilakukan bersifat pencegahan sebelum longsor terjadi pada daerah potensial dan stabilisasi, setelah longsor terjadi jika belum runtuh total. Penanggulangan yang tepat pada kedua kondisi diatas dengan memperhatikan penyebab utama longsor, kondisi pelapisan tanah dan juga aspek geologinya.

Langkah yang umum dalam menangani longsor antara lain: pemetaan geologi topografi daerah yang longsor, pemboran untuk mengetahui bentuk pelapisan tanah/batuan dan bidang gelincirnya, pemasangan piezometer untuk mengetahui muka air atau tekanan air porinya, dan pemasangan slope indicator untuk mencari bidang geser yang terjadi. Selain itu dilakukan pula pengambilan tanah tidak terganggu, terutama pada bidang geser untuk dipelajari besar kekuatan tahanan gesernya. Ada beberapa cara untuk menstabilkan lereng yang berpotensi terjadi kelongsoran.

Pada prinsipnya ada dua cara yang dapat digunakan untuk menstabilkan suatu lereng, yaitu:

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Gaya atau momen penyebab longsor dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng, yaitu dengan cara :
  - a. Merubah lereng lebih datar atau memperkecil sudut kemiringan
  - b. Memperkecil ketinggian lereng
  - c. Merubah lereng menjadi lereng bertingkat (multi slope)



2. Memperbesar gaya lawan atau momen penahan longsor. Gaya lawan atau momen penahan longsor dapat diperbesar dengan beberapa cara yaitu :
  - a. Menggunakan counter weight yaitu tanah timbunan pada kaki lereng. Cara ini mudah dilaksanakan asalkan terdapat tempat dikaki lereng untuk tanah timbunan tersebut.
  - b. Mengurangi air pori didalam lereng
  - c. Cara mekanis yaitu dengan memasang tiang pancang atau dinding penahan tanah.

Menurut Hardiyatmo (2003) metode perbaikan stabilitas lereng dibagi menjadi tiga kategori yaitu sebagai berikut :

1. Metode kimia dan mekanis yaitu dengan cara grouting semen untuk menambah kuas geser tanah pada metode mekanis atau menambahkan bahan tertentu ke dalam tanah pada metode kimia.
2. Metode geometri merupakan metode dengan cara geometri lereng menjadi lebih landai.
3. Metode hidrologi merupakan metode dengan tujuan menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada.

### 2.3 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng merupakan suatu analisis guna memeriksa keamanan lereng alamiah, lereng galian maupun lereng timbunan. Faktor yang perlu dilakukan pemeriksaan adalah menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan retak yang paling kritis dengan kekuatan geser tanah yang bersangkutan, hasil perbandingan dari kedua parameter tersebut dinamakan angka keamanan. Umumnya angka keamanan didefinisikan sebagai (Das 1985):

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

dimana :

- $F_s$  = angka keamanan terhadap kekuatan tanah.  
 $\tau_f$  = kekuatan geser rata-rata dari tanah.  
 $\tau_d$  = Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor.



Kekuatan geser tanah dapat diketahui melalui persamaan (Das 1985) :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

dimana :

$\tau_f$  = kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran

$c$  = kohesi tanah penahan

$\phi$  = sudut geser tanah

$\sigma$  = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor.

Dengan menganggap bahwa tekanan air pori adalah nol, maka dilakukan evaluasi angka keamanan terhadap kemungkinan kelongsoran lereng sepanjang bidang AB yang terletak pada kedalaman H dibawah permukaan tanah. Hasilnya, keruntuhan lereng dapat terjadi karena pergerakan tanah diatas bidang AB dari kanan ke kiri. Dapat diperhatikan bahwa elemen lereng abcd, mempunyai satu satuan tebal tegak lurus terhadap bidang gambar. Gaya F yang bekerja pada bidang ab dan cd adalah sama besar dan berlawanan arah oleh karena itu gaya tersebut dapat diabaikan. Berat elemen tanah yang ditinjau adalah :

$$W = (\text{volume elemen tanah}) \times (\text{berat volume tanah}) = \gamma LH$$

Berat W dapat diuraikan dalam dua komponen sebagai berikut :

- Gaya yang tegak lurus pada bidang AB =  $N_a = W \cos \beta = \gamma LH \cos \beta$ ,
- Gaya yang paralel terhadap bidang AB =  $T_a = W \sin \beta = \gamma LH \sin \beta$ .  
Perhatikan bahwa gaya  $T_a$  cenderung menyebabkan kelongsoran sepanjang bidang.

Angka keamanan dapat didefinisikan dalam persamaan :

$$F_s = \frac{c}{\gamma H \cos^2 \beta \cdot \tan \beta} + \frac{\tan \phi}{\tan \beta}$$

Keterangan :

$F_s$  = faktor keamanan

$c$  = kohesi

$\phi$  = sudut geser tanah

$\gamma$  = berat volume tanah

$\beta$  = kemiringan lereng terhadap bidang horisontal

$H$  = tinggi lereng



Kekuatan geser dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma' \tan \phi$$

Keterangan :

$\tau_f$  = kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran

$c$  = kohesi

$\phi$  = sudut geser tanah

$\sigma'$  = tegangan normal efektif

Untuk menentukan angka keamanan terhadap kelongsoran sepanjang bidang AB, perhatikan lereng abcd pada Gambar diatas. Gaya-gaya yang bekerja pada permukaan bidang vertikal ab dan cd adalah sama besar dan berlawanan arah. Berat total dari elemen lereng untuk satu satuan tebal adalah :

$$W = \gamma_{sat} LH$$

Keterangan :

$W$  = berat total lereng

$\gamma_{sat}$  = berat volume jenuh

$L$  = panjang bidang

$H$  = tinggi lereng

Angka keamanan terhadap kekuatan tanah dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F_s = \frac{c}{\gamma_{sat} H \cos^2 \beta \cdot \tan \beta} + \frac{\gamma' \tan \phi}{\gamma_{sat} \tan \beta}$$

Keterangan :

$F_s$  = faktor keamanan

$c$  = kohesi

$\phi$  = sudut geser tanah

$\gamma'$  = berat volume efektif

$\gamma_{sat}$  = berat volume jenuh

$\beta$  = kemiringan lereng terhadap bidang horisontal

$H$  = tinggi lereng

## 2.4 Deskripsi Geotekstil Secara Umum

Geotekstil banyak digunakan untuk perkuatan tanah dasar pada struktur perkerasan jalan. Geotekstil juga telah sering digunakan untuk stabilisasi timbunan badan jalan yang terletak pada pondasi tanah lunak. Pengaruh penting yang menguntungkan dari macam-macam pemakaian geotekstil untuk perkuatan timbunan adalah berfungsi utama sebagai pemisah, geotekstil juga berfungsi sebagai tulangan atau perkuatan yang menaikkan kapasitas dukung tanah dasar oleh kekuatan komposit tanah dengan geotekstil.

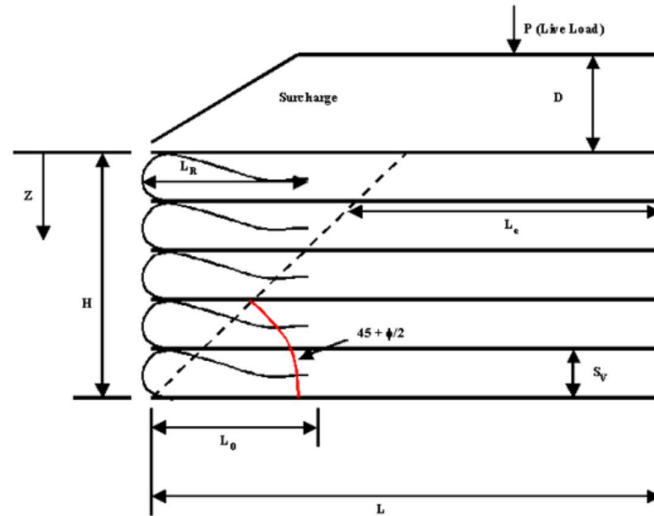
Geotekstil meliputi woven (tenun) dan non woven (tanpa tenun). Tenun dihasilkan dari interlaying antara benang-benang melalui proses tenun, sedangkan non woven dihasilkan dari beberapa proses seperti : heat bonded(dengan panas), needle punched (dengan jarum), dan chemical bonded(menggunakan bahan kimia). Baik woven maupun non woven dihasilkan dari benang dan serat polimer terutama : polypropelene, poliester, polyethylene dan polyamide

Timbunan yang dibangun pada tanah lunak mempunyai kecenderungan bergerak ke arah lateral, karena akibat dari tekanan tanah horizontal yang bekerja pada timbunan tersebut. Tekanan ini menyebabkan timbulnya tegangan geser pada dasar timbunan yang harus ditahan oleh tanah pondasi yang lunak tersebut agar tidak mengalami keruntuhan. Oleh karena itu, pada dasar timbunan dapat dipasang geotekstil dengan kuat tarik tinggi yang berguna untuk menambah nilai stabilitas timbunan tersebut.

Pemasangan geotekstil pada timbunan harus memiliki nilai faktor keamanan yang disyaratkan, untuk timbunan yang bersifat sementara ataupun permanen. Perancangan lereng timbunan dianggap pada kondisi kritis jika:

- a. keruntuhan lereng mengakibatkan adanya korban atau kerusakan pemukiman yang signifikan,
- b. adanya gaya tarik termobilisasi dalam tulangan perkuatan pada umur rancangan struktur,
- c. keruntuhan tulangan perkuatan mengakibatkan runtuhnya struktur.

Perkuatan geotekstil dapat dipasang satu lapis atau lebih tergantung besarnya gaya geser yang akan ditahan, seperti pada Gambar berikut ini



**Gambar 2.13 Pemasangan Geotekstil Pada Timbunan**

#### 2.4.1 Karakteristik Geotextile

lapisan geotextile yang ideal adalah lapisan yang terbukti ampuh dalam menguatkan tanah. Selain itu, aplikasi dari lapisan geotextile biasanya permeabel untuk tanaman. Sehingga tanaman yang tumbuh di atasnya dapat berkembang dengan dengan baik tanpa mengalami gangguan.

Disamping itu, saat dilanda hujan deras maka air hujan tetap masuk dan diserap oleh tanah dengan normal dan baik. Ketika terjadi kelebihan air dapat dialirkan dengan baik serta tidak menjadi penyebab erosi. Oleh sebab itu, lapisan geotekstil dengan standar terbaik wajib memiliki karakteristik berikut ini:

1. Ciri fisik bahan berupa berat, kekakuan, dan kepadatan harus tepat.
2. Mekanis, terdiri dari keuletan tepat, kekuatan tarik, fleksibilitas, kelengkapan, kekuatan sobekan, dan ketahanan gesekan.
3. Hidrolik, terdiri atas transitivity, permeabilitas, porositas, permitivitas, dan kekeruhan.
4. Degradasi, terdiri atas ketahanan akan degradasi biologi, kimia, hidrolik, dan mekanis.
5. Ketahanan, meliputi ketahanan terhadap abrasi dan ketahanan panjang penyumbatan kanan.

## **2.4.2 Fungsi Geotextile**

Masih banyak orang bertanya-tanya mengenai fungsi geotekstil itu sendiri. Padahal jika dilihat geotekstil memegang peranan penting untuk pembangunan daerah perkotaan dan pedesaan.

Berikut ini fungsi umum dari geotextile :

### **1. Penyaring (*Filter*)**

Pada dasarnya mempunyai sifat permeabilitas yang tinggi. Alhasil dapat membantu mengalirkan air dari bahannya. Pengaplikasian yang berfungsi sebagai filter maksudnya membuat aliran air dapat tersaring tanpa memerlukan media tanah. Sehingga air tetap disaring dengan baik dan tanah yang bercampur tidak ikut serta menembus bahan.

### **2. Pemisah (*Separator*)**

Fakta menunjukkan bahwa bahan geotextile diketahui sebagai material paling efektif dalam pencegahan pencampuran tanah. Terutama jenis tanah lunak maupun tanah dengan pengerasan yang ada di atasnya. Terlihat jelas pada pembangunan jalan yang menggunakan tanah lunak. Kerap kali dasar tanah lunak menjadi bergerak karena pengaruh air hujan yang merembes. Ketika dasar tanah lunak mengalami pergerakan maka peran geotekstil sebagai pemisah akan berfungsi optimal. Terutama mencegah agar kenaikan tanah lunak tidak bercampur dengan tanah perkerasan. Inilah yang disebut dengan salah satu kelebihan yakni mempunyai daya mulur yang baik. Sekaligus mampu menahan gaya gesekan sehingga menjadi pemisah yang sempurna antara tanah perkerasan di atas dan tanah lunak.

### **3. Stabilisator (*Stabilization*)**

Fungsi lainnya adalah sebagai stabilisator yang masih bersinggungan dengan fungsi separator sebelumnya. Sebab bahan pelengkap tersebut mempunyai gaya tarik yang kuat dan mampu menyalurkan beban yang ada di atasnya dengan merata. Alhasil, dapat memaksimalkan kekuatan tanah ketika melakukan proses pengurangan. Ketiga fungsi geotekstil di atas umumnya ditemukan dalam setiap aplikasi material sendiri. Namun, untuk fungsi lebih spesifik akan terlihat berbeda sesuai dengan jenis geotekstil.



### 2.4.3 Jenis Geotextile

Secara garis besar klasifikasi geotextile yang banyak digunakan untuk infrastruktur terbagi atas 2 jenis, antara lain:

#### 1. Woven Geotextile

Woven geotextile yang sering ditemukan umumnya dibuat dari material Polypropylene polymer (PP). Namun ada pula beberapa yang dibuat dari bahan Polyester (PET). Dilihat dari segi bentuknya berupa lembaran dengan serat yang ditenun menggunakan teknologi mutakhir. Sehingga material woven geotextile mempunyai daya tahan terhadap sinar ultra violet. Sekaligus daya tahan terhadap kekuatan tarik sesuai dengan standar ASTM. Untuk woven geotextile sendiri berbentuk tidak teranyam dan menyerupai kain.

Geotekstil woven biasanya berbentuk tenun yang terbuat dari benang datar dan serat polipropilena. Benang yang ada dalam bentuk tenun minimal tersusun dari dua kelompok benang paralel maupun benang datar. Dalam satu kelompok dinamakan benang warp yang letaknya berada sepanjang arah jangka panjang dari alat tenun. Untuk kelompok lainnya dinamakan weft. Kemudian warp dan weft yang terjalin membentuk kain lengkap dengan rajutan dan menggunakan teknologi berbeda. Kedua bahan tersebut dapat ditenun dengan kepadatan dan ketebalan berbeda. Dimana penyesuaian dilakukan berdasarkan rentang aplikasi berbeda pula. Biasanya, geotextile tenun tipis memiliki kekuatan tarik yang sangat kuat baik dari arah vertikal atau horizontal. Jenis woven geotextile dibagi menjadi 2, yakni :

- PP Fiber Geotextile Woven
- PET Filamen Geotextile Woven

Woven geotextile disebut sebagai salah satu bahan terbaik karena berfungsi sebagai pencegahan. Seperti pencegahan terhadap tanggul dari gerusan angin, pasang, hujan, dan gelombang air laut. Sehingga sering kali digunakan untuk melindungi lereng, tepian, dasar tanah, dan mencegah erosi. Selain itu, berfungsi sebagai lapisan filtrasi untuk bendungan, tanggul, sungai, dinding penahan, dan kemiringan tanah. Dapat bekerja sebagai filter ideal karena memungkinkan air maupun udara lewat tanpa hambatan. Fungsi penguatan dilihat dari kemampuan meningkatkan kekuatan tarik tanah. Kekuatan yang dihasilkan sama seperti jumlah baja yang digunakan beton. Dimana terjadi tiga mekanisme agar proses penguatan woven geotextile menjadi sempurna, antara lain:

- Pengekangan lateral melalui pergesekan antar muka yakni geotextile dan agregat atau tanah.
- Memaksa bidang permukaan bantalan potensial supaya mampu mengembangkan permukaan sehingga mempunyai kekuatan geser alternatif yang semakin tinggi.
- Menjadi jenis membran penyangga beban roda yang paling ideal.

Fungsi lainnya adalah pemisahan yang biasanya dimanfaatkan untuk prosedur pembangunan jalan raya dan tol. Dimana geotekstil menjadi pembatasan antara material tanah yang berbeda jenis supaya tidak bercampur. Bahkan, penggunaan lapisan tersebut mampu menjaga sistem drainase yang secara alami ada pada tanah. Selain itu, fungsi terakhir dari woven geotextile tenun yakni diafragma kekuatan tarik. Dimana digunakan bersama-sama dengan geomembran. Kedua perpaduan lapisan tersebut akan bekerja menjadi diafragma tekanan antara dua bahan yang memiliki tekanan berbeda.

## **2. Non Woven Geotextile**

Non woven geotextile lebih dikenal dengan sebutan filter fabric. Apabila dilihat sekilas menampilkan bentuk yang hampir serupa dengan woven geotextile. Dimana memiliki bentuk lembaran tetapi tidak diproduksi dengan cara anyaman tetapi secara needle punch dan dipanaskan. Menyoal material dasar pembuatan non woven geotextile juga masih sama. Beberapa yang beredar dipasaran terbuat dari polimer Polyester (PET) dan Polypropylene (PP).

Jenis geotextile, woven geotextile, dan non woven geotextile pada dasarnya mempunyai fungsi yang sama. Hanya saja penggunaannya bergantung dengan jenis tanah dan tujuan konstruksi pembangunan. Non woven geotextile dibuat dalam berbagai tipe. Penggunaan tipe-tipe tersebut disesuaikan dengan sifat teknisnya. Sehingga pemilihan atau penentuan jenis lapisan non woven tergantung dengan keadaan tanah dasar, fungsi, dan beban konstruksi. Adapun karakteristik non woven geotextile yakni mempunyai ketahanan terhadap kerusakan konstruksi, sengatan sinar ultra violet (UV), dan permeabilitas tinggi. Adapun fungsi lapisan non woven dideskripsikan sebagai berikut ini :

- Menjadi separator karena mempunyai kekuatan jebol atau puncture resistance yang tinggi. Sangat efektif agar menjamin material konstruksi tidak rusak ketika dilakukan proses pengerjaan. Non woven geotextile menjadi media pemisah dari dua lapisan material berbeda. Alhasil, material tidak bercampur dan teksturnya tetap terjaga dengan baik.
- Menjadi filter dan sistem drainasi, pasalnya mempunyai bukaan pori yang relatif kecil dengan permeabilitas yang cukup tinggi. Geotextile non woven tersebut berfungsi menjadi penahan butiran tanah yang sangat optimal. Meskipun masih ada kemungkinan kecil aliran air akan terganggu tetapi tetap aman.
- Menjadi perkuatan, karena lapisan non woven mempunyai kuat tarik yang memadai.

Umumnya geotextile non woven diaplikasikan pada pekerjaan dibawah ini:

- Konstruksi jalan,
- Konstruksi jalan rel kereta,
- Stabilitasi tanah lunak,
- Filtrasi dan sistem drainase,
- Proteksi geomembran.

## 2.4.4 Klasifikasi Kelas Geotextile

Geotextile dibagi dalam 4 kelas, yaitu kelas 1+, kelas 1, kelas 2, dan kelas 3 berdasarkan tujuan dari perencanaan perkuatan jalan.

**Tabel 2.4 Syarat Derajat Daya Bertahan (Survivability), AASHTO M 288-06**

|  | Alat dengan Tekanan Permukaan Rendah ( <i>Low Ground Pressure</i> )<br>≤ 25 kPa<br>(3.6 psi) | Alat dengan Tekanan Permukaan Sedang ( <i>Medium Ground Pressure</i> )<br>25 kPa – 50 kPa<br>(3.6 psi – 7.3 psi) | Alat dengan Tekanan Permukaan Tinggi ( <i>High Ground Pressure</i> )<br>> 50 kPa<br>(> 7.3 psi) |
|--|--|--|---|
| Tanah dasar telah dibersihkan dari halangan kecuali rumput, kayu, daun dan sisa ranting kayu. Permukaan halus dan rata sehingga lubang/gundukan tidak lebih dalam/tinggi dari 450 mm. Lubang yang lebih besar dari ukuran tersebut harus ditutup. Alternatif lain, lantai kerja dapat digunakan.   | Rendah<br>(Kelas 3)  | Sedang<br>(Kelas 2)  | Tinggi<br>(Kelas 1)   |
| Tanah dasar telah dibersihkan dari halangan yang lebih besar dari cabang kayu dan batu yang berukuran kecil sampai sedang. Batang dan pangkal/akar pohon harus dipindahkan atau ditutup sebagian dengan lantai kerja. Lubang/gundukan tidak boleh lebih dalam/tinggi dari 450 mm. Lubang yang lebih besar dari ukuran tersebut harus ditutup.  | Sedang<br>(Kelas 2)  | Tinggi<br>(Kelas 1)  | Sangat Tinggi<br>(Kelas 1+)   |
| Diperlukan persiapan lokasi secara minimal. Pohon dapat ditumbang, dipotong-potong dan ditinggalkan di tempat. Pangkal/akar pohon harus dipotong dan tidak boleh lebih dari 150 mm di atas tanah dasar. Geotekstil dapat dipasang langsung di atas cabang pohon, pangkal/akar pohon, lubang besar dan tonjolan, saluran dan bolder. Ranting, pangkal/akar, lubang besar dan tonjolan, alur air dan bongkah batu. Benda-benda harus dipindahkan hanya jika penempatan geotekstil dan bahan penutup akan berpengaruh terhadap permukaan akhir jalan.   | Tinggi<br>(Kelas 1)  | Sangat Tinggi<br>(Kelas 1+)  | Tidak Direkomendasikan  |
| <p><b>Catatan:</b><br/>Syarat derajat daya bertahan (<i>survivability</i>) merupakan fungsi dari kondisi tanah dasar, peralatan konstruksi dan tebal penghamparan. Sifat-sifat geotekstil Kelas 1, 2 and 3 ditunjukkan pada Kelas 1+ sifat-sifatnya lebih tinggi dari Kelas 1, tetapi belum terdefinisikan sampai saat ini dan jika digunakan harus disyaratkan oleh Pembeli.</p> <p>Rekomendasi tersebut adalah untuk tebal penghamparan awal antara 150 - 300 mm. Untuk tebal penghamparan awal lainnya:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 300 - 450 mm: kurangi syarat daya bertahan sebesar satu tingkat</li> <li>- 450 - 600 mm: kurangi syarat daya bertahan sebesar dua tingkat</li> <li>- 600 mm: kurangi syarat daya bertahan sebesar tiga tingkat</li> </ul> <p>Untuk teknik konstruksi khusus, seperti pembuatan alur awal (<i>prerutting</i>), tingkatkan syarat daya bertahan geotekstil sebesar satu tingkat. Penghamparan awal bahan penutup yang terlalu tebal dapat menyebabkan keruntuhan daya dukung tanah dasar yang lunak.</p> |  |  |   |

**Tabel 2.5 Persyaratan Kekuatan Geotekstil (Aashto M 288-06)**

| Sifat  | Metode Uji                      | Satuan | Kelas Geotekstil <sup>(a, c)</sup> |                               |                               |                               |                               |                               |
|--|---------------------------------|--------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|  |                                 |        | Kelas 1                            |                               | Kelas 2                       |                               | Kelas 3                       |                               |
|  |                                 |        | Elongasi < 50% <sup>(b)</sup>      | Elongasi ≥ 50% <sup>(b)</sup> | Elongasi < 50% <sup>(b)</sup> | Elongasi ≥ 50% <sup>(b)</sup> | Elongasi < 50% <sup>(b)</sup> | Elongasi ≥ 50% <sup>(b)</sup> |
| Kuat Grab<br>( <i>Grab Strength</i> )  | ASTM D 4632<br>RSNI M-01-2005   | N      | 1400                               | 900                           | 1100                          | 700                           | 800                           | 500                           |
| Kuat Sambungan Keliman <sup>(d)</sup><br>( <i>Sewn Seam Strength</i> )   | ASTM D 4632<br>RSNI M-01-2005   | N      | 1260                               | 810                           | 990                           | 630                           | 720                           | 450                           |
| Kuat Sobek<br>( <i>Tear Strength</i> )   | ASTM D 4533<br>SNI 08-4644-1998 | N      | 500                                | 350                           | 400 <sup>(e)</sup>            | 250                           | 300                           | 180                           |
| Kuat Tusuk<br>( <i>Puncture Strength</i> )   | ASTM D 6241<br>ISO 12236:2006   | N      | 2750                               | 1925                          | 2200                          | 1375                          | 1650                          | 990                           |
| <p><b>Catatan:</b><br/> <sup>a</sup> Kondisi saat pemasangan umumnya menentukan kelas geotekstil yang dibutuhkan. Kelas 1 dikhususkan untuk kondisi yang parah dimana potensi terjadinya kerusakan geotekstil lebih tinggi, sedangkan Kelas 2 dan Kelas 3 adalah untuk kondisi yang tidak terlalu parah.<br/> <sup>b</sup> Semua nilai syarat kekuatan menunjukkan Nilai Gulungan Rata-rata Minimum dalam arah utama terlemah.<br/> <sup>c</sup> Ditentukan berdasarkan ASTM D 4632 atau RSNI M-01-2005.<br/> <sup>d</sup> Jika dibutuhkan sambungan keliman (<i>sewn seam</i>).<br/> <sup>e</sup> Nilai Gulungan Rata-rata Minimum kuat sobek yang dibutuhkan untuk geotekstil filamen tunggal teranyam (<i>woven monofilamen geotextile</i>) adalah 250 N.</p> |                                 |        |                                    |                               |                               |                               |                               |                               |

Keterangan :

- elongasi < 50% digunakan untuk woven geotextile.
- elongasi ≥ 50% digunakan untuk non woven geotextile.

## 2.5 Analisis Stabilitas Lereng dengan Software PLAXIS

PLAXIS adalah program komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik. Program ini terdiri dari empat buah sub program yaitu Masukan, Perhitungan, Keluaran dan Kurva. Adapun penjelasan keempat sub program tersebut adalah sebagai berikut :

### 2.5.1 Program Masukan (*Input*)

Sub program ini memuat submenu yang meliputi hampir seluruh pilihan untuk pengaturan berkas, melakukan transfer data, menampilkan grafik, membuat model geometri, membentuk jaring elemen hingga dan memasukkan data secara umum. Program Masukan terdiri dari submenu *File, Edit, View, Geometry, Loads, Materials, Mesh, Initial dan Help*.

Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan pada saat bekerja pada Sub Program Masukan (Input) adalah sebagai berikut :

#### 1. Pengaturan umum (*General Settings*)

Pada menu ini pengguna dapat memilih jenis elemen segitiga dengan 6 titik nodal atau 15 titik nodal untuk memodelkan lapisan tanah dan klaster volumetrik lainnya. Disamping itu pengguna juga dapat memilih jenis model plane strain yang digunakan untuk model geometri dengan penampang melintang yang kurang lebih seragam atau *axysimmetry* yang digunakan untuk struktur berbentuk lingkaran.

#### 2. Geometri

Pembuatan sebuah model elemen hingga dimulai dengan pembuatan geometri model, yang merupakan representasi dari masalah yang ingin dianalisis. Sebuah model geometri terdiri dari titik-titik, garis-garis dan klaster-klaster. Titik dan garis dimasukkan oleh pengguna, sedangkan klaster dibentuk oleh program.

#### 3. Data material (*material sets*)

Basis data material dapat diaktifkan dengan memilihnya dari submenu Materials atau mengklik tombol Materials pada toolbar. Untuk memulai proses masukan data material, klik tombol New pada layar Material sets lalu layar baru akan muncul selanjutnya pengguna dapat melakukan input Material models, Material type,  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_{unsat}$  dan parameter-parameter tanah yang terdiri dari Modulus Young (E), angka Poisson ( $\nu$ ), kohesi (c), sudut geser ( $\phi$ ) dan sudut dilatasi ( $\psi$ ).

#### **4. Penyusunan Jaring Elemen**

Setelah model geometri didefinisikan secara lengkap dan sifat material telah diaplikasikan keseluruhan cluster dan objek struktural, maka geometri harus dibagi menjadi elemenelemen untuk melakukan perhitungan elemen hingga. Komposisi dari elemen ini disebut sebagai jaring elemen hingga.

#### **5. Kondisi Awal**

Setelah model geometri terbentuk dan jaring elemen hingga telah selesai disusun, maka tegangan awal dan konfigurasi awal harus ditentukan terlebih dahulu. Hal ini dapat dilakukan dalam modus penentuan kondisi awal dari program masukan. Kondisi awal terdiri dari dua buah modus yaitu modus untuk menghitung tekanan air dan modus untuk spesifikasi dari konfigurasi geometri awal. Berpindah dari satu modus ke modus lain dilakukan dengan menekan tombol “switch” pada toolbar.

#### **6. Berat Isi Air**

Pada proyek yang melibatkan tekanan air pori, masukan berupa berat isi air diperlukan untuk membedakan antara tegangan efektif dan tekanan air pori. Saat memasuki modus tekanan air untuk pertama kali, sebuah jendela akan muncul dimana berat isi air dapat dimasukkan. Secara pra-pilih berat isi air adalah 9,8 kN/m<sup>3</sup> atau 0,062 klb/ft<sup>3</sup>.

#### **7. Garis Freatik**

Tekanan air pori dan tekanan air eksternal dapat dibentuk berdasarkan garis freatik. Sebuah garis freatik merupakan kumpulan beberapa titik dimana tekanan air adalah nol. Dengan menggunakan masukan berupa garis freatik, tekanan air akan meningkat secara linier terhadap kedalaman sesuai dengan berat isi air yang dimasukkan.

#### **8. Perhitungan tekanan air**

Setelah memasukkan garis freatik yaitu kondisi untuk perhitungan aliran air dalam tanah, tekanan air sekarang dapat dibentuk dengan mengklik tombol Generate water pressure pada toolbar (tombol dengan tanda + berwarna biru). Sebuah jendela akan muncul dimana ada dua pilihan perhitungan yaitu tekanan air

akan dibentuk berdasarkan garis freatik atau berdasarkan perhitungan aliran air dalam tanah.

Pilihan pertama merupakan pilihan yang mudah dan cepat sedangkan pilihan kedua lebih realistis tetapi membutuhkan beberapa parameter masukan tambahan serta membutuhkan waktu yang lebih lama.

## **9. Konfigurasi geometri Awal**

Untuk melanjutkan ke modus konfigurasi geometri dari modus tekanan air klik tombol sebelah kanan dari “switch” pada toolbar. Modus konfigurasi geometri digunakan untuk mengatur konfigurasi geometri awal dan memungkinkan pengguna untuk menonaktifkan klaster-klaster pada geometri yang tidak aktif pada situasi awal. Selain itu regangan awal dapat dibentuk dengan menggunakan prosedur Ko (tombol + merah pada toolbar).

### **2.5.2 Program Perhitungan (*Calculations*)**

Setelah penyusunan model elemen hingga, perhitungan elemen hingga dapat dilakukan. Karena itu, perlu untuk mendefinisikan jenis perhitungan yang akan dilakukan dan jenis pembebanan atau tahapan konstruksi mana saja yang akan diaktifkan dalam perhitungan. Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat bekerja pada sub program perhitungan (*Calculate*) adalah sebagai berikut :

#### **1. Pengaturan Perhitungan Umum**

Lembar tab General digunakan untuk mendefinisikan pengaturan pada tahapan perhitungan tertentu secara umum. Adapun sub menu yang perlu diperhatikan pada lembar general adalah sebagai berikut :

##### **a. Phase**

Pilihan pada kotak Phase dapat digunakan untuk memberikan identifikasi pada tahapan perhitungan dan yang terpenting adalah untuk menentukan urutan tahapan perhitungan dengan memilih tahapan perhitungan yang digunakan sebagai awal perhitungan dari perhitungan saat ini.

##### **b. Log info and comments**

Kotak Log info menampilkan pesan-pesan yang dibentuk selama perhitungan elemen hingga berlangsung dan memberikan informasi mengenai perhitungan yang telah dilakukan. Kotak Comment digunakan

untuk menyimpan informasi maupun informasi yang berhubungan dengan tahap perhitungan yang bersangkutan.

### c. Calculation type

Pilihan yang digunakan untuk menentukan jenis perhitungan yang digunakan. Untuk menentukan jenis perhitungan, pengguna dapat melakukan pengaturan pada Calculation type yang terletak pada sudut kanan atas dalam lembar tab General. Jenis perhitungan dibedakan menjadi 4 jenis perhitungan utama yaitu :

- Perhitungan Plastik (*Plastic Calculation*)

Jenis perhitungan ini digunakan untuk melakukan analisis deformasi elastis-plastis dimana tidak diperlukan keikutsertaan proses berkurangnya tekanan air pori berlebih terhadap waktu dalam perhitungan.

- Analisis konsolidasi (*Consolidation Analysis*)

Analisis Konsolidasi dipilih jika diperlukan untuk menganalisis pembentukan tekanan air pori berlebih dalam tanah lempung yang jenuh air sebagai fungsi terhadap waktu. Analisis konsolidasi yang bersifat sepenuhnya elastis-plastis dapat dilakukan dalam PLAXIS.

- Reduksi phi-c (*phi-c reduction / analisis keamanan*)

Suatu analisis keamanan dalam PLAXIS dapat dilakukan dengan mereduksi parameter kekuatan dari tanah. Jenis perhitungan ini dapat dipilih jika diinginkan untuk menghitung faktor keamanan global untuk situasi tertentu.

- Analisis jaring elemen yang diperbaharui (*Update Mesh analysis*)

Ketiga jenis perhitungan sebelumnya dapat dilakukan secara opsional sebagai Update Mesh analysis yaitu dengan mengikutsetakan efek deformasi yang besar dalam perhitungan. Jenis perhitungan ini dapat dipilih dengan meng-klik tombol Advance pada kotak calculation type group pada lembar tab General.

## 2. Parameter pengatur Perhitungan

Lembar tab Parameter digunakan untuk mendefinisikan parameter pengatur pada tahapan perhitungan tertentu serta prosedur penyelesaiannya. Lembar tab Parameter memuat diantaranya :



**a. *Additional Steps***

Parameter ini menyatakan jumlah langkah maksimum yang dikehendaki dari langkah perhitungan. Angka ini dapat diubah dari 1 hingga 1000.

**b. *Reset displacement to zero***

Pilihan ini dapat digunakan untuk mengabaikan perpindahan yang tidak relevan dari langkah perhitungan sebelumnya sehingga perhitungan yang baru dimulai dari kondisi perpindahan nol.

**c. *Ignore undrained behavior***

Pilihan ini digunakan untuk mengabaikan sementara efek perilaku tak terdrainase dalam situasi dimana dalam kumpulan data material yang digunakan pada Material type diatur ke Undrained. Seluruh klaster yang tak terdrainase untuk sementara waktu akan menjadi terdrainase.

**d. *Delete intermediate steps***

Dengan pilihan ini maka seluruh langkah keluaran dalam tahapan perhitungan (kecuali satu langkah terakhir) akan dihapus setelah tahapan perhitungann tersebut berhasil diselesaikan.

**3. Faktor Pengali Beban (*Load Multipliers*)**

Dalam analisis deformasi, perlu untuk mengatur besarnya seluruh jenis pembebanan. Pada umumnya, beban akan diaktifkan dalam lingkup tahapan konstruksi dengan memberikan nilai masukan yang diinginkan. Menu ini dapat diakses pada lembar tab *Multipliers*.

**4. Pemilihan titik untuk kurva**

Setelah tahapan perhitungan selesai didefinisikan dan sebelum proses perhitungan dimulai, beberapa titik dapat dipilih oleh pengguna untuk penggambaran kurva beban-perpindahan maupun penggambaran lintasan tegangan. Proses ini dapat dilakukan dengan memilih tombol pada toolbar.

**5. Memulai proses perhitungan**

Proses perhitungan dapat dimulai dengan menekan tombol Calculate pada toolbar. Tombol tersebut akan terlihat jika pilihan berada pada suatu tahapan yang telah dipilih untuk dieksekusi dan diindikasikan dengan anak panah berwarna hijau. Setelah proses perhitungan diselesaikan, daftar perhitungan akan diperbaharui.

Tahapan perhitungan yang telah berhasil diselesaikan tandai oleh 'tick mark' berwarna hijau ( $\checkmark$ ), sedangkan tahapan yang tidak berhasil diselesaikan diindikasikan oleh tanda silang berwarna merah (x).

### 2.5.3 Program Keluaran (*Output*)

Yang harus diperhatikan pada Sub Program Keluaran (*Output*) yaitu :

#### 1. Memilih langkah keluaran

Keluaran dapat dipilih dengan mengklik tombol open file pada toolbar atau dengan memilih open dari menu file. Jendela permintaan berkas akan muncul dimana berkas proyek PLAXIS (\*.PLX) dapat dipilih. Setelah pengguna memilih proyek tertentu, permintaan berkas akan menampilkan daftar tahapan perhitungan dari proyek yang dipilih dimana pemilihan lebih lanjut dapat dilakukan. Setelah memilih tahapan perhitungan tertentu, sebuah jendela keluaran baru akan muncul dan menampilkan hasil dari langkah perhitungan final.

#### 2. Tabel Keluaran

Untuk seluruh jenis tampilan, data numerik dapat ditampilkan juga dalam bentuk tabel dengan mengklik tombol table pada toolbar. Tabel dapat ditampilkan sesuai kebutuhan dengan mengklik submenu pada beberapa menu utama (*deformations, stresses dan geometry*). Jenis tabel tersebut terdiri dari :

a. Tabel perpindahan (*tables of displacements*)

Merupakan tabel perpindahan aktif yang dituliskan dalam simbol ( $\Delta u_x$  dan  $\Delta u_y$ ). Tabel ini dapat diakses dengan memilih menu Deformations.

b. Tabel Tegangan dan Regangan (*tables of stresses and strains*)

Pada saat melihat tabel stresses atau strains dalam elemen tanah, tabel akan menunjukkan komponen-komponen Cartesius pada seluruh titik tegangan. Perhatikan bahwa tegangan tekan dianggap bernilai negatif. Kolom status pada tabel tegangan menunjukkan apakah suatu titik tegangan merupakan titik Elastis (*Elastic*), titik Plastis (*Plastic*), titik Tarik (*Tension*), titik Puncak (*Apex*), titik Hardening atau titik Cap (titik tegangan dimana kondisi tegangan adalah sama dengan tekanan prakonsolidasi yaitu tingkat tegangan tertinggi yang pernah terjadi sebelumnya).

c. Tabel titik nodal dan titik tegangan (*tables of nodes and stress points*)

Menu ini memuat pilihan-pilihan untuk menampilkan posisi dan penomoran dari titik nodal dan titik tegangan. Pilihan Element stress points juga menunjukkan modulus kekakuan elastis aktual (E), kohesi aktual (c) dan rasio konsolidasi berlebih (OCR).

d. Tegangan dan gaya dalam interface dan struktur

Saat menampilkan tabel interface stresses tabel akan menunjukkan tegangan normal efektif ( $\sigma'n$ ), tegangan geser ( $\tau$ ), tekanan air pori aktif (Pactive) dan tekanan air pori berlebih (*Pexcess*) pada seluruh titik tegangan interface.

#### **2.5.4 Program Kurva (Curve)**

Sub program kurva memuat seluruh fasilitas untuk menggambarkan kurva beban-perpindahan (*load-displacement*), lintasan tegangan (*stress path*) dan diagram tegangan-regangan (*stress-strain*). Untuk mengakses sub program kurva dapat mengklik tombol curve pada toolbar, Setelah itu jendela permintaan berkas akan ditampilkan dimana pengguna dapat memilih berkas yang diinginkan.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Perumusan Masalah**

Kegiatan ini dilakukan dalam penelitian agar masalah yang akan dibahas dalam penelitian menjadi jelas serta tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian dapat diketahui oleh pembaca.

#### **3.2 Tinjauan Pustaka**

Pada tinjauan pustaka digunakan metode studi literatur yang merupakan suatu tahapan penelitian dalam mempelajari literatur dari berbagai sumber yang dapat digunakan untuk menangani masalah yang ada. Studi literatur pada penelitian ini disusun dalam sebuah kajian pustaka yang membahas mengenai stabilitas lereng, tanah longsor, metode penyelidikan tanah, metode perkuatan lereng timbunan yang digunakan pada penanganan lereng tersebut, dan teori mengenai pemodelan stabilitas lereng menggunakan Plaxis 2D.

#### **3.3 Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian berada pada ruas jalan tol Cisumdawu Seksi V yang berada di STA 50+950. Dalam penelitian yang dilakukan di STA 50 + 950 pada proyek pembangunan jalan Tol Cileunyi – Sumedang – Dawuan seksi V yaitu timbunan yang memiliki ketinggian sekitar 34 meter terukur dari permukaan tanah ke puncak timbunan. Analisis stabilitas lereng pada timbunan ini menggunakan perkuatan geotextile menggunakan pemodelan dengan Plaxis 2D.



**Gambar 3.1** Lokasi Penelitian Proyek Jalan Tol Cileunyi – Sumedang – Dawuan

### **3.4 Pengumpulan Data**

Kegiatan pengumpulan data ini merupakan suatu proses yang penting dalam penelitian ini diawali dengan penyelidikan tanah untuk mengetahui parameter design dari tanah dilokasi penelitian tersebut dan selanjutnya menentukan kriteria parameter tanah sebagai timbunannya sesuai peraturan yang telah ditetapkan. Kegiatan ini juga dilakukan untuk menentukan geometrik timbunan yang tepat pada penelitian ini serta pengumpulan data mengenai deskripsi geotextile yang digunakan.

#### **3.4.1 Data Tanah**

Penentuan parameter tanah dihitung berdasarkan korelasi empiris menggunakan data hasil N-SPT lapangan yang telah dikoreksi terhadap prosedur pelaksanaan pengujian dan tekanan overburden tanah. Selain itu, data hasil uji laboratorium pada sampel tanah tak terganggu (UDS) akan memberikan tambahan informasi yang lebih akurat dalam hal pemilihan parameter tanah di lokasi rencana.

Dari hasil penyelidikan tanah di lapangan maupun di laboratorium didapatkan nilai-nilai parameter tanah. Nilai-nilai tersebut kemudian diolah dan diinterpretasikan sehingga menghasilkan parameter desain tanah yang siap pakai dan dapat dijadikan acuan dalam Analisis desain. Dalam proses pengolahan dan interpretasi tersebut, juga banyak digunakan korelasi empiris antara parameter tanah. Hal ini dilakukan mengingat sering terjadi bias pada hasil uji laboratorium akibat human error saat pengambilan sampel maupun pengujian di laboratorium.e laboratorium.

Untuk material timbunan, diasumsikan menggunakan material hasil galian dari lokasi sekitarnya, dimana material tersebut harus dipadatkan sesuai nilai CBR rencana. Kriteria tanah timbunan yang dipadatkan diklasifikasikan sebagai timbunan biasa berdasarkan standard AASHTO dimana ketetapannya adalah sebagai berikut :

- a. Bahan timbunan bila diuji dengan SNI 03-1744-1989, harus memiliki CBR tidak kurang dari 6 % setelah perendaman 4 hari bila dipadatkan 100 % kepadatan kering maksimum (MDD) seperti yang ditentukan oleh SNI 03-1742-1989.
- b. Bahan yang dipilih tidak boleh tanah yang berplastisitas tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut AASHTO M145 atau sebagai CH menurut "Unified atau Casagrande Soil Classification System".
- c. Tanah sangat expansive yang memiliki nilai aktif lebih besar dari 1,25 atau derajat pengembangan yang diklasifikasikan oleh AASHTO T258 sebagai "very high" atau "extra high", tidak boleh digunakan sebagai bahan timbunan. Nilai aktif adalah perbandingan antara Indeks Plastisitas / PI - (SNI 03-1966-1989) dan persentase kadar lempung (SNI 03-3422-1994).

### 3.4.2 Geometrik Lereng

Untuk penentuan kemiringan sudut lereng timbunan peneliti menentukan kemiringan lereng sesuai dengan design yang telah dibuat oleh pihak kontraktor sebelumnya yaitu dengan sudut kemiringan 1 : 2.

**Tabel 3.1 Klasifikasi Kelas Kemiringan Lereng (Van Zuidam, 1985)**

| Kelas | Kemiringan<br>(Nilai Dalam Derajat) | Kemiringan<br>(Nilai Dalam Persen) | Klasifikasi   |
|-------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------|
| I     | 0-2                                 | 0-2                                | Datar         |
| II    | 2-4                                 | 2-7                                | Sangat Landai |
| III   | 4-8                                 | 7-15                               | Landai        |
| IV    | 8-16                                | 15-30                              | Agak Curam    |
| V     | 16-35                               | 30-70                              | Curam         |
| VI    | 35-55                               | 70-140                             | Sangat Curam  |
| VII   | >55                                 | >140                               | Terjal        |

### 3.4.3 Geotextile

Produk geotekstil anyaman telah terbukti sangat efektif untuk menjembatani perbedaan sifat material tanah dasar yang basah, lunak dengan rencana timbunan di atasnya. Sifat lolos air geotekstil anyaman ini memberikan fungsi pemisahan yang baik dengan stabilisasi timbunan dalam jangka panjang secara bersamaan. Ketika diaplikasikan dengan benar, geotekstil akan meningkatkan kinerja sekaligus memperpanjang umur pakai bangunan dengan biaya pemeliharaan yang lebih hemat.

Pemilihan penggunaan Geotextile woven secara tepat dapat memberikan keuntungan sebagai berikut:

- a. Tidak memerlukan pelaksanaan '*land clearing*' hingga bersih.
- b. Pembersihan lahan dari benda-benda tajam seperti akar dan cabang pohon, pecahan batuan dsb cukup dengan langkah-langkah perataan sederhana.
- c. Pemasangan ringan, cepat dan mudah.
- d. Sambungan antar sisi gelaran dengan cara tumpang tindih (*overlap*) antar tepi gelaran atau dengan penyambungan menggunakan mesin jahit portabel / '*hand carry*'.
- e. Pemasangan geotextile dan perataan timbunan di atasnya dapat dilakukan secara simultan.
- f. Mengurangi penurunan diferensial akibat perbedaan kondisi tanah dasar dengan material timbunan di atasnya.
- g. Menghemat bahan timbunan, penggunaan lapis perkuatan geotextile pada dasar timbunan dapat mencegah hilangnya material karena tenggelam ke dalam tanah lunak.
- h. Mencegah '*rutting*' = jejak amblas lintasan roda.
- i. Mengatasi penurunan yang tidak merata (*differential settlement*), sehingga permukaan jalan menjadi lebih rata dan tidak bergelombang.
- j. Meningkatkan umur rencana jalan.
- k. Harga ekonomis, sebagai lapis perkuatan, separasi, stabilisasi, dapat menghemat biaya konstruksi dan pemeliharaan jalan.

### **3.5 Analisis**

Selanjutnya setelah semua data yang dibutuhkan lengkap yaitu melakukan pemodelan dengan menggunakan plaxis 2D. Pemodelan dilakukan pada timbunan dengan geometrik yang telah kita tentukan, terlebih dahulu pemodelan lereng timbunan dianalisis tanpa perkuatan apapun untuk mengetahui faktor keamanan pada lereng timbunan asli selanjutnya melakukan pemodelan dengan perkuatan geotextile yang sebelumnya telah menetapkan spesifikasi dan panjang pemasangan geotextile.

#### **3.5.1 Analisis Stabilitas Lereng tanpa Perkuatan**

Analisis kestabilan lereng pada timbunan asli tanpa perkuatan dilakukan untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial, juga sebagai pembandingan terhadap nilai faktor keamanan lereng setelah dilakukan analisis kestabilan lereng dengan perkuatan geotextile.

#### **3.5.2 Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotextile**

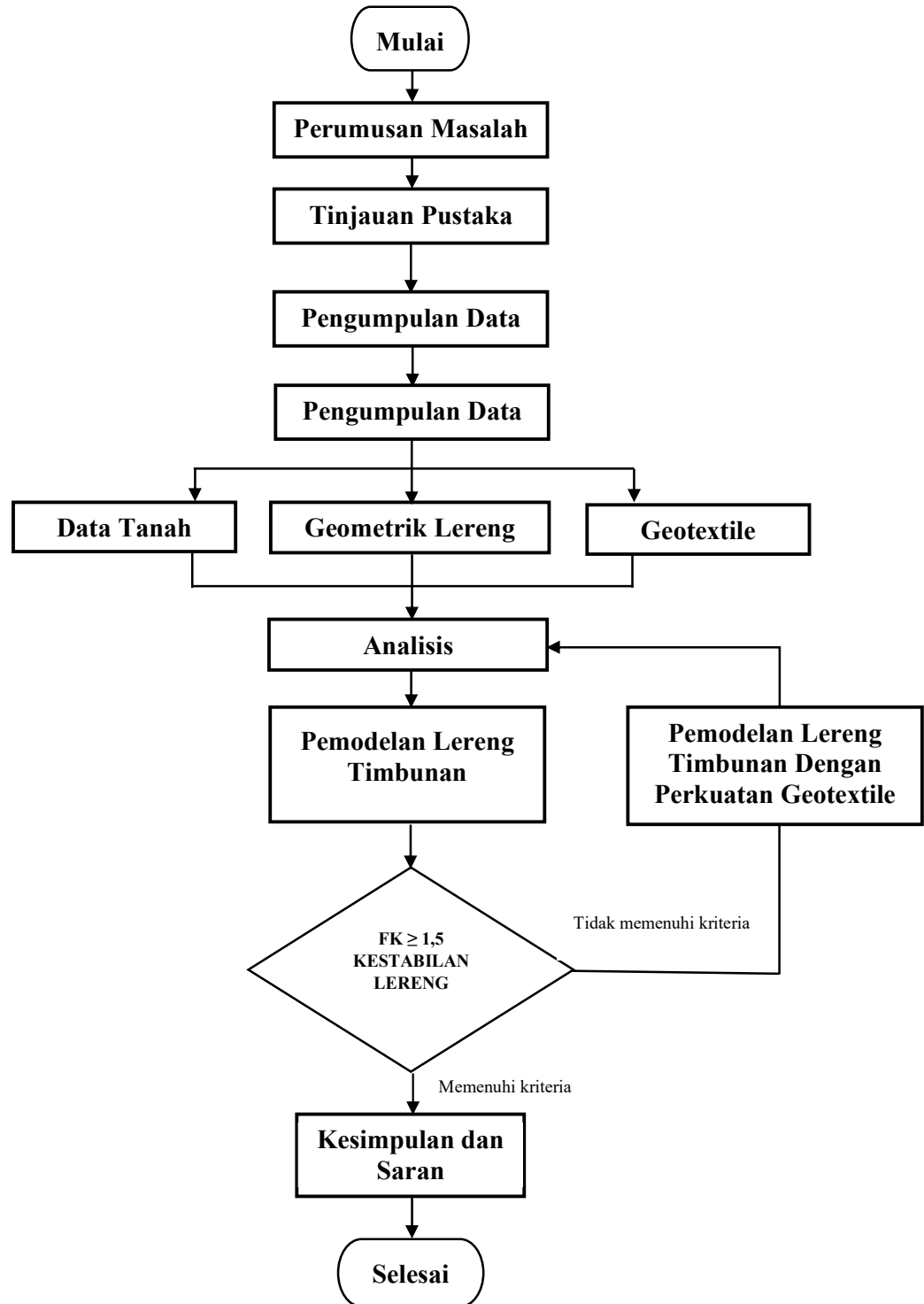
Jika dalam analisis stabilitas lereng dengan pemodelan Plaxis belum memenuhi kriteria nilai faktor keamanan yang di isyaratkan, peneliti harus melakukan proses analisis ulang yaitu dengan merubah atau menambah spesifikasi dari geotextile tersebut dan juga menambah Panjang pemasangan geotextile sehingga didapatkan nilai faktor keamanan yang memenuhi kriteria.

### **3.6 Kesimpulan dan Saran**

Analisis hasil pemodelan lereng timbunan dilakukan terhadap nilai faktor keamanan dan deformasi dari lereng timbunan asli dan lereng timbunan yang sudah diberi perkuatan dengan geotextile baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang.



### 3.7 Flowchart Penelitian



Gambar 3.2 Flowchart Tahapan Penelitian

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Tinjauan Umum dan Kondisi Geoteknik

Parameter desain tanah untuk perencanaan desain jalan tol Cisumdawu seksi IV yang dimulai dari STA 38+050 – STA 53+950 didasarkan pada hasil laporan penyelidikan tanah terdahulu yang meliputi 21 titik bor dalam dengan lokasi dan kedalaman sebagai berikut.

**Tabel 4.1 Lokasi, Kedalaman Dan Elevasi Muka Air Tanah Pada Titik Penyelidikan Seksi V Cisumdawu (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu)**

| No | STA    | Borehole ID | Kedalaman (m) | GWL (m) |
|----|--------|-------------|---------------|---------|
| 1  | 40+200 | DB-01-GT    | 24.00         | 6.50    |
| 2  | 40+525 | DB-07-GT    | 24.00         | 17.00   |
| 3  | 40+850 | DB-02-GT    | 36.00         | 18.70   |
| 4  | 41+393 | DB-01-SR    | 28.00         | 4.00    |
| 5  |        | DB-02-SR    | 26.00         | 1.00    |
| 6  | 42+353 | DB-03-SR    | 28.00         | 6.50    |
| 7  |        | DB-04-SR    | 26.00         | 8.00    |
| 8  | 43+150 | DB-05-SR    | 26.00         | -       |
| 9  | 43+250 | DB-06-SR    | 26.00         | 3.00    |
| 10 | 43+593 | DB-07-SR    | 22.00         | 13.00   |
| 11 | 43+999 | DB-08-SR    | 24.00         | 20.00   |
| 12 | 44+542 | DB-09-SR    | 26.00         | 5.00    |
| 13 |        | DB-10-SR    | 26.00         | 4.00    |
| 14 | 45+625 | DB-03-GT    | 16.00         | 2.00    |
| 15 | 46+078 | DB-11-SR    | 26.00         | 9.00    |
| 16 |        | DB-12-SR    | 26.00         | 11.00   |
| 17 | 47+200 | DB-04-GT    | 34.00         | 18.00   |
| 18 | 47+250 | DB-08-GT    | 24.00         | 14.00   |
| 19 | 48+400 | DB-05-GT    | 18.00         | -       |
| 20 | 49+836 | DB-13-SR    | 26.00         | 7.00    |
| 21 | 50+785 | DB-14-SR    | 24.00         | -       |

Secara umum, lapisan tanah pada kawasan Seksi V memiliki jenis yang beragam mulai dari jenis Clay sampai dengan batuan Andesite (Boulders). Dari segi praktis, beragamnya jenis tanah ini dapat disederhanakan menjadi 2 kategori, yaitu

tanah yang bersifat kohesif dan tanah yang bersifat granular. Tanah diasumsikan bersifat kohesif jika memiliki persentase kandungan butir halus Clay dan Silt hingga mencapai 30% dari keseluruhan, sementara tanah bersifat non-kohesif jika persentase butir kasarnya mencapai lebih dari 70%. Berdasarkan sifat umum tersebut, maka jenis tanah yang dikategorikan sebagai tanah kohesif, non-kohesif serta batuan adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.2 Kategori Jenis Tanah Berdasarkan Penyelidikan Tanah Seksi V Cismudawu (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cismudawu)**

| Kohesif       | Non-Kohesif   | Batuan               |
|---------------|---------------|----------------------|
| Clay          | Gravels       | Boulders of Andesite |
| Silty Clay    | Gravelly Sand | Claystone            |
| Clayey Silt   | Sand          | Sandstone            |
| Silt          | Silty Sand    |                      |
| Sandy Clay    | Clayey Sand   |                      |
| Sandy Silt    |               |                      |
| Gravelly Clay |               |                      |

#### 4.1.1 Klasifikasi Kelas Situs Tanah Berdasarkan N-SPT

Klasifikasi kelas situs tanah umumnya ditentukan berdasarkan 3 kriteria yaitu nilai N-SPT, kuat geser undrained  $S_u$  serta kecepatan rambat gelombang gempa sekunder  $V_s$ . Namun karena  $S_u$  kebanyakan diperoleh dari korelasi empiris serta tidak semua jenis tanah memiliki nilai  $S_u$  dan tidak adanya pengukuran nilai  $V_{sa}$  menggunakan uji Seismic Downhole atau yang lainnya, maka klasifikasi kelas situs tanah akan ditentukan berdasarkan nilai N-SPT nya saja. Nilai rata-rata dari N-SPT didapatkan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$N_{ave} = \frac{\sum d_i}{\sum (d_i / N_{SPT-i})}$$

Dimana  $\sum d_i$  adalah jumlah total tebal lapisan tanah yang dihitung dan  $\sum (d_i / N_{SPT-i})$  adalah jumlah total dari tebal lapisan dibagi nilai N-SPT nya. Berdasarkan SNI-1726-2012 klasifikasi kelas situs tanah adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.3 Kelas Situs Tanah (SNI-1726-2012) (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu)**

| Kelas situs  | $\bar{V}_r$ (m/detik)   | $\bar{N}$ atau $\bar{N}_{20}$ | $\bar{S}_u$ (kPa) |
|--|---|-------------------------------|-------------------|
| SA (batuan keras)  | > 1500  | N/A                           | N/A               |
| SB (batuan)  | 750 sampai 1500   | N/A                           | N/A               |
| SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)  | 350 sampai 750  | > 50                          | $\geq 100$        |
| SD (tanah sedang)  | 175 sampai 350  | 15 sampai 50                  | 50 sampai 100     |
| SE (Tanah Lunak)   | < 175   | < 15                          | < 50              |
| SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik yang mengikuti 6.10.1) | Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut :<br>1. Indeks Plastisitas, $PI > 20$ ,<br>2. Kadar air, $w \geq 40\%$ ,<br>Kuat geser nirair $\bar{S}_u < 25$ kPa<br><br>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut :<br>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitive, dan $H > 3$ m)<br>- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ )<br>Lapisan Lempung lunak/ setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{S}_u < 50$ kPa |                               |                   |

Catatan : N/A = tidak dapat dipakai

Dari hasil perhitungan nilai N-SPT rata-rata yang disajikan pada tabel berikut, diketahui bahwa kebanyakan lokasi titik penyelidikan dapat dikategorikan sebagai kelas situs SD sehingga ditetapkan bahwa secara umum kelas situs tanah lokasi perencanaan desain jalan tol Cisumdawu adalah kelas SD atau tanah sedang.

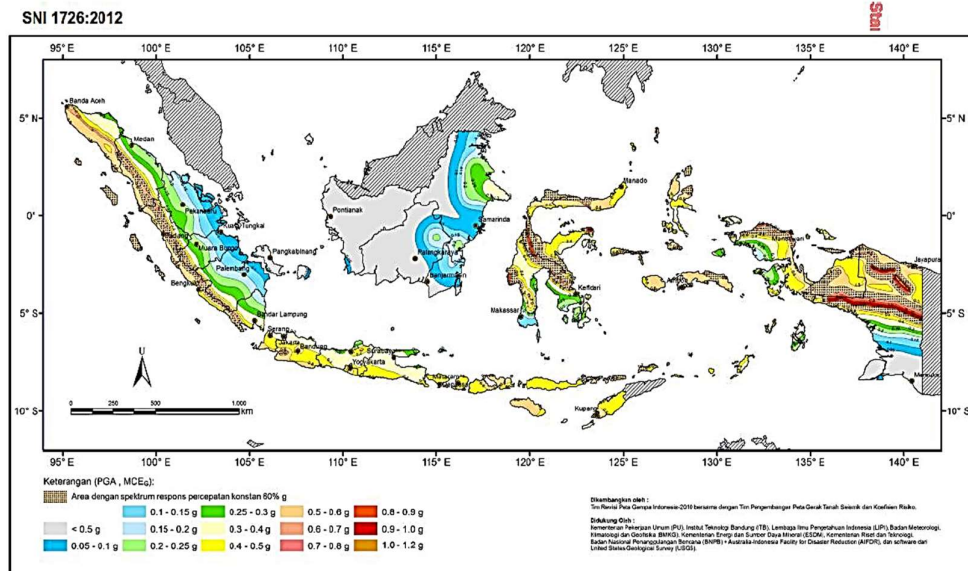
**Tabel 4.4 Perhitungan Nilai N-SPT Rata-Rata Dan Penentuan Kelas Situs (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu)**

| Kedalaman (m) | 44+542    | 44+542    | 45+625    | 46+078    | 46+078    | 47+200    | 47+250    | 48+400    | 49+836    | 50+785    |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|               | DB-09-SR  | DB-10-SR  | DB-03-GT  | DB-11-SR  | DB-12-SR  | DB-04-GT  | DB-08-GT  | DB-05-GT  | DB-13-SR  | DB-14-SR  |
| 0.00 - 2.50   | 6         | 2         | 3         | 8         | 3         | 2         | 3         | 8         | 16        | 10        |
| 2.50 - 4.50   | 10        | 3         | 6         | 16        | 6         | 4         | 8         | 16        | 22        | 12        |
| 4.50 - 6.50   | 7         | 10        | 18        | 12        | 6         | 15        | 13        | 19        | 13        | 28        |
| 6.50 - 8.50   | 20        | 9         | 35        | 19        | 5         | 1         | 12        | 22        | 50        | 50        |
| 8.50 - 10.50  | 50        | 50        | 29        | 22        | 8         | 24        | 26        | 25        | 50        | 33        |
| 10.50 - 12.50 | 50        | 15        | 30        | 29        | 18        | 50        | 31        | 30        | 50        | 50        |
| 12.50 - 14.50 | 50        | 50        | 35        | 34        | 25        | 50        | 25        | 27        | 50        | 50        |
| 14.50 - 16.50 | 43        | 40        | 46        | 40        | 44        | 16        | 24        | 31        | 50        | 50        |
| 16.50 - 18.50 | 24        | 50        |           | 50        | 50        | 13        | 26        | 36        | 50        | 50        |
| 18.50 - 20.50 | 28        | 50        |           | 50        | 50        | 27        | 50        |           | 50        | 50        |
| 20.50 - 22.50 | 50        | 50        |           | 50        | 50        | 30        | 50        |           | 50        | 50        |
| 22.50 - 24.50 | 50        | 50        |           | 50        | 50        | 30        | 50        |           | 50        | 50        |
| 24.50 - 26.50 | 50        | 50        |           | 50        | 50        | 50        |           |           | 50        |           |
| 26.50 - 28.50 |           |           |           |           |           | 32        |           |           |           |           |
| 28.50 - 30.50 |           |           |           |           |           | 24        |           |           |           |           |
| 30.50 - 32.50 |           |           |           |           |           | 50        |           |           |           |           |
| 32.50 - 34.50 |           |           |           |           |           | 50        |           |           |           |           |
| 34.50 - 36.50 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| <b>N- ave</b> | <b>18</b> | <b>9</b>  | <b>11</b> | <b>22</b> | <b>10</b> | <b>7</b>  | <b>13</b> | <b>19</b> | <b>33</b> | <b>28</b> |
| <b>Class</b>  | <b>SD</b> | <b>SE</b> | <b>SE</b> | <b>SD</b> | <b>SE</b> | <b>SE</b> | <b>SE</b> | <b>SD</b> | <b>SD</b> | <b>SD</b> |

#### 4.1.2 Respon Spektrum Beban Gempa

Dari peta pemetaan percepatan batuan dasar pada SNI 1726:2012, Parameter gempa pada lokasi Cisumdawu adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.5 PGA, Gempa Maksimum Yang Dipertimbangkan Rata-Rata Geometrik (MCEG) (Sumber BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol Cisumdawu)**



|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Location                                 | <b>Cisumdawu</b>            |
| Site Class                               | <b>SD</b>                   |
| PGA at bedrock for $T_n = 0.0$ sec       | <b>PGA (MCEg) = 0.500 g</b> |
| PGA at bedrock for $T_n = 0.2$ sec       | <b>SS (MCEr) = 1.000 g</b>  |
| PGA at bedrock for $T_n = 1.0$ sec       | <b>S1 (MCEr) = 0.500 g</b>  |
| Amplification factor for $T_n = 0.0$ sec | <b>FPGA = 1.000 g</b>       |
| Amplification factor for $T_n = 0.2$ sec | <b>Fa = 1.100</b>           |
| Amplification factor for $T_n = 1.0$ sec | <b>Fv = 1.500</b>           |
| PGA maximum at surface                   | <b>PGAM = 0.500 g</b>       |

Didapatkan bahwa percepatan gempa maksimum pada permukaan tanah adalah sebesar  $PGA = 0.5\text{ g}$ .

#### 4.2 Kriteria Faktor Keamanan

Kriteria faktor keamanan untuk lereng galian maupun timbunan mengacu pada tabel di bawah ini, yang diadopsi dari Konsensus TPKB DKI Jakarta (1999) sebagai berikut.

**Tabel 4.6 Faktor Keamanan Minimum Untuk Lereng Timbunan**

| No | Kondisi Lingkungan                    | Keandalan Parameter Tanah |          |           |          |
|----|---------------------------------------|---------------------------|----------|-----------|----------|
|    |                                       | Kurang                    |          | Cukup     |          |
|    |                                       | Temporary                 | Permanen | Temporary | Permanen |
| 1  | Tidak ada hunian manusia dan bangunan | 1.30                      | 1.50     | 1.25      | 1.30     |
| 2  | Banyak hunian manusia dan bangunan    | 1.50                      | 2.00     | 1.30      | 1.50     |

Untuk perencanaan jalan tol Cisumdawu akan digunakan kategori yang kedua (banyak hunian manusia dan bangunan) walaupun sebenarnya tidak ada bangunan dan hunian manusia di jalan tol. Hal ini dilakukan mengingat pentingnya infrastruktur jalan tersebut. Sementara untuk keandalan parameter tanah dikategorikan cukup karena sudah dilakukan program investigasi penyelidikan tanah secara lengkap dan menyeluruh pada berbagai titik di sepanjang rencana rute jalan.

Dengan demikian maka kriteria faktor keamanan minimum yang digunakan untuk stabilitas timbunan dan galian adalah sebagai berikut:

1. Kondisi stabilitas saat operasional :  $FK_{min} = 1.50$
2. Kondisi kegempaan dengan  $kh = 0.5$  PGA :  $FK_{min} = 1.10$
3. Kondisi kegempaan dengan  $kh = 1.0$  PGA :  $FK_{min} \geq 1.00$

### 4.3 Data Parameter Tanah dan Beban

#### 4.3.1 Data Parameter Tanah STA 50 + 785

Berdasarkan pengolahan data uji lapangan serta korelasi empiris didapatkan parameter desain tanah pada titik penyelidikan adalah sebagai berikut.

**Tabel 4.7 Data Parameter Tanah**

| PARAMETER DESIGN DB-14 SR (STA 50+785) |           |      |                      |        |       |         |         |         |
|--|-----------|------|----------------------|--------|-------|---------|---------|---------|
| Depth                                  | N-SPT     | Soil | $\gamma_{sat}$       | $S_u$  | $c'$  | $\phi'$ | $E_u$   | $E'$    |
| (m)                                    | (blow/ft) | Type | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kPa)  | (kPa) | (deg)   | (kPa)   | (kPa)   |
| 0.0 - 5.5                              | 10 - 12   | Clay | 17.87                | 48.00  | 14.40 | 30.53   | 28,800  | 19,200  |
| 5.5 - 11.5                             | 28 - 33   | Clay | 21.53                | 153.00 | 45.90 | 30.53   | 91,800  | 61,200  |
| 11.5 - 24.5                            | 50        | Clay | 22.77                | 268.29 | 80.49 | 30.53   | 160,971 | 107,314 |

#### 4.3.2 Data Parameter Tanah Timbunan

Untuk material timbunan, diasumsikan menggunakan material hasil galian dari lokasi sekitarnya, dimana material tersebut harus dipadatkan sesuai nilai CBR

rencana. Karena tidak adanya pengujian pada material yang akan dijadikan material timbunan maka kriteria tanah timbunan yang dipadatkan diklasifikasikan sebagai Timbunan Biasa berdasarkan standard AASHTO dimana ketetapannya adalah sebagai berikut :

1. Bahan timbunan bila diuji dengan SNI 03-1744-1989, harus memiliki CBR tidak kurang dari 6 % setelah perendaman 4 hari bila dipadatkan 100 % kepadatan kering maksimum (MDD) seperti yang ditentukan oleh SNI 03-1742-1989.
2. Bahan yang dipilih tidak boleh tanah yang berplastisitas tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut AASHTO M145 atau sebagai CH menurut "Unified atau Casagrande Soil Classification System".
3. Tanah sangat expansive yang memiliki nilai aktif lebih besar dari 1,25 atau derajat pengembangan yang diklasifikasikan oleh AASHTO T258 sebagai "very high" atau "extra high", tidak boleh digunakan sebagai bahan timbunan. Nilai aktif adalah  $ML - h$  perbandingan antara Indeks Plastisitas /  $PI - (SNI 03-1966-1989)$  dan persentase kadar lempung (SNI 03-3422-1994).

Sementara parameter tanah timbunan yang dipadatkan berdasarkan peraturan di atas diasumsikan memiliki parameter sebagai berikut.

1. Berat jenis kering setelah dipadatkan (MDD) = 16 kN/m<sup>3</sup>
2. Kohesi efektif :  $c' = 1$  kPa
3. Sudut geser dalam efektif :  $\Phi' = 33^\circ$
4. Modulus elastisitas tanah :  $E' = 30,000$  kPa
5. Poisson's ratio :  $\nu' = 0.33$

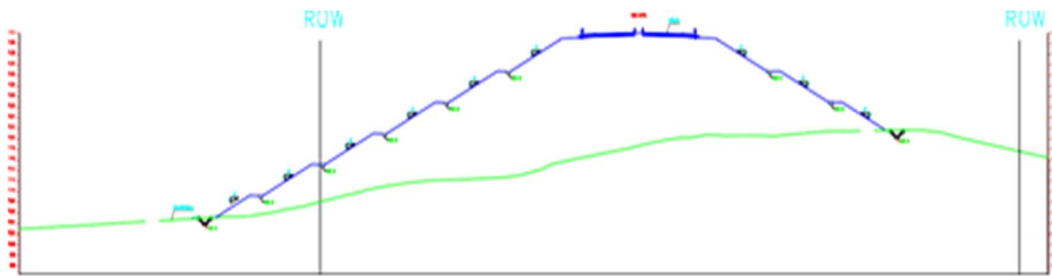
#### **4.3.3 Data Beban Lalu Lintas dan Struktur**

Untuk kriteria pembebanan diambil beban berupa beban merata sebesar  $q = 2.0$  ton/m<sup>2</sup> (20 kPa) yang bersifat tetap mengingat jalan tersebut akan dilewati berbagai kendaraan berat seperti truk trailer dan lain sebagainya walau sebenarnya beban lalu lintas bersifat sementara karena hanya lewat dalam jangka waktu yang singkat.

#### 4.4 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan Tanpa Perkuatan

Analisis Pada Timbunan Tinggi Dengan Perbedaan Elevasi Pada Kaki Timbunan.

Timbunan pada STA 50+975 memiliki ketinggian sekitar 34 meter terukur dari permukaan tanah ke puncak timbunan, sementara timbunan terletak di tanah yang miring sehingga beda elevasi antara kaki timbunan mencapai 16.4 meter. Selain itu, kaki timbunan juga melanggar ROW.



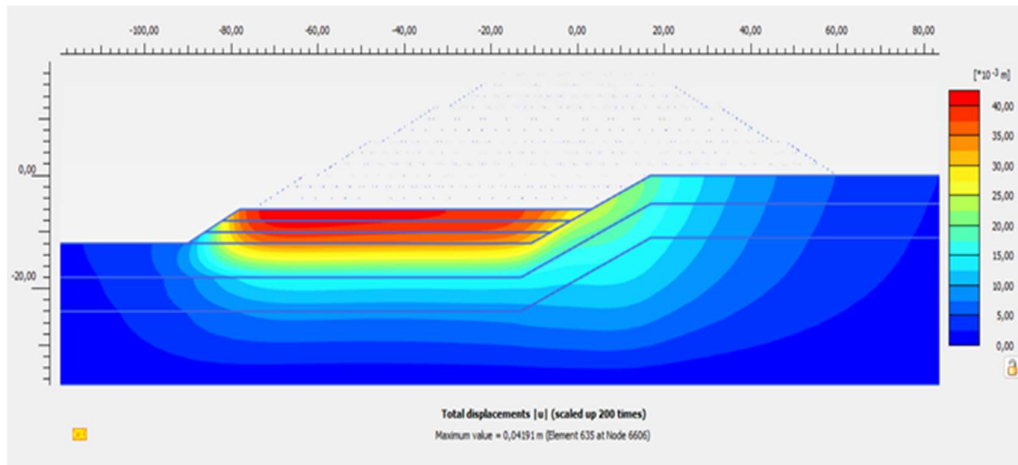
Gambar 4.1 Pemodelan Timbunan Tanpa Perkuatan Pada STA 50+975

Dari hasil penyelidikan tanah dan geometrik lereng secara melintang dan kemudian dianalisa dengan menggunakan program PLAXIS. Skenario pemodelan PLAXIS untuk analisis lereng timbunan tanpa perkuatan dalam penelitian ini dengan hasil yaitu:

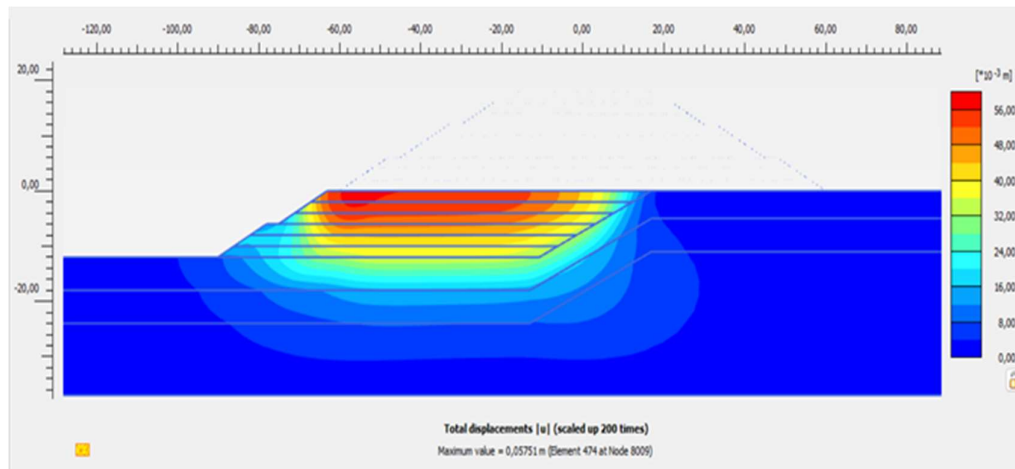
Tabel 4.8. Faktor Keamanan Tanpa perkuatan

| No | Stage<br>Construction | Tinggi<br>Timbunan (m) | Deformasi<br>(mm) | FK<br>(-) |
|----|-----------------------|------------------------|-------------------|-----------|
| 1  | Timbunan tahap 1      | 4.00                   | 31.91             | 1.48      |
| 2  | Timbunan tahap 2      | 10.00                  | 47.51             | 1.47      |
| 3  | Timbunan tahap 3      | 16.00                  | 61.08             | 1.45      |
| 4  | Timbunan tahap 4      | 22.00                  | 71.60             | 1.46      |
| 5  | Timbunan tahap 5      | 28.00                  | 89.37             | 1.45      |
| 6  | Beban kendaraan       | 34.00                  | 14.06             | 1.46      |
| 8  | Gempa                 | 34.00                  | 12.05             | 1.30      |

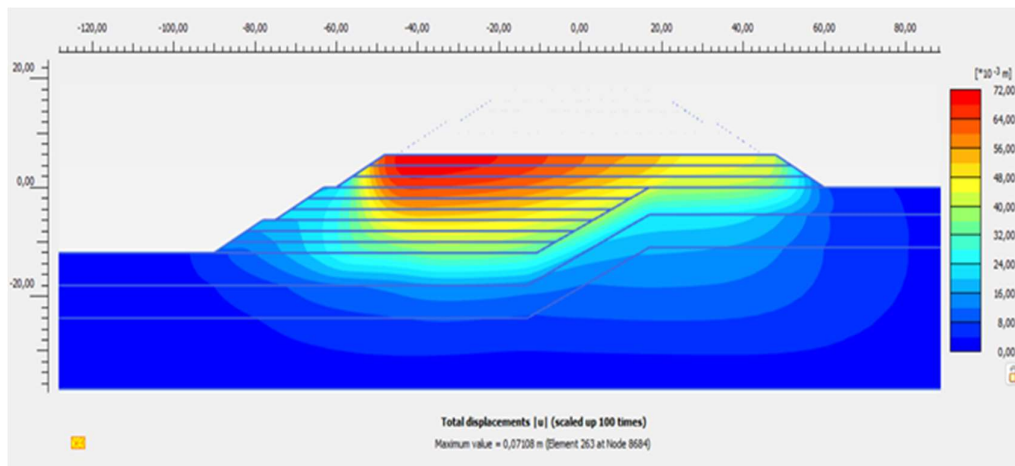




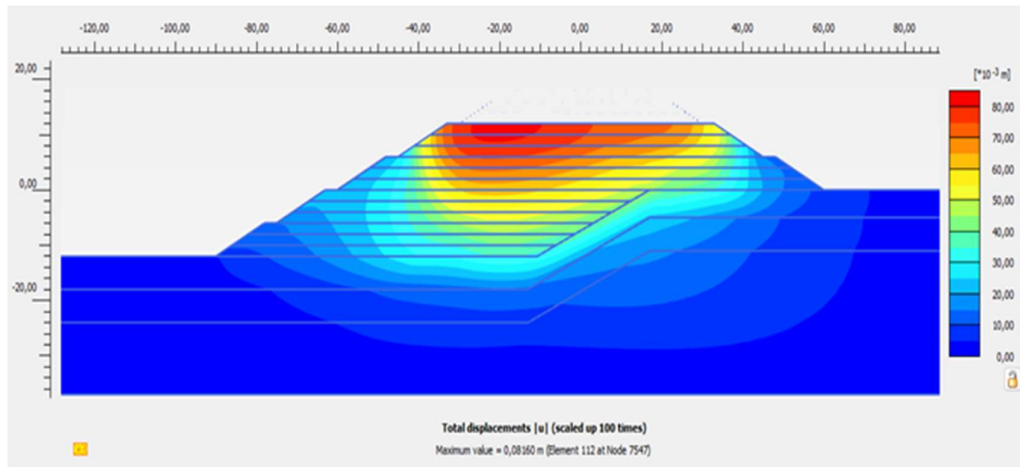
**Gambar 4.2** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 1 Tanpa Perkuatan



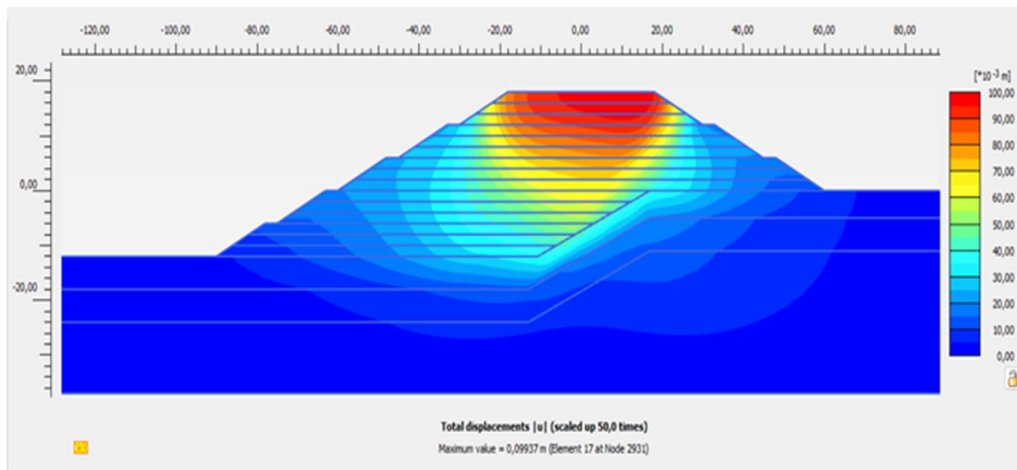
**Gambar 4.3** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 2 Tanpa Perkuatan



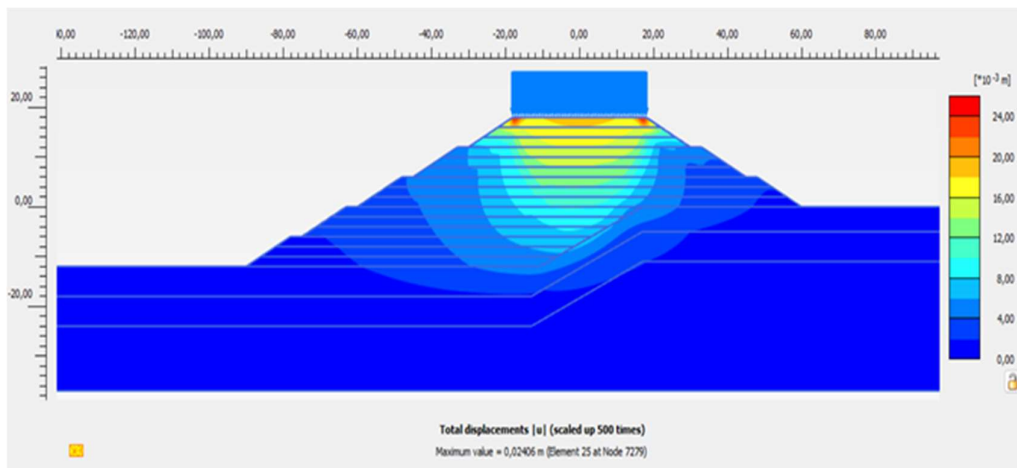
**Gambar 4.4** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 3 Tanpa Perkuatan



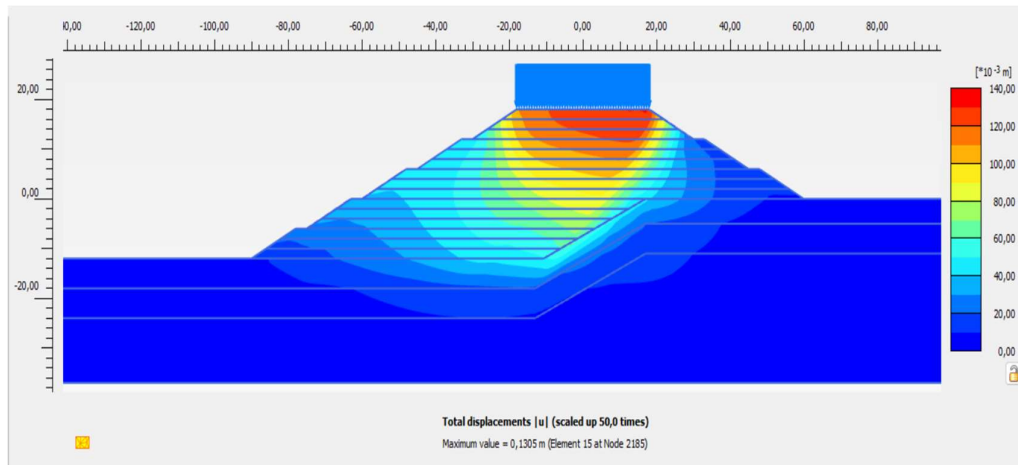
**Gambar 4.5** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 4 Tanpa Perkuatan



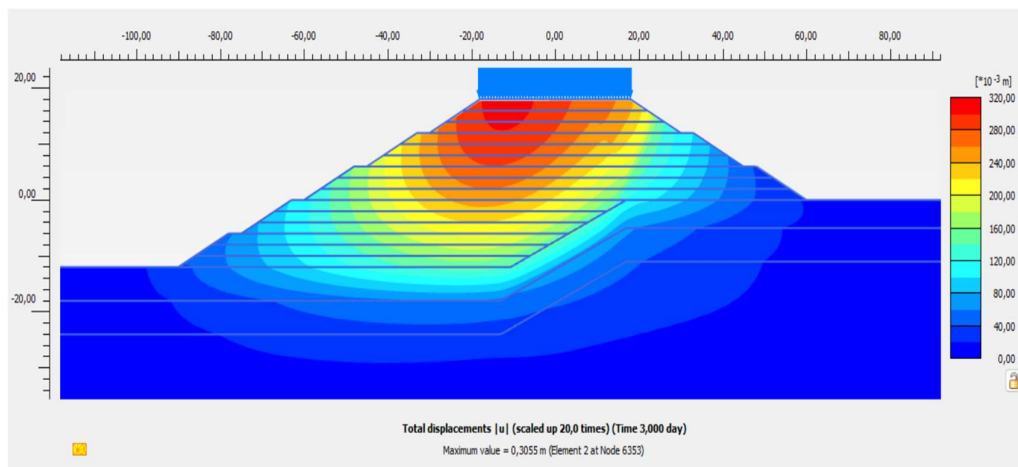
**Gambar 4.6** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 5 Tanpa Perkuatan



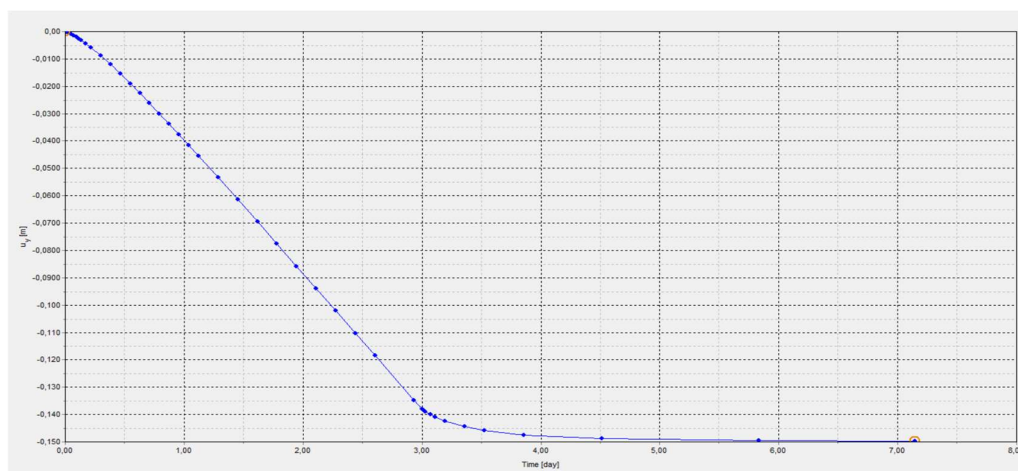
**Gambar 4.7** Pemodelan STA 50+975 Beban Kendaraan Tanpa Perkuatan



**Gambar 4.8** Pemodelan STA 50+975 Kondisi Gempa Tanpa Perkuatan



**Gambar 4.9** Pemodelan STA 50+975 Analisis Skema Penurunan Tanpa Perkuatan



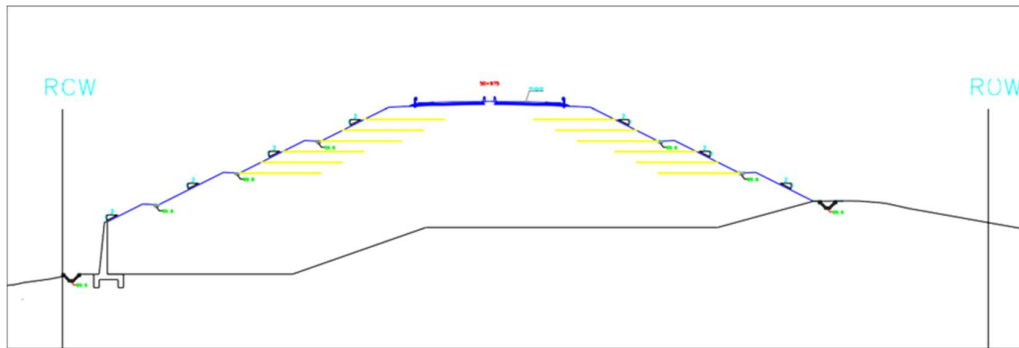
**Gambar 4.10** Grafik Penurunan Timbunan Tanpa Perkuatan

#### 4.5 Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geotextile

##### Woven

Untuk metode penanganan timbunan tinggi yang elevasi dasar timbunannya tidak sama tinggi serta melanggar ROW maka direkomendasikan untuk :

- Melakukan galian bertrap yang cukup lebar dan luas pada dasar timbunan, sehingga pendistribusian beban jadi lebih merata.
- Perkuatan geotextile dengan kapasitas kuat geser 40 kN/m pada kedua lereng timbunan dipasang dengan panjang 15 meter dan dipasang tiap 2 meter tebal timbunan.
- Karena garis ROW memotong sampai  $\frac{1}{4}$  kaki timbunan menyebabkan adanya potongan vertikal tegak yang cukup tinggi (sekitar 10 meter) maka direkomendasikan untuk menggunakan dinding penahan tanah dari beton bertulang sebagai struktur penahan.

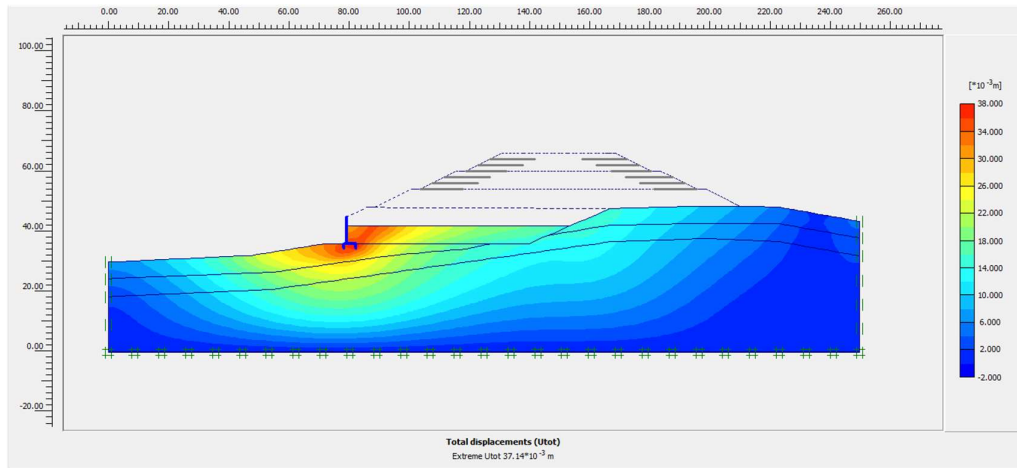


Gambar 4.11 Pemodelan Timbunan STA 50+975 Dengan Perkuatan

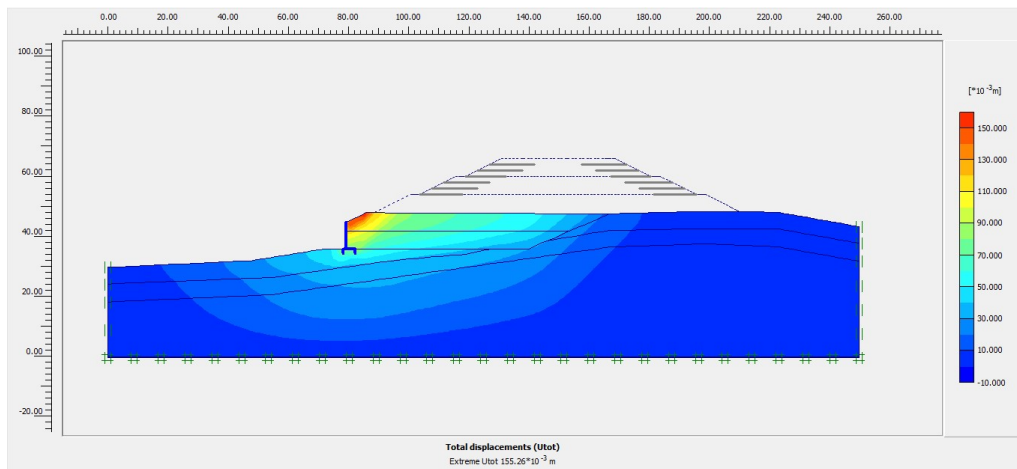
Dari hasil penyelidikan pemodelan PLAXIS untuk analisis lereng timbunan dengan perkuatan dalam penelitian ini dengan hasil yaitu:

Tabel 4.9 Faktor Keamanan Dengan Perkuatan

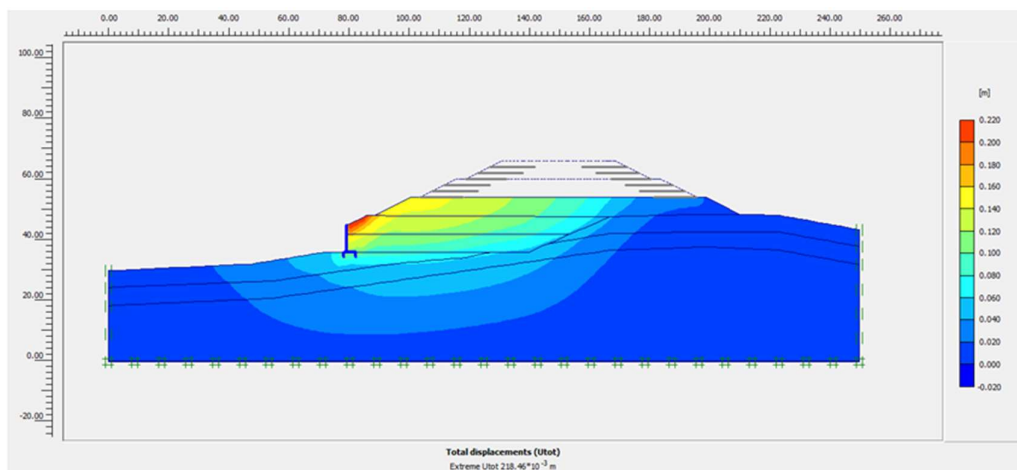
| No | Stage Construction | Tinggi Timbunan (m) | Deformasi (mm) | FK (-) |
|----|--------------------|---------------------|----------------|--------|
| 1  | Timbunan tahap 1   | 4.00                | 37.14          | 6.53   |
| 2  | Timbunan tahap 2   | 10.00               | 155.26         | 4.13   |
| 3  | Timbunan tahap 3   | 16.00               | 218.46         | 3.30   |
| 4  | Timbunan tahap 4   | 22.00               | 236.53         | 1.92   |
| 5  | Timbunan tahap 5   | 28.00               | 264.65         | 1.55   |
| 6  | Beban kendaraan    | 34.00               | 14.33          | 1.51   |
| 8  | Gempa              | 34.00               | 64.74          | 1.33   |



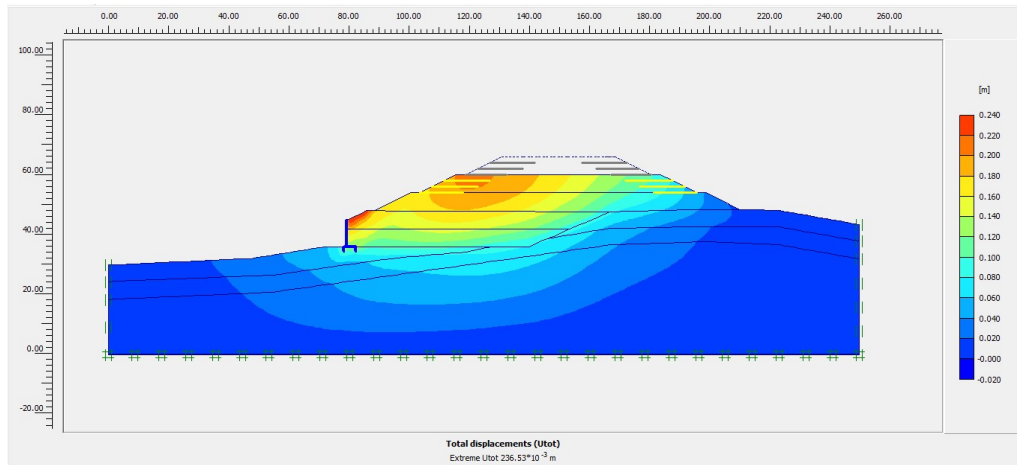
**Gambar 4.12** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 1 Dengan Perkuatan



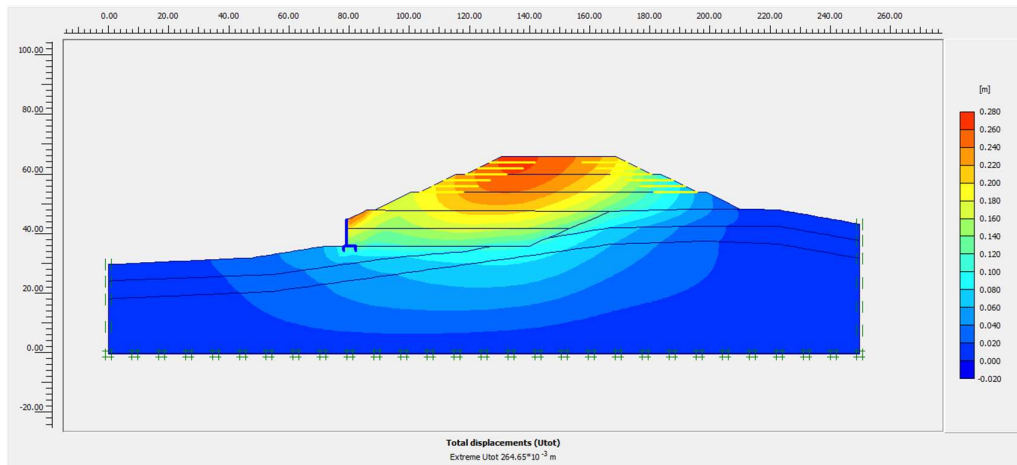
**Gambar 4.13** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 2 Dengan Perkuatan



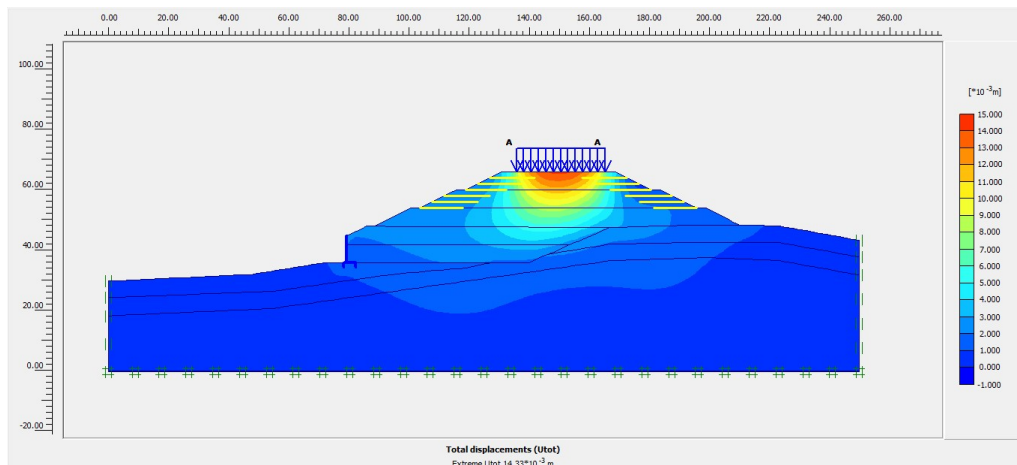
**Gambar 4.14** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 3 Dengan Perkuatan



**Gambar 4.15** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 4 Dengan Perkuatan

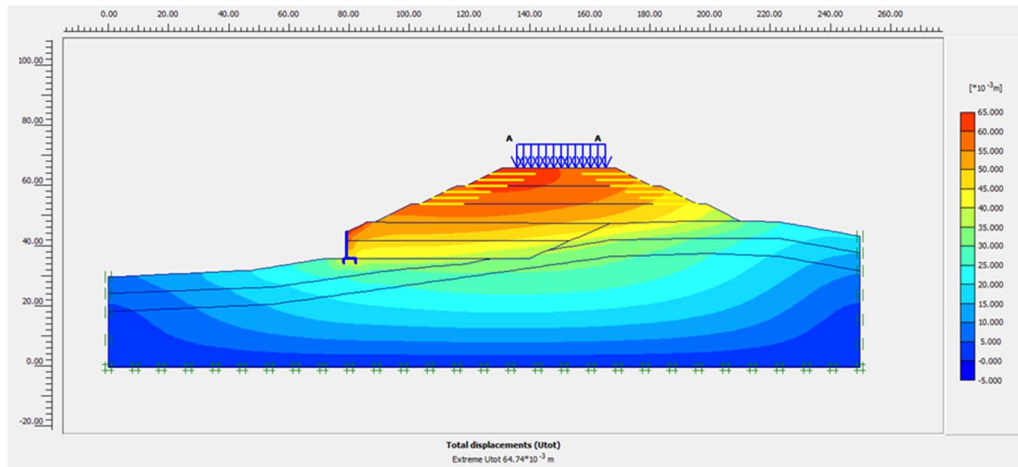


**Gambar 4.16** Pemodelan STA 50+975 Timbunan Tahap 5 Dengan Perkuatan

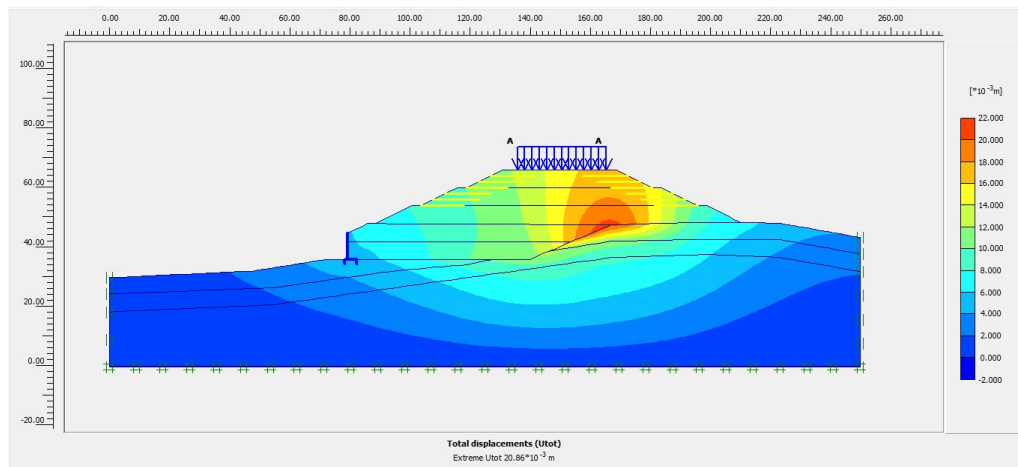


**Gambar 4.17** Pemodelan STA 50+975 Beban Kendaraan Dengan Perkuatan

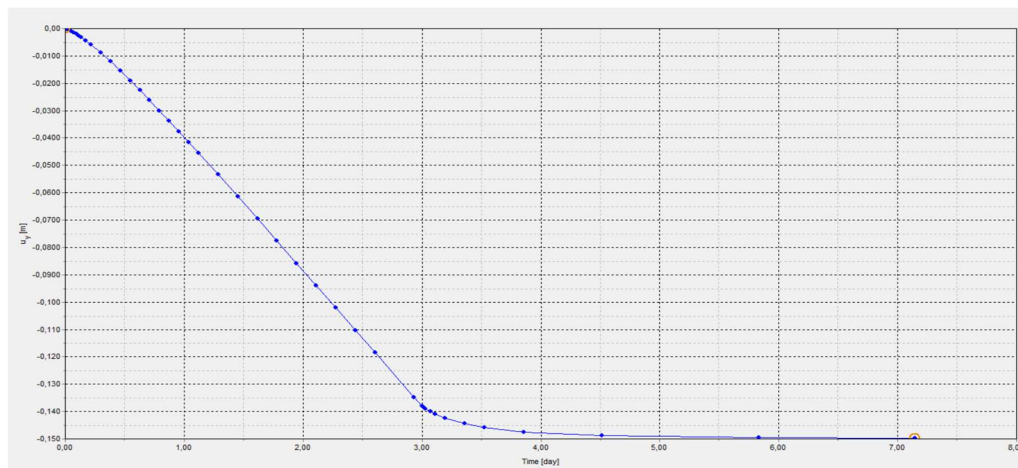




**Gambar 4.18** Pemodelan STA 50+975 Kondisi Gempa Dengan Perkuatan



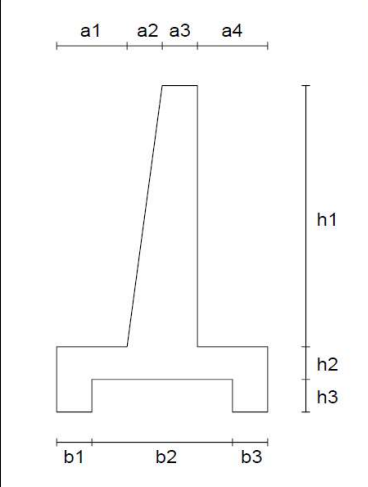
**Gambar 4.19** Pemodelan STA 50+975 Analisis Skema Penurunan Dengan Perkuatan



**Gambar 4.20** Grafik Penurunan Timbunan Dengan Perkuatan

#### 4.6 Analisis Stabilitas DPT

Tabel 4.10 Dimensi DPT

| DIMENSI DPT<br>BETON BERTULANG<br>$\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$                  |   |
|---|---|
|  | <p>a1 = 1.00 m</p> <p>a2 = 1.00 m</p> <p>a3 = 0.50 m</p> <p>a4 = 3.00 m</p><br><p>b1 = 1.00 m</p> <p>b2 = 3.50 m</p> <p>b3 = 1.00 m</p><br><p>h1 = 9.70 m</p> <p>h2 = 1.00 m</p> <p>h3 = 1.50 m</p> |

Tabel 4.11 Koordinat Titik Berat DPT

| Koordinat Titik Berat DPT |       |       |              |              |              |
|---------------------------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|
| No                        | $x_i$ | $y_i$ | $A_i$        | $x_i A_i$    | $y_i A_i$    |
| 1                         | 0.50  | 0.75  | 1.50         | 0.75         | 1.13         |
| 2                         | 5.00  | 0.75  | 1.50         | 7.50         | 1.13         |
| 3                         | 2.75  | 2.00  | 5.50         | 15.13        | 11.00        |
| 4                         | 2.25  | 7.35  | 4.85         | 10.91        | 35.65        |
| 5                         | 1.67  | 5.73  | 4.85         | 8.08         | 27.81        |
| $\Sigma =$                |       |       | <b>18.20</b> | <b>42.37</b> | <b>76.70</b> |
| Koordinat titik berat     |       |       | <b>x</b>     | <b>=</b>     | <b>2.33</b>  |
|                           |       |       | <b>y</b>     | <b>=</b>     | <b>4.21</b>  |

Tabel 4.12 Parameter Tanah Timbunan Dan Dasar

| Parameter Tanah Timbunan |          |   |                         |
|--------------------------|----------|---|-------------------------|
| Berat jenis              | $\gamma$ | = | 16.00 kN/m <sup>3</sup> |
| Kohesi                   | $c'$     | = | 1.00 kPa                |
| Sudut geser dalam        | $\phi'$  | = | 33.00 deg               |
| Koefisien aktif          | $K_a$    | = | 0.49 (-)                |
| Tinggi timbunan          | $H$      | = | 8.00 m                  |
| Slope timbunan           | $\beta$  | = | 26.60 deg               |
| Parameter Tanah Dasar    |          |   |                         |
| Berat jenis              | $\gamma$ | = | 17.87 kN/m <sup>3</sup> |
| Kohesi                   | $c'$     | = | 14.40 kPa               |
| Sudut geser dalam        | $\phi'$  | = | 30.53 deg               |
| Koefisien aktif          | $K_a$    | = | 0.33 (-)                |
| Koefisien pasif          | $K_p$    | = | 3.06 (-)                |



**Tabel 4.13 Stabilitas Geser**

| Stabilitas Geser             |                |      |
|------------------------------|----------------|------|
| Gaya geser akibat timbunan   | $F_s = 248.34$ | kN/m |
| Gaya geser aktif tanah dasar | $P_a = 18.22$  | kN/m |
| Gaya geser pasif tanah dasar | $P_p = 171.16$ | kN/m |
| Tahanan geser tanah dasar    | $F_r = 347.54$ | kN/m |
| FK Geser                     | $FK_s = 1.95$  | (-)  |
| FK Geser minimum             | $FK = 1.50$    | (-)  |
| Memenuhi Syarat              |                |      |

**Tabel 4.14 Stabilitas Guling**

| Stabilitas Guling           |                   |        |
|-----------------------------|-------------------|--------|
| Gaya guling akibat timbunan | $M_o = 1009.90$   | kN-m/m |
| Gaya guling geser aktif     | $P_{a'} = 15.18$  | kN-m/m |
| Gaya guling geser pasif     | $P_{p'} = 142.63$ | kN-m/m |
| Tahanan guling DPT          | $M_r = 1917.60$   | kN-m/m |
| FK Guling                   | $FK_s = 2.01$     | (-)    |
| FK Guling minimum           | $FK = 2.00$       | (-)    |
| Memenuhi Syarat             |                   |        |

**Tabel 4.15 Daya Dukung DPT**

| Bearing Capacity of Retaining Wall |                      |                    |       |         |       |            |       |       |            |      |          |
|------------------------------------|----------------------|--------------------|-------|---------|-------|------------|-------|-------|------------|------|----------|
| Depth                              | $\gamma$             | $\Sigma \sigma'_v$ | $c'$  | $\phi'$ | $N_q$ | $N_\gamma$ | $N_c$ | $S_c$ | $S_\gamma$ | B    | Qu       |
| (m)                                | (kN/m <sup>3</sup> ) | (kPa)              | (kPa) | (-)     | (-)   | (-)        | (-)   | (-)   | (-)        | (m)  | (kN)     |
| 2.50                               | 17.87                | 44.68              | 14.40 | 30.53   | 23.88 | 21.92      | 38.79 | 1.00  | 1.00       | 5.50 | 10015.95 |

| Stabilitas Daya Dukung    |                  |      |
|---------------------------|------------------|------|
| Berat total DPT           | $W = 455.00$     | kN/m |
| Daya dukung ultimit tanah | $Q_u = 10015.95$ | kN/m |
| FK Daya Dukung            | $FK = 22.01$     | (-)  |
| FK Daya Dukung minimum    | $FK = 3.00$      | (-)  |
| Memenuhi Syarat           |                  |      |

## 4.7 Rekapitulasi Hasil Penanganan

**Tabel 4.16 Rekapitulasi Hasil Analisis Faktor Keamanan**

| No | Stage Construction | Tinggi Timbunan (m) | Hasil Analisis |                  | Status                      |
|----|--------------------|---------------------|----------------|------------------|-----------------------------|
|    |                    |                     | Lereng Asli    | Geotextile Woven |                             |
|    |                    |                     | FK (-)         | FK (-)           |                             |
| 1  | Timbunan tahap 1   | 4.00                | 1.48           | 6.53             | Aman Untuk Direkomendasikan |
| 2  | Timbunan tahap 2   | 10.00               | 1.47           | 4.13             | Aman Untuk Direkomendasikan |
| 3  | Timbunan tahap 3   | 16.00               | 1.45           | 3.30             | Aman Untuk Direkomendasikan |
| 4  | Timbunan tahap 4   | 22.00               | 1.46           | 1.92             | Aman Untuk Direkomendasikan |
| 5  | Timbunan tahap 5   | 28.00               | 1.45           | 1.55             | Aman Untuk Direkomendasikan |
| 6  | Beban kendaraan    | 34.00               | 1.46           | 1.51             | Aman Untuk Direkomendasikan |
| 8  | Gempa              | 34.00               | 1.30           | 1.33             | Aman Untuk Direkomendasikan |

**Tabel 4.17 Rekapitulasi Hasil Analisis Penurunan**

| No | Construction              | Penurunan Total (m) | Waktu Penurunan (hari) |
|----|---------------------------|---------------------|------------------------|
| 1  | Timbunan Asli             | 0,15                | 200                    |
| 2  | Timbunan dengan Perkuatan | 0,15                | 200                    |

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Perkuatan lereng dengan Geotextile Woven dengan kapasitas kuat geser 40 kN/m pada kedua lereng timbunan dipasang dengan panjang 15 meter dan dipasang tiap 2 meter tebal timbunan telah memenuhi kriteria kestabilan lereng.
2. Pada Analisis Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geotextile Woven karena garis ROW memotong sampai  $\frac{1}{4}$  kaki timbunan menyebabkan adanya potongan vertikal tegak yang cukup tinggi (sekitar 10 meter) dibantu penggunaan dinding penahan tanah dari beton bertulang sebagai struktur penahan dengan berat total DPT sebesar 455 kN/m dan faktor keamanan Daya Dukung sebesar 22.01.
3. Nilai faktor keamanan Stabilitas Lereng Timbunan dengan Perkuatan Geotextile Woven yang diperoleh setelah dilakukan analisis dengan plaxis yaitu dengan nilai kenaikan tertinggi pada timbunan pertama yaitu dari 1,48 menjadi 6,53 dengan persentase kenaikan 22,7 %.

#### **5.2 Saran**

Setelah dilakukan Analisis dalam pembahasan *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Metode Perkuatan Geotextile Menggunakan Pemodelan Plaxis 2D* terdapat beberapa saran yaitu :

1. Untuk menganalisis penanganan stabilitas lereng diharapkan data laboratorium yang lebih rinci untuk memudahkan serta mengakuratkan hitungan analisis.

2. Kondisi pengadaan tanah untuk kebutuhan konstruksi sangat terbatas hal ini terbukti dengan adanya kasus ini dimana konstruksi melanggar ROW sehingga perlu penanganan khusus, diharapkan saat pelaksanaan pengadaan tanah pihak BUJT PT. Citra Karya Jabar Tol dapat berkoordinasi terkait kebutuhan lahan tambahan dengan pihak Kementerian PUPR melalui PPK Pengadaan Tanah Jalan Tol Cileunyi Sumedang Dawuan sebelum habisnya masa Penetapan Lokasi Pengadaan Tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Geotextile Woven Lapis Perkuatan & Stabilisasi. Geomaxreka. (2006). Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
- Perencanaan dan Pelaksanaan perkuatan tanah dengan geosintetik.(2009). Pedoman Konstruksi dan Bangunan. Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga , Direktorat Bina Teknik.
- Rencana Teknik Akhir Jalan Tol CISUMDAWU (Cileunyi – Sumedang – Dawuan) Seksi V, Laporan Aspek Geoteknik. (April, 2021). PT Citra Karya Jabar Tol, PT Yodya Karya (Persero).
- Susi Hidayah, Yohan Roy Gratia. (2007). Program Analisis Stabilitas Lereng, Laporan Tugas Akhir., Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

