

# TUGAS AKHIR

## PERBANDINGAN PERFORMA GALIAN TINGGI DAN TEROWONGAN TERHADAP GEMPA

(Studi Kasus : Proyek Ruas Jalan Tol Sukabumi-Ciranjang)

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan  
Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung



Disusun Oleh :

Ryan Hanung Pratama  
30.2017.00.165

Syahri Maulana Ibrahim  
30.2017.00.218

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG

SEMARANG

2021



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG ( UNISSULA )  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Pn. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

HALAMAN PENGESAHAN

PERBANDINGAN PERFORMA GALIAN TINGGI DAN  
TEROWONGAN TERHADAP GEMPA

(Studi Kasus : Proyek Ruas Jalan Tol Sukabumi-Ciranjang)

Diajukan Oleh :



Ryan Hanung Pratama

30.2017.00.165



Syahdi Maulana Ibrahim

30.2017.00.218

Telah disetujui oleh :

Pembimbing I

**Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, MT**

Pembimbing II

**Selvia Agustina ST., M.Eng**

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng**



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG ( UNISSULA )  
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

**BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

No : .....

Pada hari ini tanggal 10 Desember 2020 berdasarkan surat keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan dosen pembimbing dan asisten dosen pembimbing :

1. Nama : Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, MT  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
Jabatan : Dosen pembimbing I
2. Nama : Selvia Agustina ST., M.Eng  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
Jabatan : Dosen Pembimbing II

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir / Skripsi :

1. Nama/NIM : Ryan Hanung Pratama / 30201700165
2. Nama/NIM : Syahril Maulana Ibrahim / 30201700218

Judul : "PERBANDINGAN PERFORMA GALLIAN TINGGI DAN TEROWONGAN TERHADAP GEMPA"

Dengan tahapan sebagai berikut :

| No | Tahap                       | Tanggal          | Keterangan |
|----|-----------------------------|------------------|------------|
| 1  | Penunjukan dosen pembimbing | 10 Desember 2020 | -          |
| 2  | Pengumpulan data            | 17 Februari 2021 | -          |
| 3  | Penyusunan laporan          | 10 Maret 2021    | -          |
| 4  | Selesai laporan             | 12 Juli 2021     | ACC        |

Dengan Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Pembimbing I

Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT

Pembimbing II

Selvia Agustina ST., M.Eng

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG ( UNISSULA )  
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

---

**PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ryan Hanung Pratama

NIM 30201700165

Nama : Syahril Maulana Ibrahim

NIM 30201700218

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : PERBANDINGAN PERFORMA GALIAN TINGGI DAN TEROWONGAN TERHADAP GEMPA.

Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Dibuat di: Semarang  
Pada tanggal: 12 Juli 2021

Penulis I

Ryan Hanung Pratama

Penulis II

Syahril Maulana Ibrahim



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG ( UNISSULA )  
FAKULTAS TEKNIK

Lalitn ltn;:tk.slip.l>tc k4' \ f'\>. IttlX I II'\I I elf Ifl2'l)h1H 1 'lX4 I'.xt \fl7 hcmurang fi0l 12

PERNYA'£AAN K EAS.I.IAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

nrn2 . Ryan hinting Pral:inta  
SIM ?0\*0I 7ffll hñ  
fi8nia . Syahril Mntillia lhrBhim  
NIM ?0\*0I 700218

Judul :PERBANDINGAN PERFORMA GALIAN TINGGI DAN TEROWONGAN TERHADAP GEMPA.

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini menipakam hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan hasil saya sendiri. Saya fldak mencantumkan tanpa pengakuan bahan — bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh omng lain, atau sebagai batten yang pemah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian dari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Demikian pernyataafl ini saya buat.

Dibuat di: Semarang

Pada tanggal:12 Juli 2021

Menulis I

METERAI  
Ryan Hanung Pratama  
90E4DAJX005198751

Penulis II

METERAI  
Syahril Maulana Ibrahim  
90E4DAJX005198751

### MOTTO

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ وَمِنَ الْأَرْضِ مِثْلَهُنَّ يَتَنَزَّلُ الْأَمْرُ بَيْنَهُنَّ لِتَعْلَمُوا أَنَّ  
اللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ وَأَنَّ اللَّهَ قَدْ أَحَاطَ بِكُلِّ شَيْءٍ عِلْمًا

“Allah lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi. Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwanya Allah Maha Kuasa atas segala sesuatu,dan sesungguhnya Allah ilmu-Nya benar-benar meliputi segala sesuatu.”

**Surat at-Thalaq ayat 12**

قِيلَ وَإِذَا لَكُمْ اللَّهُ يَفْسَحُ فَأَفْسَحُوا الْمَجَالِسَ فِي تَفْسَحُوا لَكُمْ قِيلَ إِذَا آمَنُوا الَّذِينَ يَأْتِيهَا  
بِمَا وَاللَّهُ دَرَجَاتٍ الْعِلْمِ أَوْثُوا وَالَّذِينَ مِنْكُمْ آمَنُوا الَّذِينَ اللَّهُ يَرْفَعُ فَاَنْشُرُوا أَنْشُرُوا  
خَيْرٌ تَعْمَلُونَ

Wahai orang-orang yang beriman! Apabila dikatakan kepadamu, “Berilah kelapangan di dalam majelis-majelis,” maka lapangkanlah, niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan, “Berdirilah kamu,” maka berdirilah, niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat. Dan Allah Mahateliti apa yang kamu kerjakan.

**Surat Al-Mujadilah Ayat 11**



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG ( UNISSULA )  
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

---

**PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah, puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya yang diberikan kepada saya hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Eko Yuniarto Hanung Sukendar dan Ibu Sri Sugiyantini, Adik saya, serta keluarga besar yang telah memberikan segenap kasih sayang, semangat, do'a dan pendidikan mental untuk terus mengejar impian menjadi seorang yang mulia di dunia dan akhirat.
2. Dosen-dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu-ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, MT. dan Ibu Selvia Agustina ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar mengajarkan saya dalam pembuatan laporan ini.
4. Syahril Maulana Ibrahim selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2016, 2017 dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk kebersamaan kita selama 4 tahun ini, terima kasih atas doa, semangat dan motivasi kalian. Semoga selalu terjaga pertemanan kita sampai kapanpun.

**Ryan Hanung Pratama**

**30201700165**



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG ( UNISSULA )  
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

---

**PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah, puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya yang diberikan kepada saya hingga saat ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Noor Khamid dan Ibu Liliani Putri Kartikasari, serta keluarga besar yang telah memberikan segenap kasih sayang, semangat, do'a dan pendidikan mental untuk terus mengejar impian menjadi seorang yang mulia di dunia dan akhirat.
2. Dosen-dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu-ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, MT. dan Ibu Selvia Agustina ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar mengajarkan saya dalam pembuatan laporan ini.
4. Ryan Hanung Pratama selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2016, 2017 dan yang lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih untuk kebersamaan kita selama 4 tahun ini, terima kasih atas doa, semangat dan motivasi kalian. Semoga selalu terjaga pertemanan kita sampai kapanpun.

**Syahril Maulana Ibrahim**

**30201700218**





## **KATA PENGANTAR**

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT kami ucapkan, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **PERBANDINGAN PERFORMA GALIAN TINGGI DAN TEROWONGAN TERHADAP GEMPA**. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayani, MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing kami menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik dan saran, serta dorongan semangat.
4. Ibu Selvia Agustina ST., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing kami menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik dan saran, serta dorongan semangat.
5. Mohamad Fan Syofyan, ST. selaku pengajar saya yang telah membantu dan mengajarkan *program Software Plaxis 2D*
6. Seluruh dosen dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
7. Orang tua dan seluruh keluarga dari penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan.
8. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG ( UNISSULA )  
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp.(024)6583584 Ext.507 Semarang 50112

---

Penulis menyadari karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, dan pengalaman yang dimiliki maka dalam pembuatan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan untuk menjadikannya lebih baik.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat kepada semua pihak yang memerlukannya. Amin.

Semarang, Juli 2021

Penulis I

Ryan Hanung Pratama

Penulis II

Syahril Maulana Ibrahim



## DAFTAR ISI

|  |            |
|--|------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                     | <b>i</b>   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>                 | <b>ii</b>  |
| <b>BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....</b> | <b>iii</b> |
| <b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>         | <b>iv</b>  |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>                | <b>v</b>   |
| <b>MOTTO .....</b>                             | <b>vi</b>  |
| <b>PERSEMBAHAN.....</b>                        | <b>vii</b> |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                     | <b>ix</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                         | <b>xi</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                       | <b>xv</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                      | <b>xvi</b> |
| <b>DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI.....</b>          | <b>xix</b> |
| <b>ABSTRAK .....</b>                           | <b>xx</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>                          | <b>xxi</b> |
| <br>   |            |
| <b>BAB I    PENDAHULUAN.....</b>               | <b>1</b>   |
| 1.1    Latar Belakang.....                     | 1          |
| 1.2    Rumusan Masalah.....                    | 2          |
| 1.3    Tujuan.....                             | 2          |
| 1.4    Batasan Masalah .....                   | 2          |
| 1.5    Sistematika Penulisan .....             | 3          |
| <br>   |            |
| <b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA .....</b>        | <b>4</b>   |
| 2.1    Tanah .....                             | 4          |
| 2.1.1 Tanah dan sifat- sifatnya .....          | 5          |
| 2.1.2 Parameter Tanah .....                    | 7          |
| 2.1.3 Modulus Young .....                      | 9          |
| 2.1.4 Poisson Ratio .....                      | 9          |

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| 2.1.5          | Sudut Geser Dalam .....  | 10        |
| 2.1.6          | Kohesi .....   | 10        |
| 2.1.7          | Berat Jenis Tanah Kering.....  | 11        |
| 2.1.8          | Berat Jenis Tanah Basah .....  | 11        |
| 2.1.9          | Permeabilitas Tanah.....   | 12        |
| 2.1.10         | Angka Pori .....   | 15        |
| 2.1.11         | Pengaruh beban gempa pada Galian tanah .....   | 15        |
| 2.2            | Terowongan ( <i>Tunnel</i> ) .....   | 19        |
| 2.2.1          | Metode <i>TBM</i> ( <i>Tunnel Boring Machine</i> ) .....                                     | 19        |
| 2.2.2          | Metode <i>NATM</i> ( <i>New Austrian Tunneling Method</i> ).....                             | 23        |
| 2.2.3          | Perubahan Tegangan .....   | 28        |
| 2.2.4          | Stabilitas Terowongan.....   | 29        |
| 2.2.5          | Pengaruh beban Gempa pada Terowongan.....  | 30        |
| 2.3            | Progam <i>PLAXIS 2D</i> .....  | 32        |
| <b>BAB III</b> | <b>METODE PENELITIAN.....</b>  | <b>34</b> |
| 3.1.           | Alur Diagram Penelitian .....  | 34        |
| 3.2.           | Pendahuluan.....   | 36        |
| 3.3.           | Studi Literatur .....  | 36        |
| 3.4.           | Pengumpulan Data .....   | 36        |
| 3.5.           | Permodelan dengan Progam <i>Plaxis 2D</i> Galian dan <i>Plaxis 2D</i><br><i>Tunnel</i> ..... | 37        |
| 3.5.1          | Permodelan Tanah.....  | 37        |
| 3.5.2          | Permodelan Material .....  | 38        |
| 3.5.3          | Proses Penggalian.....   | 38        |

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
| 3.5.4         | Kalkulasi ( <i>Calculation</i> ).....            | 39        |
| 3.5           | Kesimpulan dan Saran .....                       | 39        |
| 3.6           | Pembuatan Laporan .....                          | 39        |
| <b>BAB IV</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                | <b>40</b> |
| 4.1.          | Tinjauan Umum .....                              | 40        |
| 4.2.          | Data Analisis .....                              | 41        |
| 4.2.1         | Data Tanah .....                                 | 41        |
| 4.3.          | Analisis Data Galian .....                       | 43        |
| 4.3.1         | Pemodelan Plaxis 2D .....                        | 43        |
| 4.3.2         | <i>Input</i> Kondisi Awal .....                  | 49        |
| 4.3.3         | <i>Calculation</i> .....                         | 52        |
| 4.3.4         | Hasil Analisa <i>Calculation</i> .....           | 53        |
| 4.4.          | Analisis Data <i>Tunnel</i> ( Terowongan ) ..... | 65        |
| 4.4.1         | Data Pemodelan .....                             | 65        |
| 4.4.2         | Pemodelan Data .....                             | 70        |
| 4.4.3         | Hasil Analisa <i>Calculation</i> .....           | 76        |
| 4.5.          | Pembahasan.....                                  | 87        |
| <b>BAB V</b>  | <b>PENUTUP .....</b>                             | <b>91</b> |
| 5.1.          | Kesimpulan .....                                 | 91        |
| 5.2.          | Saran.....                                       | 92        |

DAFTAR PUSTAKA ..... 93

LAMPIRAN



## DAFTAR TABEL

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Tabel 2.1</b>  | Korelasi empiris antara nilai N-SPT dengan <i>unconfined compressive strength</i> dan berat jenis tanah jenuh untuk tanah kohesif ..... 7 |
| <b>Tabel 2.2</b>  | Korelasi Berat Jenis Tanah Untuk Tanah Non Kohesif dan Kohesif ..... 8  |
| <b>Tabel 2.3</b>  | Korelasi Berat Jenis Tanah Jenuh Untuk Tanah Non Kohesif ..... 8  |
| <b>Tabel 2.4</b>  | Nilai Tipikal Berat Volume Tanah ..... 8  |
| <b>Tabel 2.5</b>  | Nilai Perkiraan pada <i>Modulus Young</i> ..... 9   |
| <b>Tabel 2.6</b>  | Hubungan antara jenis Tanah dan <i>Poisson Ratio</i> ..... 9  |
| <b>Tabel 2.7</b>  | Hubungan Antar Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah..... 10  |
| <b>Tabel 2.8</b>  | Nilai Kohesi Tanah Lempung..... 10  |
| <b>Tabel 2.9</b>  | Nilai <i>Tripikal</i> Berat Volume Tanah..... 11  |
| <b>Tabel 2.10</b> | Nilai Permeabilitas Tanah menurut <i>Casagrande</i> ..... 12  |
| <b>Tabel 2.11</b> | Tabel Klasifikasi Situs..... 15   |
| <b>Tabel 2.12</b> | Parameter dan metode pengujian yang di gunakan untuk mendapatkan parameter kelas situs ..... 16   |
| <b>Tabel 2.13</b> | Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2 detik ( <i>F<sub>pga</sub></i> dan <i>F<sub>a</sub></i> ) .....17                            |
| <b>Tabel 2.14</b> | Besarnya nilai <i>factor</i> amplifikasi untuk periode 1 detik ( <i>F<sub>v</sub></i> ) .....18   |
| <b>Tabel 4.1</b>  | Parameter Tanah Galian ..... 41   |
| <b>Tabel 4.2</b>  | Parameter Beton Rabat pada galian tinggi..... 42  |
| <b>Tabel 4.3</b>  | Parameter <i>Rigid</i> pada galian tinggi (perkerasan kaku)..... 42   |
| <b>Tabel 4.4</b>  | Parameter Timbunan <i>Base</i> pada galian tinggi ..... 42  |
| <b>Tabel 4.5</b>  | Parameter <i>Tunnel</i> (Terowongan) ..... 42   |
| <b>Tabel 4.6</b>  | Parameter <i>Rigid</i> pada <i>Tunnel</i> (perkerasan kaku) ..... 42  |
| <b>Tabel 4.7</b>  | Hasil <i>Output</i> Galian Tinggi ..... 91  |
| <b>Tabel 4.8</b>  | Hasil <i>Output</i> Analisa Gempa pada Galian Tinggi ..... 91   |
| <b>Tabel 4.9</b>  | Hasil <i>Output Tunnel</i> ..... 91   |
| <b>Tabel 4.10</b> | Hasil <i>Output</i> Beban pada <i>Plate Tunnel</i> ..... 91   |
| <b>Tabel 4.11</b> | Hasil <i>Output Plate Tunnel</i> sesudah terkena gempa ..... 93   |
| <b>Tabel 4.12</b> | Hasil <i>Output Plate Tunnel</i> sesudah terkena gempa ..... 93   |
| <b>Tabel 4.13</b> | Hasil <i>Output</i> Analisa Gempa pada <i>Tunnel</i> ..... 93   |

## DAFTAR GAMBAR

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Gambar 2.1</b>  | Alat uji <i>standart penetration test</i> (tabung split spoon sampler)..... | 7  |
| <b>Gambar 2.2</b>  | Perangkat mesin bor Mr. I bohn .....  | 20 |
| <b>Gambar 2.3</b>  | <i>Tunnel Bor Machine</i> .....   | 20 |
| <b>Gambar 2.4</b>  | Alur galian <i>hard rock</i> TBM.....                                       | 21 |
| <b>Gambar 2.5</b>  | <i>Hard rock tunnel bore machine</i> .....                                  | 22 |
| <b>Gambar 2.6</b>  | Mesin TBM dengan tipe <i>slurry shield bore machine</i> .....               | 23 |
| <b>Gambar 2.7</b>  | Penggalian terowongan metode NATM .....                                     | 24 |
| <b>Gambar 2.8</b>  | <i>Wedge Shape Bodies</i> .....   | 25 |
| <b>Gambar 2.9</b>  | Konvergensi .....   | 25 |
| <b>Gambar 2.10</b> | Pengaruh gaya lateral.....  | 26 |
| <b>Gambar 2.11</b> | Tahapan pembuatan terowongan metode NATM.....                               | 27 |
| <b>Gambar 2.12</b> | <i>Compressive strength</i> .....   | 27 |
| <b>Gambar 2.13</b> | Deformasi dan momen lentur lapisan terowongan .....                         | 28 |
| <b>Gambar 2.14</b> | Spektrum respon <i>design</i> , dibentuk menggunakan metode tiga titik..... | 30 |
| <b>Gambar 3.1</b>  | Bagan Metodologi Penulisan.....   | 35 |
| <b>Gambar 4.1</b>  | Lokasi Pengambilan Data .....   | 40 |
| <b>Gambar 4.2</b>  | Plaxis 8.2 .....  | 43 |
| <b>Gambar 4.3</b>  | Pembuatan Dimensi .....   | 43 |
| <b>Gambar 4.4</b>  | Pemodelan kondisi tanah.....  | 44 |
| <b>Gambar 4.5</b>  | Pembuatan <i>New Material</i> .....   | 44 |
| <b>Gambar 4.6</b>  | <i>Material</i> galian.....   | 45 |
| <b>Gambar 4.7</b>  | Memasukan <i>Material</i> kedalam pemodelan .....                           | 46 |
| <b>Gambar 4.8</b>  | <i>Plate</i> dan <i>Distributed Load</i> .....                              | 46 |
| <b>Gambar 4.9</b>  | <i>Setting geometri line</i> .....  | 47 |
| <b>Gambar 4.10</b> | <i>Input</i> beban merata.....  | 47 |
| <b>Gambar 4.11</b> | <i>Pembuatan Plate</i> .....  | 48 |
| <b>Gambar 4.12</b> | <i>Properties</i> Perkerasan .....  | 48 |
| <b>Gambar 4.13</b> | <i>Mesh</i> pemodelan .....   | 49 |
| <b>Gambar 4.14</b> | Muka air tanah .....  | 49 |
| <b>Gambar 4.15</b> | Muka Air Tanah dengan <i>phreatic level</i> Penulisan.....                  | 50 |
| <b>Gambar 4.16</b> | <i>Output</i> tekanan air .....   | 50 |



|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| <b>Gambar 4.17</b> | Tanah sebelum galian tanpa ada beban.....                          | 51 |
| <b>Gambar 4.18</b> | Tegangan efektif tanah sebelum proses galian.....                  | 51 |
| <b>Gambar 4.19</b> | <i>Setting Calculation</i> .....                                   | 52 |
| <b>Gambar 4.20</b> | <i>Running Calculation</i> .....                                   | 53 |
| <b>Gambar 4.21</b> | <i>Total displacements</i> sebesar 8.08 m.....                     | 54 |
| <b>Gambar 4.22</b> | <i>Excess pore pressure</i> sebesar 0.00 Kn/m <sup>2</sup> .....   | 54 |
| <b>Gambar 4.23</b> | <i>Safety factor</i> sebesar 1.0252.....                           | 55 |
| <b>Gambar 4.24</b> | <i>Total displacements</i> sebesar 0,19903 m.....                  | 55 |
| <b>Gambar 4.25</b> | <i>Excess pore pressure</i> sebesar 271.59 Kn/m <sup>2</sup> ..... | 56 |
| <b>Gambar 4.26</b> | <i>Safety factor</i> sebesar 1.9817.....                           | 56 |
| <b>Gambar 4.27</b> | <i>Total displacements</i> sebesar 0,53928 m.....                  | 57 |
| <b>Gambar 4.28</b> | <i>Excess pore pressure</i> sebesar 282.01 Kn/m <sup>2</sup> ..... | 57 |
| <b>Gambar 4.29</b> | <i>Safety factor</i> sebesar 1.9918.....                           | 58 |
| <b>Gambar 4.30</b> | <i>Total displacements</i> sebesar 0,56983 m.....                  | 58 |
| <b>Gambar 4.31</b> | <i>Excess pore pressure</i> sebesar -2.64 Kn/m <sup>2</sup> .....  | 59 |
| <b>Gambar 4.32</b> | <i>Safety factor</i> sebesar 1.5419.....                           | 59 |
| <b>Gambar 4.33</b> | <i>General Setting</i> .....                                       | 60 |
| <b>Gambar 4.34</b> | <i>standart eartquake boundering</i> .....                         | 60 |
| <b>Gambar 4.35</b> | <i>Prescribed displacement</i> .....                               | 61 |
| <b>Gambar 4.36</b> | <i>Total Displacement</i> 23,76m.....                              | 61 |
| <b>Gambar 4.37</b> | <i>Total Incremental Displacement</i> 0,08688 m.....               | 62 |
| <b>Gambar 4.38</b> | <i>Total Strains</i> yaitu sebesar 1,05%.....                      | 62 |
| <b>Gambar 4.39</b> | <i>Total Mean Stress</i> -2900 kN/m <sup>2</sup> .....             | 63 |
| <b>Gambar 4.40</b> | <i>Total Displacement</i> 3,39 m.....                              | 63 |
| <b>Gambar 4.41</b> | <i>Total Incremental Displacement</i> 0,00615 m.....               | 64 |
| <b>Gambar 4.42</b> | <i>Total Incremental Shear Strains</i> 0,04288 m.....              | 64 |
| <b>Gambar 4.43</b> | <i>Total Mean Setresses</i> -2770 kN/m <sup>2</sup> .....          | 65 |
| <b>Gambar 4.44</b> | <i>Very Soft</i> .....   | 66 |
| <b>Gambar 4.45</b> | <i>Soft</i> .....  | 66 |
| <b>Gambar 4.46</b> | <i>Medium</i> .....  | 67 |
| <b>Gambar 4.47</b> | <i>Hard</i> .....  | 67 |
| <b>Gambar 4.48</b> | <i>Very Dense</i> .....  | 68 |
| <b>Gambar 4.49</b> | <i>Medium Interface</i> .....                                      | 68 |
| <b>Gambar 4.50</b> | <i>Hard Interface</i> .....  | 69 |

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| <b>Gambar 4.51</b> | <i>Plat properties IWF 800x300x14x26</i> .....                         | 69 |
| <b>Gambar 4.52</b> | <i>Rigid 30 cm</i> .....   | 70 |
| <b>Gambar 4.53</b> | <i>Pemodelan kondisi tanah Terowongan</i> .....                        | 71 |
| <b>Gambar 4.54</b> | <i>Pemodelan material tanah</i> .....                                  | 71 |
| <b>Gambar 4.55</b> | <i>Pemodelan dimensi tunnel</i> .....                                  | 72 |
| <b>Gambar 4.56</b> | <i>Soil material interface 0.5</i> .....                               | 72 |
| <b>Gambar 4.57</b> | <i>Select plate</i> .....  | 73 |
| <b>Gambar 4.58</b> | <i>Select material tunnel IWF</i> .....                                | 73 |
| <b>Gambar 4.59</b> | <i>Select plate</i> .....  | 74 |
| <b>Gambar 4.60</b> | <i>Select material Rigid</i> .....                                     | 74 |
| <b>Gambar 4.61</b> | <i>Setting Calculation</i> .....                                       | 75 |
| <b>Gambar 4.62</b> | <i>Running Calculation</i> .....                                       | 75 |
| <b>Gambar 4.63</b> | <i>Total Displacement 8,64 m</i> .....                                 | 76 |
| <b>Gambar 4.64</b> | <i>Vertical Displacement -7,40 m</i> .....                             | 77 |
| <b>Gambar 4.65</b> | <i>Total Displacement 0,00314 m</i> .....                              | 77 |
| <b>Gambar 4.66</b> | <i>Vertical Displacement -0,00205 m</i> .....                          | 78 |
| <b>Gambar 4.67</b> | <i>Total Displacement 0,00985 m</i> .....                              | 78 |
| <b>Gambar 4.68</b> | <i>Vertical Displacement -0,0064 m</i> .....                           | 79 |
| <b>Gambar 4.69</b> | <i>Total Displacement 348000 m</i> .....                               | 79 |
| <b>Gambar 4.70</b> | <i>Vertical Displacement -2000 m</i> .....                             | 80 |
| <b>Gambar 4.71</b> | <i>Axial Force -0,00134 kN/m</i> .....                                 | 80 |
| <b>Gambar 4.72</b> | <i>Total Shear Forces 942,51 kN/m</i> .....                            | 81 |
| <b>Gambar 4.73</b> | <i>Total Bending moments -0,00111 kN/m</i> .....                       | 81 |
| <b>Gambar 4.74</b> | <i>Nilai Axial Force terkena gempa -0,00144 kN/m</i> .....             | 82 |
| <b>Gambar 4.75</b> | <i>Nilai Shear Forces terkena gempa 1180 kN/m<sup>3</sup></i> .....    | 82 |
| <b>Gambar 4.76</b> | <i>Nilai Bending Moments terkena gempa 1360 kN/m<sup>3</sup></i> ..... | 83 |
| <b>Gambar 4.77</b> | <i>Nilai Total Displacement terkena gempa 0,74052 m</i> .....          | 83 |
| <b>Gambar 4.78</b> | <i>Total Displacement increments 0,00177 m</i> .....                   | 84 |
| <b>Gambar 4.79</b> | <i>Total accelerations 0,44268 m/s<sup>2</sup></i> .....               | 84 |
| <b>Gambar 4.80</b> | <i>General Setting</i> .....   | 85 |
| <b>Gambar 4.81</b> | <i>standart eartquake boudnering 46 m</i> .....                        | 85 |
| <b>Gambar 4.82</b> | <i>Prescribed displacement</i> .....                                   | 86 |
| <b>Gambar 4.83</b> | <i>Total Displacement 9,04 m</i> .....                                 | 86 |
| <b>Gambar 4.84</b> | <i>Vertical Displacement -4,96 m</i> .....                             | 87 |

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Gambar 4.85</b> | <i>Total Incremental Displacement 0,04383 m</i> .....     | 87 |
| <b>Gambar 4.86</b> | <i>Incremental shear strains 0,74259%</i> .....           | 88 |
| <b>Gambar 4.87</b> | <i>Effective mean stress -1090 kN/m<sup>2</sup></i> ..... | 88 |
| <b>Gambar 4.88</b> | <i>Total Displacement 9,07 m</i> .....                    | 89 |
| <b>Gambar 4.89</b> | <i>Vertical Displacement -4,99 m</i> .....                | 89 |
| <b>Gambar 4.90</b> | <i>Total Incremental Displacement 44530 m</i> .....       | 90 |
| <b>Gambar 4.91</b> | <i>Incremental shear strains 0,74623%</i> .....           | 90 |
| <b>Gambar 4.92</b> | <i>Effective mean stress -1090 kN/m<sup>2</sup></i> ..... | 91 |



## DAFTAR LAMBANG DAN NOTASI

|            |  |
|------------|--|
| $e$        | = Angka pori                                       |
| $W_w$      | = Berat air (gr)                                   |
| $S$        | = Derajat kejenuhan (%)                            |
| $\psi_w$   | = Berat volume air (Cm <sup>3</sup> )              |
| $W_s$      | = Berat butiran (gr)                               |
| $\mu$      | = Poission ratio                                   |
| $V_v$      | = Volume rongga (cm <sup>3</sup> )                 |
| $\gamma_d$ | = Berat jenis tanah kering (kN/m <sup>3</sup> )    |
| $n$        | = Porositas (%)                                    |
| $A$        | = Luas permukaan                                   |
| $h_L$      | = Ketinggian permukaan air sampai ke dasar tabung. |
| $L$        | = Ketinggian tabung tanah.                         |
| $C_c$      | = Indeks pemampatan                                |
| $C_s$      | = Indeks Pengembangan                              |
| $\Phi$     | = Sudut geser dalam (°)                            |
| $E$        | = Modulus young (kN/m <sup>2</sup> )               |
| $W$        | = Kadar air (%)                                    |
| $\gamma_b$ | = Berat jenis tanah basah (kN/m <sup>3</sup> )     |
| $V_s$      | = Volume butiran (Cm <sup>3</sup> )                |
| $C$        | = Kohesi (kn/m <sup>2</sup> )                      |
| $k$        | = koefisien permeabilitas (m/s)                    |

## ABSTRAK

Oleh :

Ryan Hanung Pratama<sup>1)</sup>, Syahril Maulana Ibrahim<sup>1)</sup>, Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, MT<sup>2)</sup>,  
Selvia Agustina ST., M.Eng<sup>2)</sup>

Jalan tol merupakan jalan untuk umum yang mana terdiri dari jaringan jalan serta menjadi jalan nasional dimana pemakainya diharuskan membayar. Jalan tol merupakan bagian yang terdiri atas sistem jaringan jalan umum sebagai lalulintas alternatif. Galian adalah aktivitas atau suatu lokasi tempat manusia melaksanakan ekskavasi, ekstraksi, atau penambangan pasir, kerikil, bebatuan, tanah liat, dan bahan bangunan lainnya, sedangkan terowongan merupakan sebuah konstruksi yang mana dapat ditemui dalam pembangunan jalan yang bebas dari hambatan pada pengembangan perkotaan ataupun pusat listrik tenaga air. menganalisis performa galian tinggi dan terowongan terhadap gempa menggunakan *PLAXIS 2D V8.2*, untuk mengetahui besaran deformasi, *displacement*, *excess pore pressures*, dan *effective stresses* serta pengaruhnya terhadap tanah akibat dari penggalian dimana hasil *output* dari *PLAXIS* ini sebagai besarnya reaksi yang terjadi pada galian tinggi dan terowongan akibat gempa. Dimana perhitungan dilakukan menggunakan *program software PLAXIS 2D*.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini menggunakan metodologi penelitian dengan studi kasus yang dilakukan dengan tahapan pengerjaan yang teratur dan sistematis. Studi literatur yang dapat digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini berdasarkan laporan mengenai perencanaan dan pelaksanaan konstruksi yang akan dijadikan parameter dan menyusun model untuk digunakan dalam pemodelan menggunakan *Plaxis 2D Galian* dan *Plaxis 2D Tunnel*. Literatur yang digunakan berupa jurnal, paper, diktat, makalah, dan beberapa tambahan literature lainnya. Dengan didapatkannya beberapa literature tersebut digunakan sebagai salah satu dasar materi dalam penyusunan landasan teori dan sebagai acuan dalam penentuan metode yang akan digunakan.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menggunakan program *Plaxis*, Dengan menggunakan data gempa *psuedostatic time interval 4* detik pada analisa pekerjaan proyek Ruas Jalan Tol Sukabumi- Ciranjang. Hasil yang kita peroleh dapat disimpulkan bahwa dari analisa tersebut sama-sama beresiko apabila terjadinya gempa, walaupun nilai *safety factor* pada hasil analisa *output PLAXIS 2D Galian* lebih tinggi dibandingkan hasil analisa *output PLAXIS 2D Tunnel*. Gempa setelah galian dilakukan *Safety Factor* sudah lebih dari 1,1 dan tidak terlihat bidang gelincir pada lereng, sehingga galian aman terhadap gempa. Pada analisa dengan *Tunnel Safety Factor* gempa pada saat selesai konstruksi memperlihatkan masih adanya bahaya pada lereng dengan *Safety Factor* dibawah 1,1, namun demikian adanya kelongsoran pada lereng tidak mempengaruhi konstruksi *tunnel*.

Kata kunci : Performa Galian dan *Tunnel* terhadap gempa pada konstruksi jalan Tol

<sup>1)</sup> Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA

<sup>2)</sup> Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA

## **ABSTRACT**

By :

Ryan Hanung Pratama<sup>1</sup>), Syahril Maulana Ibrahim<sup>1</sup>), Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, MT<sup>2</sup>),  
Selvia Agustina ST., M.Eng<sup>2</sup>)

*Toll roads are public roads that are part of the road network system and as national roads for which users are required to pay. The toll road as part of the public road network system is an alternative route. Excavation is an activity or location where humans do extraction, excavation, or mining rocks, clay, sand, gravel, and building material others, while the tunnel is a construction found in the construction of freeways, hydroelectric power stations or in urban development. analyzing the performance of high excavations and tunnels against earthquakes using PLAXIS 2D V8.2, to determine the magnitude of deformation, displacement, excess pore pressures, and effective stresses and their effect on the soil as a result of excavation where the output from PLAXIS is the magnitude of the reaction that occurs in high excavations. and tunnels caused by the earthquake. Where calculations are carried out using the PLAXIS 2D program.*

*In the preparation of this Final Project using a research methodology with case studies carried out with regular and systematic stages of work. study [The iteration used in the preparation of this Final Project is based on reports on planning and construction implementation that will be used as parameters and develop models to be used in modeling using Plaxis 2D Excavation and Plaxis 2D Tunnel. The literature used is in the form of journals, papers, diktats, papers, and some additional literature. By obtaining some of the literature, it is used as one of the basic materials in the preparation of the theoretical basis and as a reference in determining the method to be used.*

*The results obtained from this study using the Plaxis program, using psuedostatic earthquake data at an interval of 4 seconds in the work analysis of the Sukabumi-Ciranjang Toll Road Project. The results we get can be concluded that from the analysis both are at risk in the event of an earthquake, even though the value of the safety factor in the analysis of the PLAXIS 2D Excavation output is higher than the analysis of the PLAXIS 2D Tunnel output. The earthquake after the excavation was carried out the Safety Factor was more than 1.1 and there was no visible slip field on the slopes, so the excavation was safe against earthquakes. In the analysis with the Tunnel Safety Factor, the earthquake at the time of completion of construction showed that there was still a hazard on the slopes with a Safety Factor below 1.1, however, the existence of landslides on the slopes did not affect the tunnel construction.*

*Key words : Performance of excavation and tunnel against earthquake in toll road construction*

<sup>1</sup>) Students of the Faculty of Engineering, Civil Engineering Study Program, UNISSULA

<sup>2</sup>) Lecturer of the Faculty of Engineering Civil Engineering Study Program UNISSULA

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan tol merupakan jalan untuk umum yang mana terdiri dari jaringan jalan serta menjadi jalan nasional dimana pemakainya diharuskan membayar. Jalan tol merupakan bagian yang terdiri atas sistem jaringan jalan umum sebagai lalulintas alternatif, akan tetapi pada kurun waktu tertentu jalan tol bisa juga tidak menjadi lalulintas alternatif.

Terowongan merupakan struktur bawah tanah yang didefinisikan sebagai suatu bangunan yang dibuat untuk menciptakan kemudahan transportasi dalam mengatasi kondisi yang berhadapan dengan hambatan dari alam ataupun *special hazard*. Dalam mengatasi hambatan-hambatan alam seperti medan pegunungan, sungai-sungai, dan lautan, terowongan memberikan keamanan dan kenyamanan transportasi kapan saja tanpa dipengaruhi oleh keadaan cuaca.

Pekerjaan penyelidikan tanah meliputi pekerjaan lapangan dengan pengeboran, pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) beserta pengujian laboratorium, untuk memperoleh data dan parameter tanah setempat yang dibutuhkan dalam melakukan analisa untuk perencanaan pondasi dalam konstruksi di dalam bangunan di atasnya.

Maksud dalam Penyelidikan tanah ini sebagai sarana pendukung proyek jalan tol Sukabumi yang mana jalan tol tersebut merupakan proyek lanjutan yang dulunya dari Tol Bogor – Ciawi – Sukabumi yang di mana sudah direncanakan pada tahun 2008 lalu. Maksud dari pembangunan jalan tol ini bertujuan dapat memecah kemacetan di Sukabumi dan Padalarang. Dalam pemabangunan Jalan Tol ini mebangun ruas tol sepanjang 69 kilometer (km), Untuk Jalan tol Sukabumi – Ciranjang –

Padalarang rencana akan di bangun sepanjang 60 km, dan Jalan tol ini akan di bagi dalam 2 fase, yang fase pertama Sukabumi – Ciranjang sepanjang 28 km dan kedua adalah tol Ciranjang –Padalarang yang rencananya membentang sepanjang 33 km.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada rumusan masalah yang dapat kita simpulkan pada Tugas Akhir ini antara lain:

- a. Bagaimana proses pemodelan galian dan terowongan menggunakan program *Plaxis 2D* ?
- b. Berapa gaya gempa rencana untuk galian dan terowongan menggunakan persyaratan perancangan geoteknik SNI 8460-2017 ?
- c. Seberapa besar perbedaan data yang dihasilkan dari pemodelan Galian tanah dan terowongan menggunakan program *Plaxis 2D* ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan pada penulisan dalam Tugas Akhir ini antara lain:

- a. Menjelaskan bagaimana proses pemodelan Galian tanah dan terowongan dengan menggunakan program *Plaxis 2D*.
- b. Hasil gempa akan terlihat pada *output Plaxis 2D deformasi, displacement, shear forces* dan *Incremental Shear Strain* .
- c. Mengetahui perbandingan data yang dihasilkan dari pemodelan menggunakan *Plaxis 2D*.

## 1.4 Batasan Masalah

Masalah yang dapat dijadikan sebagai bahan dari analisis di penulisan ini, diberi batasan hanya berfokus dalam pemodelan penggalian struktur tanah pada Jalan Tol Sukabumi dan perbandingan jika direncanakan adanya terowongan dengan metode NATM (*New Austrian Tunneling Method*) menggunakan program *Plaxis 2D*. Untuk mengetahui besarnya deformasi, *displacement, shear forces*, dan *Incremental Shear Strain*



## 1.5 Sistematika Penulisan

Dalam pembuatan penulisan Tugas Akhir ini, sistematika dari penulisan dirangkai sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Pada tahap paling awal ini membahas serta menguraikan tentang bagaimana latar belakang masalah, rumusan permasalahan yang terjadi, batasan permasalahan apa yang di masalahkan, maksud dan juga tujuan, serta sistematika dalam pembuatan laporan tugas akhir.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Pada tahapan bab ini kami menguraikan landasan teori tentang tanah dan sifat- sifatnya, terowongan, serta program *Plaxis 2D*.

### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Pada bagian ini kami menjelaskan metode apa yang berhubungan pada alur perencanaan dan penulisan Tugas Akhir yang dimana guna mendapatkan tujuan yang dapat dicapai pada hasil analisis menurut kaidah yang sudah di tetapkan.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Ditahap ini kami menguraikan semua data yang di dapat dan yang digunakan, pemodelan yang dibuat untuk membuat program *Plaxis 2D*, serta perbandingan data yang dihasilkan dari pemodelan menggunakan *Plaxis 2D*.

### **BAB V : PENUTUP**

Pada bagian terakhir ini, berisikan tentang kesimpulan dari hasil analisis yang kami dapat serta saran yang akan kami sertakan mengenai penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanah

Tanah adalah lapisan paling atas pada lapisan bumi. Tanah ini memiliki banyak sifat-sifat dan ciri khas yang dimana berbeda-beda di antara tanah pada lokasi tertentu dan tanah dilokasi yang lainnya. Menurut Dokuchaev, (1870) ,Fauizek dkk (2018). Tanah merupakan susunan paling atas pada lapisan bumi yang bermula dari material induk dan sudah menjadikan suatu proses yang berlanjutan, dikarekanan pada faktor alami yang terpengaruh air, udara, dan berbagai macam makhluk hidup yang sudah mati maupun yang masih hidup. Tingkat pada perubahan ini telah terlihat di struktur, warna hasil dari pelapukan dan komposisi.

Menurut Das (1995), dalam wawasan teknik secara umumnya, tanah diidentifikasi sebagai material berisikan bahan organik yang melapuk yang mengisi ruang yang kosong di partikel padat itu serta agregat mineral-mineral yang padat serta tidak tersementasi satu dengan yang lainnya.

Menurut Hardiyatmo (1992), Apriliyandi (2017), tanah merupakan rangkaian antara butiran relative lemah yang dapat menyebabkan zat organik, oksida atau karbonat yang dapat mengumpul di partikel. Partikel antara ruang yang berisikan udara, air, maupun yang lainnya

Menurut Hary Christiady Hardiyatmo dalam catatannya, *Mekanika Tanah I edisi Kelima*, dalam pengertian teknik sipil, tanah merupakan endapan yang cukup lepas, bahan organik, dan himpunan mineral, yang teretak di atas bebatuan dasar. Sementara Terzaghi dalam ungkapannya tanah berisikan butiran-butiran dari pelapukan masa batuan *massive*, yang mana setiap ukutan kontak antar butir tidak tersementasi kedalam bahan organik dan setiap butirannya akan sebesar keriki pasir lanau lempung.

Ikatan pada butiran yang lebih relatif akan lemah karena ditimbulkan oleh oksida yang mengendap pada partikel itu sendiri, zat organik, dan zat karbonat. Tempat pada partikel yang berisikan udara, air maupun keduanya. Melakukan prosesi melapuknya bebatuan ataupun geologi yang lainnya yang dapat terjadi pada bumi di permukaannya dan menghasilkan permukaan tanah. Terbentuknya tanah pada proses pembentukan batuan induknya, dan menghasilkan proses kimia maupun fisik. Proses terjadinya penyusunan tanah dengan cara fisik yang pada awalnya dapat menjadikan bebatuan dan mengubah partikel-partikel yang lebih kecil, akibat dari terjadinya pengaruh air, es, manusia, angin, erosi atau meleburnya partikel pada tanah yang terjadi akibat dari perubahan iklim dan cuaca. Secara garis besarnya, terjadinya pelapukan akibat proses kimia terjadi karena pengaruh karbondioksida, oksigen, air (teruntuk yang mengandung alkali atau asam) dan proses kimia yang terjadi lainnya.

Di dalam buku yang berisikan “Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) dan Sifat-Sifat Fisis”, Joseph E. Bowles menjelaskan dari pemeriksaan visual akan tertera bahwa blok tanah tersebut akan berisikan atas rongga (*voids*) pori-pori dan butiran pada tanah. Pori-pori tanah merupakan ruang yang dapat terbuka diantara butiran-butiran kecil pada tanah, dengan berbagai macam bentuk serta ukuran yang berada. Sebuah unsur yang berada pada pori-pori Sedangkan butiran tanah merupakan partikel yang padat yang bersifat *mikroskopis* atau *makroskopis* yang terjadi pada ukurannya. Di dapat disimpulkan bahwa tanah tersusun dari tiga komponen komponen utama yaitu air, udara dan butiran padat yang menggumpal.

### 2.2.1. Tanah dan sifat- sifatnya

Pada kasus kali ini kami menggunakan Teori Terzaghi (1987) yang dimana jika tanah dalam keadaan lempung yang dalam bentuk kering maka kondisi tanah bakal kaku, dan sangat sulit terkelupas dari jari-jari tangan, sedangkan permeabilitas pada tanah yang lempung juga relative rendah. Dan selain itu dalam keterangan Hardiyatmo (1992) Herman (2016), sifat-sifat yang dapat dimiliki dari sebuah tanah lempung yaitu yang pertama permeabilitas yang cukup rendah, yang ke dua untuk ukuran butiran halus lebih sangat kecil dari 0,002 mm, yang ketiga menaiknya nilai air kapiler yang sangat tinggi, yang keempat memiliki sifat yang sangat kohesif, yang kelima proses pada saat

konsolidasi lambat dan kadar kembang susut yang relatif tinggi. Pada tanah lempung ada juga agregat yang partikel ukuran *submikroskopik* dan *mikroskopik* yang berasal dari proses pembusukan kimiawi kedalam batuan, dan memiliki sifat plastis dalam kadar air yang sangat luas sampai sedang. Dimana pada saat kondisi kering tidak akan mudah terkelupas dan sangat keras jika menggunakan jari tangan yang dipakai. Permeabilitas pada tanah yang lempung relatif rendah. Istilah “gumbo”, Untuk tanah lempung keadaan plastisnya dapat dilihat dalam wujudnya yang sangat amat keras, bersabun atau bisa terbuat dari lilin. Kadar air yang sangat tinggi atau sangat basah, tanah lempung biasanya bersifat lengket.

Partikel tanah memiliki ukuran yang sangat beragam. Tanah pada umumnya disebut sebagai berangkal (*boulders*) pasir (*sand*), kerikil (*gravel*), lempung (*clayt*) atau lanau (*silt*), koloid (*colloids*) tergantung pada ukuran partikel tanah yang akan digunakan.

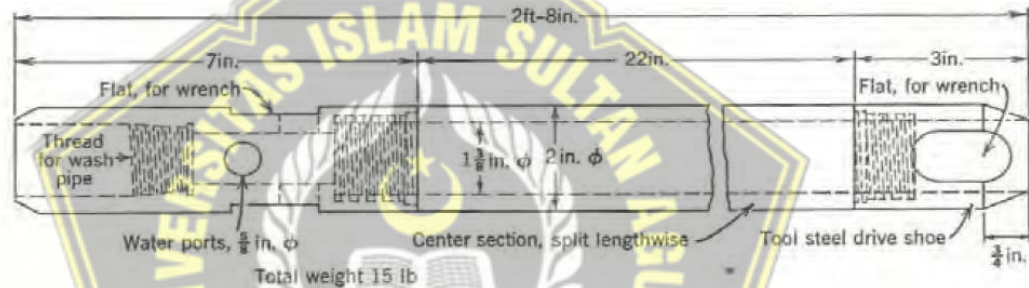
- a) Berangkal(*boulders*), adalah batu yang dipotong cukup sangat besar, bahkan biasanya melebihi angka 250 mm sampai dengan 300 mm. Dengan rata-rata antara 150 mm sampai dengan 250 mm, batuan fragmen tersebut dapat disebut kerakal(*cobbles*).
- b) Pasir (*sand*) sebgaiian besar berisikan mineral *quartz* serta juga *feldspar*, serta partikel dari mineral yang lainnya dimana juga mungkin masih saja ada.
- c) Kerikil (*gravel*) merupakan kepingan yang berasal dari batuan dan juga mengandung butiran *quartz, feldspar* dan mineral lainnya.
- d) Untuk lanau(*silt*) secara garis besar adalah bagian dari fraksi mikroskopis (memiliki ukuran yang sangat-sangat kecil) yang berasal dari partikel tanah yang sangat halus dan jumlah partikelnya membentuk lempengan-lempengan yang pipih yang mana pecahannya berasal dari mineral-mineral mika.
- e) Lempung(*clay*) secara garis besar tersusun atas partikel mikroskopis dari submikroskopis (tidak bisa dilihat dengan sevara langsung dan seksama apabila menggunakan mikroskopis biasa)
- f) Koloid atau bisa di sebut juga dengan *colloids*, merupakan mineral “diam” yang dimana ukuranya lebih kecil dari angka 0,001 mm.

Untuk pasirnya butirannya menggunakan diameter 2,0 sampai 0,05mm, yang dimana ukuran butirannya sampai mencapai diameter 0,05 hingga 0,002 mm.

### 2.2.2. Parameter Tanah

Elemen tanah dasar itu memiliki 3(tiga) fase dasar, yaitu udara, padat, serta butiran air. Pemahaman tentang komponen tanah yang sebenarnya itu memperoleh parameter tanah serta hubungan volume dengan berat.

Kekuatan tanah yang akan segera diujikan pada tes penetrasion diinyatakan dalam N-SPT. Dalam ketahanan penetrasi (N-SPT) yakni banyaknya jumlah pukulan ke dalam tanah sekitar 30 cm terkahir, sehingga diperlukannya waktu untuk memensisipkan *Split tube sampler* sampai memakai *hammer* dengan berat kurang lebih 63,5 kg yang di puku kedalam tanah dengan ketinggian 75cm. Alat untu menguji penetrasi ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Alat uji *Standart Penetration Test*(tabung *split spoon sampler*) (soil Mechanic, Internasional Editiion,1969)

Untuk mendapatkan nilai korelasi pada empiris di angka N-SPT dengan *unconfined compressiive strength* serta berat jenis pada tanah jenuh( $\gamma_{sat}$ ) untuk tanah kohesif, dapat dilihat pada Tabel 2.2 di bawah ini.

**Tabel 2.1** Korelasi emperis antara nilaiN-SPT dengan *unconfined compressive strength*dan berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) pada tanah kohesif.

| N SPT<br>(blows/ft) | Konsistensi | $q_u$<br>(Unconfined Compressive<br>Strength)<br>tons / ft <sup>2</sup> | $\gamma_{sat}$<br>kN/ m <sup>3</sup> |
|---------------------|-------------|---|--------------------------------------|
| < 2                 | Very soft   | < 0,25  | 16 – 19                              |
| 2 – 4               | Soft        | 0,25 – 0,50   | 16 – 19                              |
| 4 – 8               | Medium      | 0,50 – 1,00   | 17 – 20                              |
| 8 – 15              | Stiff       | 1,00 – 2,00   | 19 – 22                              |
| 15 – 30             | Very stiff  | 2,00 – 4,00   | 19 – 22                              |
| > 30                | Hard        | > 4,00  | 19 – 22                              |

(Soil Mechanics,form Terrzaghi and Peck1948, Internasionals Edition 1969).

Korelasi didapatkan guna untuk menentukan nilai berat jenis pada tanah ( $\gamma$ ) dan berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) teruntuk tanah nonkohesif serta tanah kohesif dapat dilihat di Tabell 2.2, Tabel2.3 dan Tabel2.4

**Tabel 2.2** Korelasi Berat Jenis Tanah( $\gamma$ .) Untun Tanah NonKohesif dan Kohesif

|  | Cohesionless Soil |        |        |            |      |
|--|-------------------|--------|--------|------------|------|
| N  | 0-10              | 11-30  | 31-50  | >50        |      |
| Unit Weight $\gamma$ , kN/m <sup>3</sup> | 12-16             | 14-18  | 16-20  | 18-23      |      |
| Angle of Friction $\phi$                 | 25-32             | 28-36  | 30-40  | >35        |      |
| State                                    | Loose             | Medium | Dense  | Very Dense |      |
|  | Cohesive          |        |        |            |      |
| N  | <4                | 4-6    | 6-15   | 16-25      | >25  |
| Unit Weight $\gamma$ , kN/m <sup>3</sup> | 14-18             | 16-18  | 16-18  | 16-20      | >20  |
| $q_u$ , kPa                              | <25               | 20-50  | 30-60  | 40-200     | >100 |
| Consistency                              | Very Soft         | Soft   | Medium | Stiff      | Hard |

(Soil Mechanincs, Whillian TWhitman,Roberts V1962 )

**Tabel 2.3** Korelasi Berat Jenis Tanh Jenuh( $\gamma_{sat}$ ) Untuk Tanah NonKohesif.

| Description                         | Very Loose | Loose | Medium | Dense | Very Dense |
|-------------------------------------|------------|-------|--------|-------|------------|
| NSPT                                |            |       |        |       |            |
| Fine                                | 1-2        | 3-6   | 7-15   | 16-30 |            |
| Medium                              | 2-3        | 4-7   | 8-20   | 21-40 | >40        |
| Coarse                              | 3-6        | 5-9   | 10-25  | 26-45 | >45        |
| $\Phi$                              |            |       |        |       |            |
| Fine                                | 26-28      | 28-30 | 30-34  | 33-38 |            |
| Medium                              | 27-28      | 30-32 | 32-36  | 36-42 | <50        |
| Coarse                              | 28-30      | 30-34 | 33-34  | 40-50 |            |
| $\gamma_{wet}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 11-16      | 14-18 | 17-20  | 17-22 | 20-23      |

(Soil Mechanic, Whilliam T. Wihman RobertV1962)

**Tabel 2.4** Nilai Tipikal Berat Volume Tanah

| Jenis tanah | $\gamma_{sat}$ (KN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{dry}$ (KN/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Kerikil     | 20- 22                              | 15 -17                              |
| Pasir       | 18- 20                              | 13 - 16                             |
| Lanau       | 18 -20                              | 14 - 18                             |
| Lempung     | 16 -22                              | 14 - 21                             |

(Soil Mechanics and Foundation,John Wiley&Sons,2000)

### 2.2.3. Moduus Young

Angka Modulus Young menunjukkan nilai yang dimana elastisitas pada tanah yang serupa perbandingannya antara regangan terhadap tegangan.. Untuk angka dari Modulus Young ditemukan data dari *Triaxial Test*. Jika suatu nilai Modulus Elastisitas ( $E_s$ ) secara empiris dapat ditentukan melalui pengambilan data sondir dan jenis tanah yang dipakai. Dapat terlihat di Tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Nilai Perkiraan pada *Modulus Young*

| Macam – macam tanah      | E (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|-------------------------|
| <b>LEMPUNG</b>           |                         |
| - Sangat Lunak           | 3 – 30                  |
| - Lunak                  | 20 – 40                 |
| - Sedang                 | 45 – 90                 |
| - Berpasir               | 300 – 425               |
| <b>PASIR</b>             |                         |
| - Lanau                  | 50 – 200                |
| - Tidak terlalu Padat    | 100 – 250               |
| - Sangat Padat           | 500 – 1000              |
| -                        |                         |
| <b>PASIR DAN KERIKIL</b> |                         |
| - Sangat Padat           | 800 – 2000              |
| - Tidak Terlalu Padat    | 500 – 1400              |
| -                        | 20 – 200                |
| <b>LANAU</b>             | 150 – 600               |
| <b>LOOSE</b>             | 1400 – 14000            |
| <b>CADAS</b>             |                         |

(Sumber : Bowles, 1997)

### 2.2.4. Poisson Ratio

Nilai yang terdapat pada *poisson ratio* dapat dihasilkan dengan regangan pemuaian lateral yang terjadi terhadap kompresi poros. Nilai poisson ratio bisa didapatkan melalui komposisi jenis tanah yang bisa dilihat pada Tabel 2.6 Hubungan antara jenis jenis pada tanah serta *poisson ratio* yang ada di bawah ini.

**Tabel 2.6** Hubungan antara Jenis Tanah dan *Poisson Ratio*

| Jenis Tanah                              | <i>Poisson Ratio</i> ( $\mu$ ) |
|--|--------------------------------|
| Lempung jenuh                            | 0,4 – 0,5                      |
| Lmpung tak begitu jenuh                  | 0,1 – 0,3                      |
| Lempung berpasir                         | 0,2 – 0,3                      |
| Lanau                                    | 0,3 – 0,35                     |
| Pasir Padat                              | 0,1 – 1,,0                     |
| Pasir Kasar (angka pori, $e = 0,4-0,7$ ) | 0,15                           |
| Pasir Halus (angka pori, $e = 0,4-0,7$ ) | 0,25                           |
| Batuan                                   | 0,1 – 0,4                      |
| <i>Loess</i>                             | 0,1 – 0,3                      |

(sumber : Bowles, 1968)

### 2.2.5. Sudut Geser Dalam

Nilai kohesi dan sudut geser bisa ditentukan pada ketahanan terhadap tanah akibat dari tegangan yang dihasilkan dalam nilai tekanan lateral di dalam tanah, angka itu pun didapat melalui uji coba *Triaxial*. Di bawah ini terdapat Tabel 2.7 Hubungan antar Sudut Geser Dalam dan jenis tanah..

**Tabel 2.7** Hubungan Antar Sudut Geser Dalam dan Jenis Tanah

| Jenis Tanah         | Sudut Geser Dalam ( $\theta$ ) |
|---------------------|--------------------------------|
| Kerikil berpasir    | 35° - 40°                      |
| Kerikil Keraka      | 35° - 40°                      |
| Pasir lumayan padat | 35° - 40°                      |
| Pasir lepas         | 30°                            |
| Lempung kelanauan   | 25° - 30°                      |
| Lempung             | 20° - 25°                      |

(sumber : Das,, 2011)

### 2.2.6. Kohesi

Kohesi adalah gaya tarik-menarik antara butiran tanah dengan butiran lainnya. Sudut geser terdalam dan Kohesi adalah suatu kesatuan tanah dengan deformasi berakibat tegangan yang terjadi pada tanah, dampak yang terjadi berupa pergerakan lateral pada tanah. Deformasi tersebut dapat terjadi karena gabungan dari situasi kritis pada saat tegangan geser dan tegangan normal yang mana tidak sama cocok dengan factor aman dari yaang telah dibuat.. Hasil nilai kohesi yang diperoleh dicari dengan mengkorelasikan dengan nilai SPT maupun tahanan kerucut yang terlihat pada Tabel 2.8.

**Tabel 2.8** Nilai Kohesi Tanah Lempung

| Kondisi                    | Kerapatan Relatif | Nilai SPT (N) | Niali tahanan kerucut statis,sondir, qc (kg/cm2) |
|----------------------------|-------------------|---------------|--|
| Sangat tidak terlalu padat | < 0,2             | < 4           | < 20   |
| Tidak padat                | 0,2 - 0,4         | 4 - 10        | 20 - 40  |
| Lumayan padat              | 0,4 - 0,6         | 10 - 30       | 40 - 120   |
| Padat                      | 0,6 - 0,8         | 30 - 50       | 120 - 200  |
| Terlalu Padat              | >0,8              | >50           | >200   |



### 2.2.7. Berat Jenis Tanah Kering

Berat dari jenis tanah yang kering (*dry unit weight*) adalah perbandingan nilai berat pada tanah kering persatuan dengan volume pada tanah. Nilai tersebut terdapat pada uji *soil test* ini dihitung pada saat keadaan sudah kering, dan dapat dirumuskan dengan rumus sebagai berikut : :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- $\gamma_d$  = Berat Volume Tanah Kering
- $W_s$  = Berat Butiran Padat
- $V$  = Volume Total Tanah

yang dapat diasumsikan kedalam hubungan dimana volume berat pada tanah, kadar air tanah dan volume berat pada tanah kering. Nilai pada *Tripikal* bisa dilihat di Tabel 2.9

**Tabel 2.9** Nilai *Tripikal* Berat Volume Tanah

| Jenis Tanah | $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{dry}$ (kN/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Kerikil     | 20 – 22                             | 15 – 17                             |
| Pasir       | 18 – 20                             | 13 – 16                             |
| Lanau       | 18 – 20                             | 14 – 18                             |
| Lempung     | 16 – 22                             | 14 – 21                             |

(Soil Mechanic and Foundation, John Wiley&Son,2000)

### 2.2.8. Berat Jenis Tanah Basah

Nilai dari Berat jenis tanah yang basah (*moist unit weight*) adalah hasil dari nilai perbandingan antara berat jenis tanah persatuan volume

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- $\gamma_b$  = Satuan Berat Volume tanah Basah
- $W$  = Butiran Tanah yang didalamnya terdapat air dan udara
- $V$  = Luasan Volume Total Tanah

### 2.2.9. Permeabilitas Tanah

Jamulya dengan Suratman (1983), mengatakan jika permeabilitas merupakan cepat atau lamanya air yang merembes ke dalam tanah berpori baik dari pori *macro* maupun *micro* baik kearah *vertical* maupun *horizontal*. Nilai Permeabilitas Tanah menurut *Casagrande* pada Tabel 2.10 di bawah ini.

**Tabel 2.10** Nilai Permeabilitas Tanah menurut *Casagrande*

| No | Konsistensi                                | Ksat (m/s)                               |
|----|--|--|
| 1  | Kerikil Tanah                              | $1 \times 10^{-5}$ -1                    |
| 2  | Campuran Pasir dengan kerikil              | $1 \times 10^{-5}$ - $1 \times 10^{-2}$  |
| 3  | Pasir halus, lanau organic, campuran pasir | $1 \times 10^{-9}$ - $1 \times 10^{-5}$  |
| 4  | Clay padat                                 | $1 \times 10^{-11}$ - $1 \times 10^{-9}$ |

Permeabilitas pada tanah juga dapat mempengaruhi subur tidaknya suatu tanah. Nilai permeabilitas yang beda dengan drainase air juga lebih terpacu pada prosesi mengalirnya air, permeabilitas juga meliputi bagaimana cara air dan bahan organic, udara, bahan mineral, dan partikel lainnya juga terbawa oleh arus air yang bakal diserap masuk kedalam permukaan padatan tanah.

Dengan permukaan yang dilindungi stabil, dimana aliran arus pada air yang datang akan terus menerus dan ditambahnya air yang berkelanjutan sehingga menyebabkan aliran air yang lebih stabil melewati dalam tanah.

$$K = QL / AhL \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan rumus :

K = koefisien stabilitas permeabilitas (cm/jam)

Q = debit pada aliran air yang masuk ( $\text{cm}^3/\text{hours}$ )

A = luas pada permukaan tanah ( $\text{cm}^2$ )

hL = ketinggian pada permukaan air sampai ke dasar tabung (cm) L = ketinggian pada tabung dalam tanah (cm)

Lambat atau cepatnya kondisi pada tanah yang akan menyalurkan udara atau air di dalam tanah dan dapat terlihat pada kelas permeabilitasnya.

Tanah yang nilai permeabilitasnya tinggi dapat menaikkan laju fiterisasi dan berakibat menurunnya laju air larian. Koesfisien pada permeabilitas bergantung pada suatu ukuran pori yang terpengaruh dengan distribusinya ukuran partikelnya, bentuk ukuran partikel serta struktur permukaan pada tanah.

Kesimpulannya semakin garis membesar maka semakin kecil juga ukuran dari partikennya, semakin kecil ukuran pada pori maka akan makin rendah nilai koefisienn permeabilitasnya.

Faktor yang dapat terpengaruhi dari nilai permeabilitas pada tanah antara lain yaitu kerapatan massa, porositas, tekstur, kerapatan partikel, kandungan bahan organik dan kedalaman efektifitas tanah semakin baik..

Tekstur merupakan bentuk prporosi segrombolan ukuran butir primer dibagian mineral pada tanah. Tanah yang fisiknya keras mempunyai laju infiltrasi dan kapasitas yang lumayan tinggi sehingga tanah itu jika terjadinya erosi bisa diabaikan, begitu juga dengan tanah yang mempunyai tekstur pasir halus memiliki kapasitas infiltrasi nilai cukup besar akan tetapi, apabila nantinya terjadi aliran permukaan maka butiran halus ini cukup mudah sekali terbawa aliran air..

Untuk Ukuran Relatifnya partikel pada tanah dalam pengertian tekstur, dapat berpacu pada halusnya dan tanah yang keras. Lebih jelasnya tekstur akan terasa lebih relative debu, pasir, dan juga tanah liat. Pada partikel pasir yang berukuran relative akan berukuran lebih besar dan arena itu menunjukkan hasil luas permukaan tanahnya terlihat kecil jika disamakan tanah liat yang berbobot sama dan partikel debu.

Fisik tanah adalah satu dari sifat fisik tanah yang dapat menghasilkan kuat kemampuan tanah yang lebih menunjang pertumbuhan tanaman. Pada tekstur tanah dapat mempengaruhi kondisi tanah yang menyimpan dan menyediakan hara bagi tanaman, menyimpan dan menyalurkan air,

a. Tanah Berpasir

Yaitu tanah yang kandungan isi pasir  $> 79\%$ . Porositasnya jauh lebih kecil dengan angka  $< 40\%$ . Sebagiannya ruang berpori yang memiliki ukuran lebih besar sehingga aerisinya lebih baik, daya hara air lancar dan lebih cepat, akan tetapi untuk dapat menyimpan zat hara cukup rendah. Tanah berpasir ini lebih mudah sangat di olah, sehingga bisa disebut juga tanah yang ringan.

b. Tanah Liat

Tanah yang bisa disebutkan bertesktur liat apabila kandungan liatnya pada tanah itu sekitar  $> 35\%$ , dalam kemampuan untuk menyimpan hara dan air pada tanaman berpotensi sangat tinggi. Sedangkan tanah liat juga sering disebut tanah berat yang tentunya apabila diolah akan sulit..

c. Tanah Lempung adalah tanah yang berpori pasir, berdebu, dan liat yang demikian rupa sampai sifatnya pada tanah berliat dan berpasir. Tekstur pada tanah yang tingkatnya kekerasan atau tingkat kehalusan dalam tanah. Secara garis besarnya, kondisi pada tekstur tanah merupakan bagian yang relative berdebu, berpasir, dan liat pada suatu masa tanah. Partikelnya sendiri pada tanah primer memiliki ukuran dan bentuk yang berbeda-beda dan bisa digolongkan menjadi tiga fraksi. Ada yang memiliki diameter yang besar sehingga dapat dengan jelas dilihat dengan mata terbuka, akan tetapi pula hujungnya tidak dapat dilihat dengan mata terbuka.

Tekstur tanah yang menunjukkan kasar atau tidaknya bidang dalam suatu tanah. Adanya peran penting antara pasir, dengan liat pada beberapa partikel tanah yang dapat terhubung oleh kekuatan tanah tersebut guna menghasilkan element tanaman yang esensial. Pada umumnya unsur hara pada esensial tersedia juga sebagai partikel debu, tingkat kelapukanya lebih cepat daripada pasir yang bisa membuat tanah lebih subur daripada tanah yang berpasir, dan area permukaan per-gram lebih besar.

Berdasarkan perkataan Hanafia (2007), pembagian kelas tekstur pada tanah digolongkan menjadi :

- a. Tanah berpasir atau tanah yang bertekstur kasar, singgga tanah berisikan minimal 70% pasir, yaitu bertekstur pasir berlempung atau pasir di kondisi tanah.
- b. Tanah berfisik kasar ataupun halus, tanah yang mempunyai nilai minimal 37,5% liat, liat berdebu atau liat berpasir.
- c. Tanah yang memiliki tekstur sedang ataupun tanah yang berlempung tersusun dari tanah yang bertekstur sedang, akan tetapi agak kasar sehingga tekstur lempung berpasir atau lempung yang berpasir halus, tanah bertekstur sedang meliputi tekstur yang berlempung berpasir akan sangat halus, lempung yang berdebu atau debu dan tanah yang bertekstur sedang cukup halus mencakup lempung liat berpasir, lempung liat, atau lempung liat berdebu.

Tekstur dapat menimbulkan perubahan permeabilitas tanah, dikarenakan berkaitan dengan kemampuan pada tanah yang dapat meloloskan aliran air. Contohnya tanah yang berpasir akan mudah melewati air kedalam tanah. Hal ini berkaitan dengan pengaruh tesktur terhadap pori bahan koloidal, ruang berpori dan luas permukaan tanah. Menjadi besar kapasitas penyimpannya air, maka, hasilnya seperti meningkatnya kadar dan ketersediaannya air tanah.

### 2.2.10. Angka Pori

Angka porii atau yang biasanya disebut *Void Ratio*( $e$ ) merupakan perbandinganya volume pada butira ( $V_s$ ) dengan Volume Rongga( $V_v$ ) di dalam tanah. Hasil angka pori akan menghasilkan besarnya ruang kosong yang dapat disebut pori-pori tanah dengan ruang yang padat. Pori pori inilah yang akan nanti terisi dengan air sehingga sifat dari tanah pun akan berubah. Nilai ini dapat melihat hasil hubungan antara volume tanah yang akan dipakai, secara umum akan di bandingkan dengan volume Butiran Padat( $V_s$ ) angka porinya ( $e$ ) dan volume pori ( $V_v$ ).

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

$e$  : angka pori-pori

$V_v$  : Volume Rongga pori ( $\text{cm}^3$ )

$V_s$  : Volume butiran pori ( $\text{cm}^3$ )

### 2.2.11. Pengaruh beban gempa pada Galian tanah

#### A. Klasifikasi Situs

1. Penentuan spectrum respons desain dapat ditetapkan berdasarkan klasifikasi pada situs proyek yang akan dipakai dengan memakai kriteria pada Tabel 2.11

**Tabel 2.11** Tabel Klasifikasi Situs

| Klasifikasi Situs                                | $\bar{v}_s$ ( m/detik ) | $\bar{N}_{SPT}$ atau $\bar{N}_{SPTch}$ | $\bar{s}_u$ ( kPa ) |
|--|-------------------------|--|---------------------|
| SA (batuan keras)                                | >1.500                  | N/A                                    | N/A                 |
| SB (batuan dasar)                                | 750 sampai 1.500        | N/A                                    | N/A                 |
| SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak) | 350 sampai 750          | >50                                    | $\geq 100$          |

| Klasifikasi Situs  | $\bar{v}_s$ (m/detik)   | $\bar{N}_{SPT}$ atau $\bar{N}_{SPTch}$ | $\bar{s}_u$ (kPa) |
|--|---|--|-------------------|
| SD (tanah sedang)  | 175 - 350   | 15-50                                  | 50-100            |
| SE (Tanah Lunak)   | < 175   | < 15                                   | < 50              |
|  | Profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks Plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar Air, <math>(w) \geq 40\%</math>,</li> <li>3. Kuat Geser Niralir, <math>s_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>   |  |                   |
| SF (tanah khusus, yang membutuhkan penyelidikan geoteknik spesifik dengan analisis respon spesifik situss) | Profi lapisan tanah memiliki beberapa karakteristik seperti : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat gempa yang mudah likuifaksi lempung yang sangat sensitive.</li> <li>- Lempung sangat organic atau gambut (ketebalan, <math>H &gt; 3</math> m)</li> <li>- Lempung berplastisitas tinggi (ketebalan, <math>H &gt; 7,5</math> m dengan Indeks Plastisitas, <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>- Lapisan lempung lunak dengan ketebalan <math>H &gt; 35</math> m dengan <math>s_u &lt; 50</math> kPa</li> </ul> |  |                   |

( sumber : AASHTO, 2012)

**Tabel 2.12** Parameter dan metode pengujian yang digunakan untuk mendapatkan parameter kelas situs

| No. | Parameter yang digunakan  | Metode Pelaksanaan                            |
|-----|---|---|
| 1   | Nilai penetrasi standart ( $N_{SPT}$ )                          | SNI 4153 : 2008                               |
| 2   | Nilai Kecepatan rambat gelombang regangan geser kecil ( $v_s$ ) | ASTM D 5777 atau ASTM D 4428 atau ASTM D 7400 |
| 3   | Nilai kuat geser niralir ( $s_u$ )                              | SNI 03-3420-1994 atau SNI 03-2487-1991        |

**Keterangan :**

$\bar{N}_{SPT}$  = nilai ketahanan penetrasi dilapangan

$\bar{N}_{SPTch}$  = nilai ketahanan untuk penetrasi lapisan tanah nonkohesif

$v_s$  = nilai kecepatan gelombang geser(m/detik)

$s_u$  = nilai tekan kuat geser niralir lapisan(kPa).

2. Parameter kelas situs, yakni angka standar penetrasi( $N_{SPT}$ ) pada umumnya, angka kecepatann yang rambat akan adanya pengaruh gelombang pada regangan gesernya lebih kecil( $v_s$ ) serta nilai kekuatan geser niral ir( $s_u$ ) dapat diperoleh dari hasil pengujian yang berlaku.
3. Kelas situs batuan keras (SA) penetapannya wajib mendukung sama dengan pengukuran kecepatan gelombang gesernya yang dilakukan di lapangan . Bilamana situasi batuan keras dapat diperoleh menerus sampai di kedalaman 30 m, maka penghitungan kecepatan terhadap gelombang geser pada suatu lapisan diperbolehkan agar di ekstrapolasi.
4. Penetapan kelas situ pada batuan dasar (SB) ditetapkan dari pengukuran langsung di lapangan untuk bebatuan pada saat tekanann serta pelapukan sedang. Perhitungan gelombang geser dengan nilai percepatan di lapangan harus dilaksanakan untuk bebatuan yang sifatnya lebih lunak dengan tingkatan tekanan yang lebih berkelanjutan kalua tidak dilaksanakan pengukuran, situs itu dapat diklasifikasi menjadi kelas situs tanah yang keras (SC)

#### B. Faktor Amplifikasi

1. Faktor amplifikasi PGA serta periode 0,2detik sesuai pada kelas situsnya dapat ditentukan ,seperti yang terlihat pada Tabel 2.13

**Tabel 2.13** - Faktor amplifikasi untuk PGA dan periode 0,2detik( $F_{pga}$  dan  $F_a$ )

| Kelas Situs       | $PGA \leq 0,1$  | $PGA = 0,2$ | $PGA = 0,3$  | $PGA = 0,4$ | $PGA \geq 0,5$  |
|-------------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
|                   | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s \geq 1,25$ |
| Batuan keras (SA) | 0,8             | 0,8         | 0,8          | 0,8         | 0,8             |
| Batuan (SB)       | 1,0             | 1,0         | 1,0          | 1,0         | 1,0             |
| Tanah keras (SC)  | 1,2             | 1,2         | 1,1          | 1,0         | 1,0             |

| Kelas Situs       | $PGA \leq 0,1$  | $PGA = 0,2$ | $PGA = 0,3$  | $PGA = 0,4$ | $PGA \geq 0,5$  |
|-------------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
|                   | $S_s \leq 0,25$ | $S_s = 0,5$ | $S_s = 0,75$ | $S_s = 1,0$ | $S_s \geq 1,25$ |
| Tanah Sedang (SD) | 1,6             | 1,4         | 1,2          | 1,1         | 1,0             |
| Tanah Lunak (SE)  | 2,5             | 1,7         | 1,2          | 0,9         | 0,9             |
| Tanah Khusus (SF) | SS              | SS          | SS           | SS          | SS              |

( sumber : AASHTO., 2012)

Keterangan:

PGA : merupakan percepatan terpuncak pada bebatuan(SB) terpacu terhadap peta gempa menggunakan periode yang berulang kali sesuai dengan rencana persyaratan dari infrastruktur yang akan di pakai.

Ss : merupakan nilai percepatan dari respons spektral horizontal di bebatuan dasar(SB) pada periode 0,2detik menggunakan periode yang berulang kali direncanakannya sesuai dengan persyaratan infrastruktur yang akan dipakai;

SF : tempat yang dipergunakan analisis respons situs spesifik serta investigasi geoteknik.

2. Faktor amplifikasi seismic pada saat periode 1,0detik berdasarkan kelas situs yang sesuai pada Tabel 2.14

**Tabel 2.14** - Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1detik( $F_v$ )

| Kelas situs       | $S_1 \leq 0,1$ | $S_1 = 0,2$ | $S_1 = 0,3$ | $S_1 = 0,4$ | $S_1 \geq 0,5$ |
|-------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| Batuan Keras (SA) | 0,8            | 0,8         | 0,8         | 0,8         | 0,8            |
| Batuan (SB)       | 1,0            | 1,0         | 1,0         | 1,0         | 1,0            |
| Tanah Keras (SC)  | 1,7            | 1,6         | 1,5         | 1,4         | 1,3            |
| Tanah Sedang (SD) | 2,4            | 2,0         | 1,8         | 1,6         | 1,5            |
| Tanah Lunak (SE)  | 3,5            | 3,2         | 2,8         | 2,4         | 2,4            |
| Tanah Khusus (SF) | SS             | SS          | SS          | SS          | SS             |

( sumber : AASHTO.,2012)

Keterangan:

S1 merupakan percepatan spektral respon horizontal di batuan dasar (SB) saat periode 1,0detik dengan periode berulang sesuai rencana persyaratan infrastruktur yang dipakai;

SF merupakan lokasi yang digunakan untuk melakukan investigasi geoteknik dan analisis respons spesifik situs



## 2.2. Terowongan (*Tunnel*)

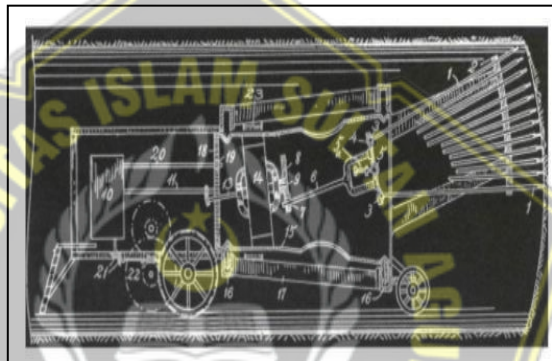
Terowongan merupakan sebuah konstruksi yang ditemukan dalam pembangunan jalan yang bebas dari semua hambatan, pada pengembangan perkotaan ataupun pusat listrik tenaga air. Terowongan atau galian bawah tanah digunakan dalam berbagai segala bidang hal yang berkaitan pada upaya untuk mengoptimalkan. Salah satu contohnya terowongan dibangun guna mempersingkat jarak yang ditempuh tujuan dengan lajur yang bebas dari gangguan, untuk lajur *subway*, pengembangan kota dibawah tanah yang lebih efisien dalam pemanfaatan lahan, sebagai sarana pembawa air hingga ke pusat listrik tenaga air dan pembuangan. Dan juga bisa menjadi maupun menjadi terowongan pembawa air mulai dari bangunan pengambil air (*intake*) tempat pusat listrik tenaga air baik untuk *underground powerhouse*.

Terowongan sendiri tertutup di semua sisi kecuali yang terletak pada ujung ujungnya yang terbuka di lingkungan luar ataupun diatas permukaan tanah. Biasanya secara umum terowongan dapat didefinisikan terowongan sebagai tembusan di bawah permukaan tanah.

Pada dasarnya dibangunnya terowongan guna untuk keperluan transportasi yang biasanya terhalang oleh situasi alam yang mengganggu aktifitas, contohnya pada situasi lahan perkotaan yang sudah penuh dengan bangunan serta tidak ada akses, dan bisa juga pada situasi bawah tanah yang terdiri dari berbagai jenis lapisan hal tersebut menjadikan sebagai titik terlemah dalam mendesain suatu terowongan. Dibangunnya terowongan bisa sebagai akses bawah tanah yang lebih efisien serta tidak menjadikan banyak keramaian. Terowongan itu sendiri memiliki bebas hambatan secara mendadak, dan aksesnya lebih terperinci, dan tidak menimbulkan aktifitas keramaian di kota. Terowongan sendiri bisa jadi jalan pintas yang cepat dan tidak ada hambatan. terowongan bisa juga untuk sarana saluran perairan, dan drainase. Bahkan kepentingan tenaga pembangkit listrik,.

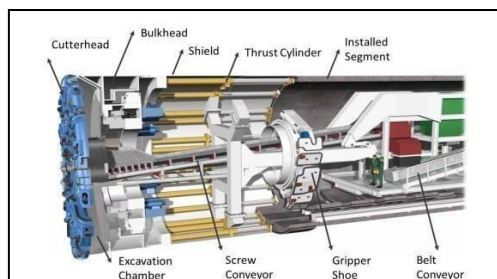
### 2.2.1. Metode TBM ( *Tunnel Boring Machine* )

Di tahun 1818, Sir Marc Brunel membuat keterapan tentang konstruksi yang menjadikan cikal bakal metode dalam konstruksi dengan menggunakan alat *tunnel bore machine* (TBM) pada kurun waktu itu Sir Marc Brunel mendapatkan perisai (*shield*) untuk menstabilisasikan tanah pada saat terjadinya penggalian. Untuk penggunaannya, perangkat pada mesin bor yang pertama kali dilakukan di tahun 1881 di Folkston, England. Untuk hak yang berisikan perangkat mesin bor diberikan langsung kepada Mr. I Bohn dari Norwegia di tahun 1919 silam. Contoh dari perangkat mesin bor dari Mr. I Bohn terdapat pada Gambar 2.2 Pada waktu itulah yang dapat menjadikannya awalmulanya perkembangan konstruksi metode TBM secara terus menerus sampai detik ini.



**Gambar 2.2** Perangkat mesin bor Mr. I. Bohn  
(Sumber : Bruland, 2000)

*Tunnel bor machine* (TBM) merupakan alat untuk menggali terowongan dan menggaruk lapisan tanah yang mana mesinya berbentuk silinder, sehingga penumpang pada terowongan yang terbentuk akan membentuk lingkaran. pada salah satu alat *tunnel bor machine* (TBM) terdapat bagian yang memiliki fungsi dari alat pengebor, alat penggali, penyokong tanah, gripper, pemotong, pengontrol, system kemudi, alat pemindah material, pemasang ling, system ventilasi serta sumber tenaga. Contoh alat TBM dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** *Tunnel Bor Machine*  
(Sumber : Railsystem, 2015)

Dalam prinsip kerjanya, cara pengerjaan TBM ialah mengaki bebatuan dan tanah dengan kepala bornya yang berputar putar . Bagian paling ujung dan paling terdepan pada TBM terdiri dari mata bor yang cukup tersebar di antara permukaan kepala bornya. Setelah itu, hasil tanah galian maupun gerusan akan disalurkan ke belakang melewaati *Screw conveyor* serta *conveyor* lainnya. Setelah selesainya penggalian, baru dilakukan pemasangan lining yang terbuat dari beton *precast*. Keunggulan dari metode TBM adalah tanah yang lunak bahkan tanah yang kuat berupa batuan keras tetap dapat melakukan pengeboran, berikut adalah perbedaan system alatnya ::

### 1. *Hard Rock Tunnel Bore Machine*

yang sesuai di bagian *tunnel face* menghasilkan penggalian jenis tanah batuan keras. Prinsip utama TBM penggunaan cutting head yang dilengkapi dengan *cutters Cutting head* berputar dengan kecepatan yang sama dan dorongan ke tunnel face yang didorong oleh syteem pendorong hidrolik yang dijangkarkan ke sisi tunne dengan *hydraulic rams*. Batu yang digerus dtransfer menggunakan *cutting head ke conveyor belt* yang terdapat di bukaan, untuk dialihkan keluar terowongan. Gambarkan dari alur galian TBM *hard rock* dapat dilihat pada Gambar2.4 dibawah ini



**Gambar 2.4** Alur galian hard rock TBM

(Sumber : Railsystem,.2015)

Pada tanah yang keras tipe TBM dapat digunakannya dua tipe yaitu , tipe yang terlindungi atau menggunakan perisai serta tipe yang terbuka atau tidak memiliki perisai . Untuk tipe TBM terbuka sendiri membiarkan area di *cutting head* atau area belakang terpampang tanpa menggunakan perisai.

Sebagai gantinya, batu tersebut dipegang dengan menggunakan metode pendukung tanah seperti wire mesh, tali baja, rockbolt, balok cincin, ring steel dan sabuk shotcrete. Sebagai contoh alat TBM yang bakal digunakan pada tanah yang berbatuan keras dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini



**Gambar 2.5** *Hard rock tunnel boremachine*

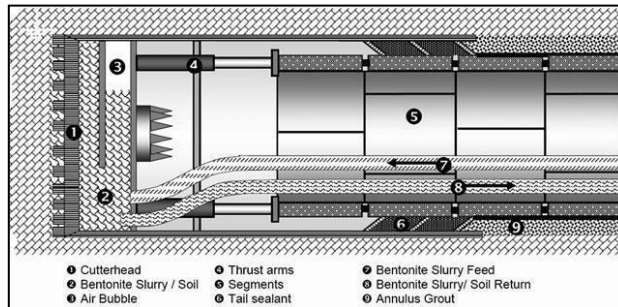
(Sumber : Terratec,2014)

## 2. *Softground Tunnel Bore Machine*

Pada saat pengeboran menggunakan alat TBM pada tanah lunak ada dua tipe terutama yang akan digunakan dalam pelaksanaannya yaitu : :

### a) *Slurry Shield Bore Machine*

Mesin bor dengan jenis ini menggunakan *bentonite* dan campuran air yang bertekanan tinggi. Akibat dari tekanan yang sudah disalurkan. Tanah yang berada didepan *tunnel face* di penetrasi oleh *slurry mixture* dan menjadi cukup keras. Dari hasil galian pada material akan terkumpul di bagian bawah dan langsung dipompa keluar. Tampilan dari jenis mesin bor tipe *slurry shield bore machine* dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini



**Gambar 2.6** Mesin TBM dengan tipe *slurry shield bore machine*

(Sumber : Najafi,.2016)

b) *Earth Pressure Balance Shield Machine (EPB)*

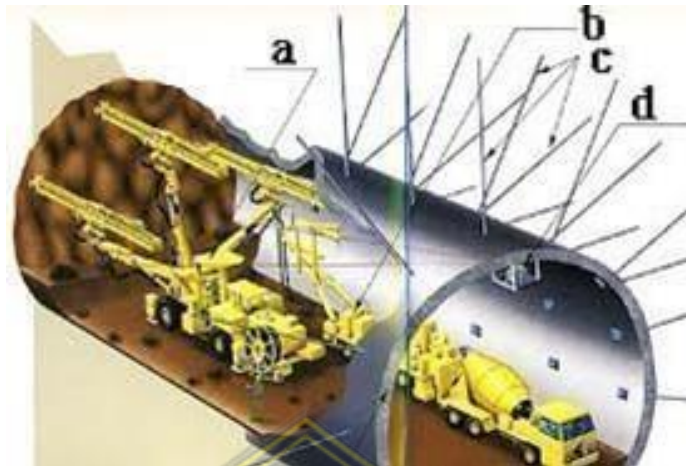
Tipe mesin bor ini digunakan untuk mengebor tanah yang bersifat lunak dibawah muka air tanah tidak menggunakan slurry mixture. Pnrsip kerjad dari alat ini yaitu dengan menyeimbangkan antara air tanah pada dinding galian dengan tekanan pada tanah dengan tekanan excavation chamber.

**2.2.2. Metode NATM (*New Austrian Tunneling Method*)**

Untuk menghasilkan suatu tempat di dalam tanah, atau ruang bawah tanah dengan mengembangkan perlindungan dan kapasitas yang maksimum mungkin menyangkut dinding dengan menyediakan stabilitas ruang yang akan di gali. Prinsip atau filosofi ini adalah inti dari metode baru pembangunan terowongan dari Austria NATM (*New Austrian Tunneling Method*).

NATM yaitu suatu system pembuatan terowongan dengan cara menggunakan *rock bolt* dan *shotcrete* sebagai penyangga terowongan sementara sebelum *mining concrete* seperti yang terlihat pada Gambar 2.7. Pada zaman dulu masih menggunakan kayu atau baja yang digunakan untuk menyangga konstruksi sementara. Menurut Prof.L.V.Rabcewlkecz dalam catatannya (NATM), berakibat sering terjadi perenggangan batuan sampai terjadinya penurunan pada bagian atas terowongan, kayu memiliki ketahanan yang kurang signifikan dikarenakan apabila dalam keadaan lembab, kayu akan sangat mudah mengalaumi keruntuhan. Sedangkan baja memiliki sifat yang lebih baik disbanding kayu.

Efisiensi kinerja busur baja bergantung dari kualitas penganjalan (batuan dan kontak baja).

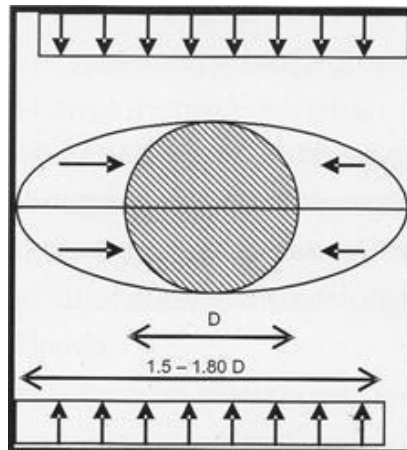


Gambar 2.7 Penggalian terowongan metode NATM

#### A. Pengaruh Tekanan Akibat *Stress Re-arrangement*

Rongga Tanah yang digali, maka hasilnya pola distribusi pada tegangan akan berubah ubah. Pada suatu waktu tertentu, tegangan yang dimulai pada rongga dan keseimbangannya dapat tercapai tanpa bantuan sebuah lapisan. *Stress Re-arrangement* ini umumnya terjadi dalam tiga tahap :

## 1. Wedge Shape Bodies



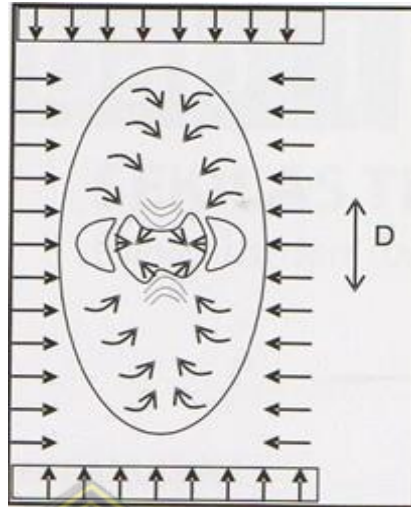
Gambar 2.8 WedgeShapeBodies

Wedge shape bodies (lihat gambar 2.4) pada permukaan lingkaran semua sisi bergeser pada MOHR kearah rongga. Pergerakannya bergerak lurus dan tegak terhadap main pressure



Gambar 2.9 konvergensi

Apabila ditambahkannya bentang, maka akan menyebabkan lantai dan atap akan mulai mengalami konvergensi (lihat pada Gambar 2.5).



**Gambar 2.10** Pengaruh gaya lateral

Pada tahap ini ke berikutnya gerakan akan bertambahnya batuan menekuk dibawah pengaruh tekanan *lateral* (lihat pada Gambar 2.6) dan tersesul kearah rongga. *Metode tunneling konvensional*, pada efek ini bertekan akibat dari *stress re-arrangement* yang tidak diketahui dengan baik, seringkali terjadinya pada *tunnel* yang runtuh sebelum *lining concrete*.

## 2. *Shotcrete* sebagai Penyangga Sementara

Sebuah konstruksi penyangga yang akan direncanakan sementara untuk mencegahnya lepasnya harus didapatkan dengan memikul beban yang relative cukup besar dalam tempo yang relative singkat dan kaku serta tidak runtuh .

Sementara penyangga yang lainnya cenderung menghasilkan *voids* dan *loosening* yang timbul akibat dari rusaknya bagian tertentu. tetapi suatu lapisan yang tipis (*shotcrete*) yang bekerja dengan *system rockbolt* yang dipasang segera setelah penggalian. untuk mencegah *loosening* dan mengubah bebatuan sekeling/ sekitar menjadi serupa dengan *self support arch*..



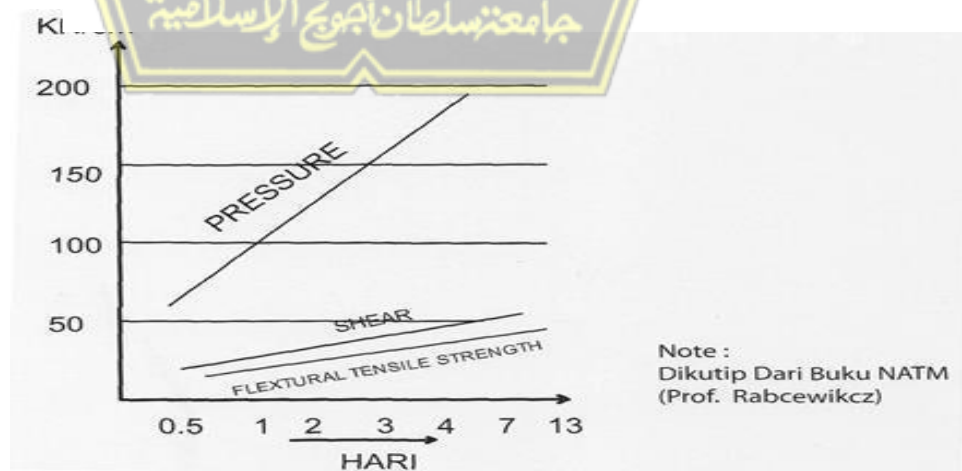
Kelebihan dari *shotcrete* adalah langsung terbentuknya permukaan yang cukup keras setelah permukaan yang akan digali, dengan demikian batuan yang keras tersebut langsung dideformasikan menjadi permukaan stabil dan keras.

*Shotcrete* yang menyerap tegangan tangensial yang terjadi dan setelah dilakukannya proses penggalian pada *Tunnel* nilai yang dihasilkan diangka maksimum di permukaan. Dalam hal ini tegangan Tarik akibat kelenturan menjadi kecil dan tegangan tekan diserap langsung oleh bebatuan sekeliling .

Kemampuan *shotcrete* mendapatkan kekuatnya dalam tempo yang cukup singkat dan tidak akan merugikan, terutama karena kekuatan Tarik lenturnya/ regangan akan mencapai kira-kira 30-50% dari *compressive strength* setelah 1-2 hari (lihat Gambar 2.12 ) . Ada juga Tahapan pengerjaan Terowongan yang bisa dilihat pada Gambar 2.11



**Gambar 2.11** Tahapan pembuatan terowongan metode NATM

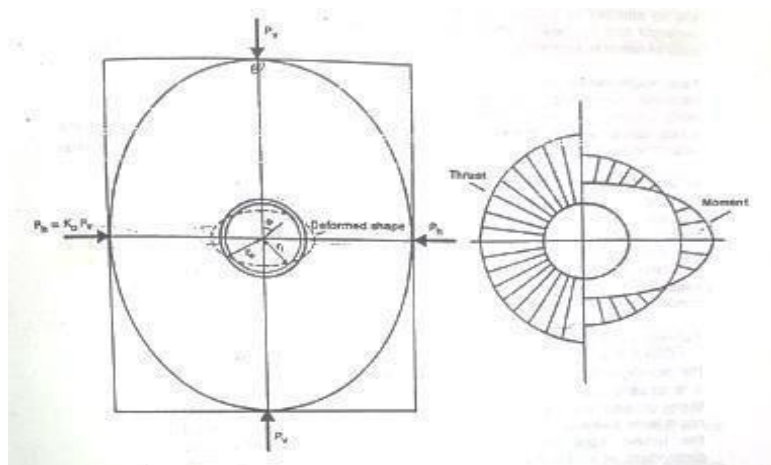


**Gambar 2.12** *compressive strength*

### 2.2.3. Perubahan Tegangan

Pada saat terowongan sedang di gali pada saat keadaan awal pada bebatuan dan tanah langsung mengubah kondisi tegangannya yang semula berupa massa yang berada dalam kesimbangan dalam medan gravitasi. Akibat dari galian tersebut, secara tidak langsung telah terjadinya pelepasan tegangan yang dapat menyebabkan redistribusi tegangan mula sehingga akan terjadi deformasi baru dan regangan. Pembuatan *Tunnel* mengakibatkan perubahan secara berlanjur dan bertahap sehingga mencapai angka keseimbangan yang lainnya. Kondisi setelah selesainya proses penggalian berupa suatu kondisi deformasi yang baru dan hidrolik yang baru dapat mengakibatkan perubahan tegangan awal. Pada penggalian terowongan pada dasarnya akan timbul zona tegangan yang berubah . Umumnya akan meningkatnya tegangan Vertikal didepan galian yang dapat bergerak maju pada proses penggalian tersebut..

Tanpa adanya deformasi perubahan pada tegangan yang berakibat dari proses penggalian tidak akan terjadi di massa tanah atau batuan. Meskipun menggunakan lining, deformasi tersebut tetap akan terjadi. Deformasi ini pada dasarnya berubah sebagai kondisi yang amat terkendali dan fungsi waktu. Terjadinya beberapa deformasi diarea lubang galian dapat mengakibatkan penurunan dari tanah permukaan. Cara pelaksanaannya dan urutan pelaksanaan lubang galian memberikan pengaruh besar pada tegangan-tegangan terhadap tanah.



**Gambar 2.13** Deformasi dan momen lentur lapisan terowongan

#### 2.2.4. Stabilitas Terowongan

Stabilitas *Tunnel* menurut Broms&Bennemark(1967), factor yang paling terpenting dalam mempertimbangkan penggalian pada *Tunnel* adalah mempertahankan stabilitas pada lapisan tanah yang terdapat di muka *shield machine* agar tidak terjadinya keruntuhan. Dapat dipastikan bahwa stabilitas tersebut akan berkaitan terhadap keamanan pekerjaan pada proses penggalian *Tunnel*. Broms&Bennemark memberikan sebuah solusi untuk menentukan nilai stabilitas *tunnel face* saat penggalian yang dilaksanakan di persamaan (rumus 2.5).

$$N = \frac{(qs + (C + R)\gamma - \sigma_T)}{C_u} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

C = Kedalaman titik *crow*n dari *Tunnel* (m)

$\gamma$  = berat jenis tanah total (kN/m<sup>3</sup>)

R = Jari-jari pada terowongan (m)

$c_u$  = kuat geser tanah didalam kondisi *undrained* (kN/m<sup>2</sup>).

$\sigma_T$  = *face pressure* (kN/m<sup>2</sup>)

qs = beban pada permukaan tanah (kN/m<sup>2</sup>)

ketidakstabilan yang terjadi saat  $N > 6$ , secara empiris. Keruntuhan terowongan akan berakibat pada di nilai N yang melebihi 6..

Menurut Davis et.al(1980), persamaan Broms & Bennemark akan digunakan dalam kasus *Tunnel* dengan bukaan *vertical* tanpa adanya *support pressure* untuk mendapatkan nilai stabilitas *tunnel face*, Davis et.a. Mengembangkan persamaan Broms & Bennemark tentang *stabilitas tunnel face* dengan menghitung ada maupun tidaknya *support* pada jarak P antara *face* dengan tempat dimana *support pressure* dapat direlasikan.

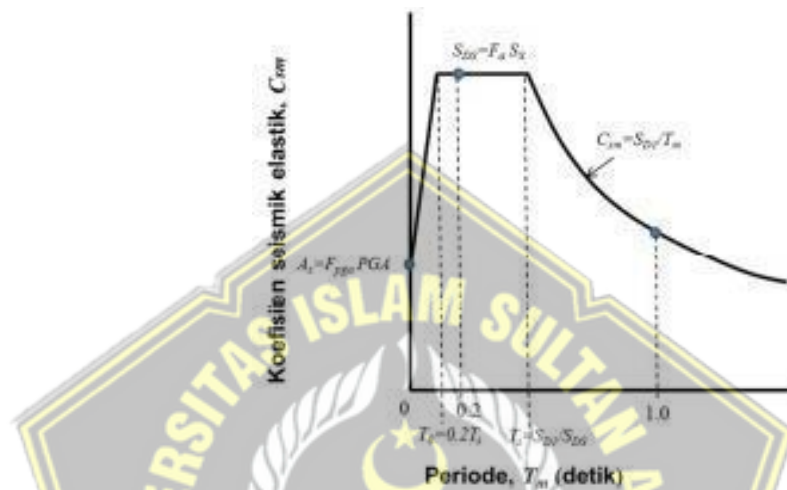
$$N = \frac{(qs - s + (C + R)\gamma - \sigma_T)}{C_{u1}} \dots\dots\dots (2.6)$$

S = *support pressure*(kN/m<sup>2</sup>)

## 2.2.5. Pengaruh beban Gempa Pada Terowongan

### A. Penentuan spectrum respon design

Spektrum respons akan dibangun untuk melihat rasio redaman 5% dan tidak memasukan menyesuaikan goyangan tanah yang berada didekatnya. Penentuan Kurva spektrum respon desain yang berada pada permukaan tanah terpacu pada Gambar 2.14 dan akan mengikuti persyaratan-persyaratan berikut



**Gambar 2.14** Spektrum respons desain, dibentuk menggunakan metode tigatitik (AASHTO, 2012)

Dengan keterangan sebagai berikut:

$F_{pga}$  = koefisien situs untuk percepatann tertinggi di batuan dasar yang terpacu pada klasifikasi situs

$F_a$  = koefisien situs guna percepatan spectral perioede 0, detik

$S_s$  = percepatan spectral respon horizontal di batuan dasar(SB) pada periode 0,2 detik

PGA = percepatan puncak horizontal di batuan dasar(SB)

$S_1$  = percepatan spektral respon horizontal pada batuan dasar (SB) dengan periode 1,0 detik.

$F_v$  = koefisien situs pada percepatan spektal periode 1,0detik

### B. Analisa beban gempa

Analisis dilakukan dengan metode numeris menggunakan software

plaxis 2D. Idealisasi *plane strain* dengan material model Mohr Coloumb digunakan dalam pemodelan numeris ini. Beban gempa diterapkan dalam bentuk *Peak Ground Acceleration* (PGA), dengan lima variasi nilai PGA yaitu 100, 150, 200, 250, dan 300 cm/dt<sup>2</sup>. Data gempa diambil dari *United States Geological Survey* (USGS) dalam format *Strong Motion CD* (SMC). Dalam penelitian ini, diamati perubahan nilai *displacement* dan tegangan akibat variasi nilai PGA. Tiga kondisi terowongan diterapkan dalam analisis ini, yaitu kondisi tanpa penyangga, dengan penyangga sesuai di lokasi penelitian, dan dengan penyangga berdasarkan analisis Q sistem. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kenaikan PGA menyebabkan kenaikan deformasi dan tegangan pada terowongan. Beban gempa akan menyebabkan deformasi yang cukup besar di sekitar dinding terowongan. Sistem penyangga sesuai di lokasi penelitian sudah cukup kuat untuk mendukung beban gempa di bawah 300 cm/dt<sup>2</sup> (0.3g). Penambahan kekuatan penyangga hanya diperlukan apabila terjadi beban gempa dengan kekuatan 300 cm/dt<sup>2</sup> (0.3g) keatas, dan penambahan kekuatan penyangga disarankan dilakukan di sekitar dinding terowongan.

Berdasarkan SNI 1726 : 2012 ketentuan umum pada gempa rencana, factor keutamaan dan kategori resiko pada struktur terowongan dapat dilihat di bawah ini

- a. Gempa Rencana
- b. Faktor keutamaan serta kategori resiko stuktur terhadap bangunan

Geser dasar seismik (V) ditentukan sesuai dengan persamaan (rumus 2.7)

$$V = C_s \cdot W$$

$$= \frac{SDS \cdot I_e \cdot W}{R} \dots\dots\dots (2.7)$$

**Keterangan :**

- V = Geser Dasar lapisan tanah
- SDS = Parameter percepatan spectrum respons desain rentang periode pendek
- R = Faktor mmodifikasi respon gempa
- I<sub>e</sub> = Faktor keutamaan Gempa

### 2.3. Program PLAXIS 2D

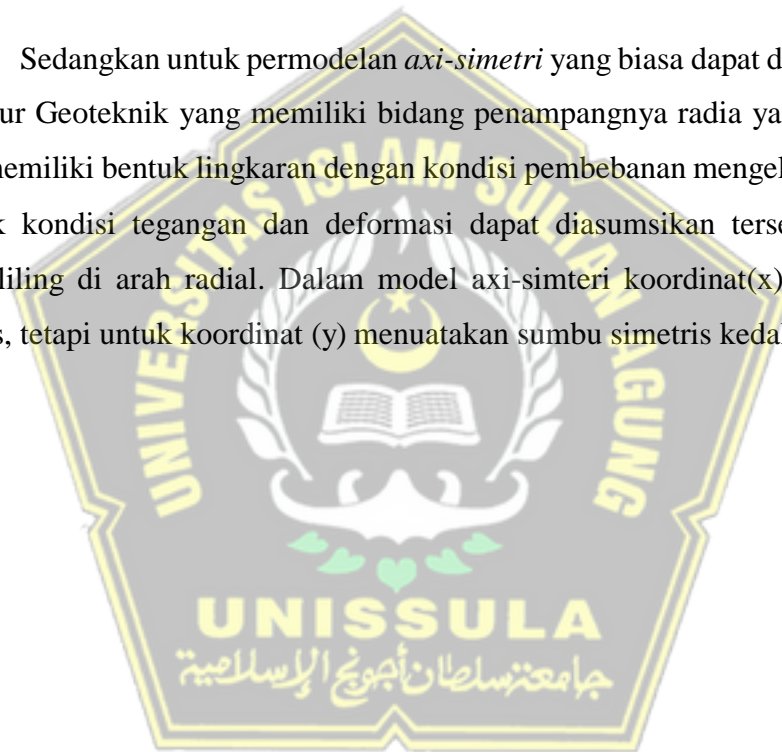
Perkembangan *program software PLAXIS* dimulai di tahun 1987 di Delft *University of Technology* berinisiatif dari kementerian Pengelolaan Air dan Pekerjaan Umum. Tujuan semulanya untuk mengembakan kode pada elemen hingga 2D yang dapat dimudah akan digunakan pada analisis tanggul sungai pada tanah lunak dari dataran renda. Dalam kurung tahun waktu berikutnya, *program software PLAXIS* telah meluas untuk mencakup sebagian besar wilayah lain untuk rekayasa geoteknik. Karena itu aktifitas terus berkembang, Perusahaan *PLAXIS (plaxis bv)* dibentuk pada tahun 1993.

*PLAXIS 2D* merupakan sebuah paket progam didalam dunia tekniksipil yang dibentuk menurut dengan metode elemen hingga serta sudah dikembangkan berbagai rupa, sehingga bisa dipakai untuk melakukan analis penurunan, deformasi, ataupun, stabilitas dalam bidang Geoteknik. Tahap pemodelan pada progam *PLAXIS 2D* sendiri bisa dilakukan secara grafiis sehingga dapat memungkinkan pembuatan suatu model elemen hingga yang cukup kompleks menjadi lebih mudah dan ceepat. Sedangkan untuk lainnya tools dan komponen dan pendukung hasil *PLAXIS 2D* juga sudah dibuat sedemikian rupa perhitungan dalam progam *PLAXIS 2D* sendiri, dilakukan secara otomatis dengan berdasarkan kepada prosedur numerik.

Perkembangan *progam software PLAXIS 2D* dikembangkan pada saat tahun 1987 di Universitas Delft atas pemikiran Departemen Tenaga Kerja dan Pengelolaan Sumber Daya Air dari negara Belanda. Awal mula tujuan dari progam *PLAXIS 2D* ialah untuk menganalisa tanggul-tanggul yang akan dibangun pada tanah lunak di dataran rendah wiayah Hooland. Kemudian *progam software PLAXIS 2D* dikembangkan lebih cepat sehingga dapat menganalisa dan menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks dalam semua aspek perencanaan Geoteknik lainnya.

Pada program *software PLAXIS 2D*, permodelan pada struktur Geoteknik bisa dimodelkan menggunakan 2 cara yaitu *axi-simetri* dan *plane strains*. Model yang biasanya dipergunakan untuk membuat permodelan geometri dengan sebuah penampang yang melintang cukup beragam, pada kondisi pembebanan dan kondisi tegangan yang akan terjadi cukup berkepanjangan pada penampang dalam arah yang tegak lurus. Regangan dan perpindahan terhadap arah tegak lurus terhadap bidang penampang dapat diasumsikan bernilai nol atau tidak akan terjadi. Walaupun dapat diasumsikan jika tidak terjadi apa apa, tegangan yang normal di arah tegak lurus terhadap bidang penampangnya dan tetap diperhitungkan sepenuhnya dalam analisisnya.

Sedangkan untuk permodelan *axi-simetri* yang biasa dapat dipergunakan untuk struktur Geoteknik yang memiliki bidang penampangnya radia yang cukup seragam dan memiliki bentuk lingkaran dengan kondisi pembebanan mengelilingi sumbu aksial. Untuk kondisi tegangan dan deformasi dapat diasumsikan tersebar rata berputar berkeliling di arah radial. Dalam model *axi-simetri* koordinat(x) dapat dinyatakan radius, tetapi untuk koordinat (y) menuatakan sumbu simetris kedalam arah aksial .

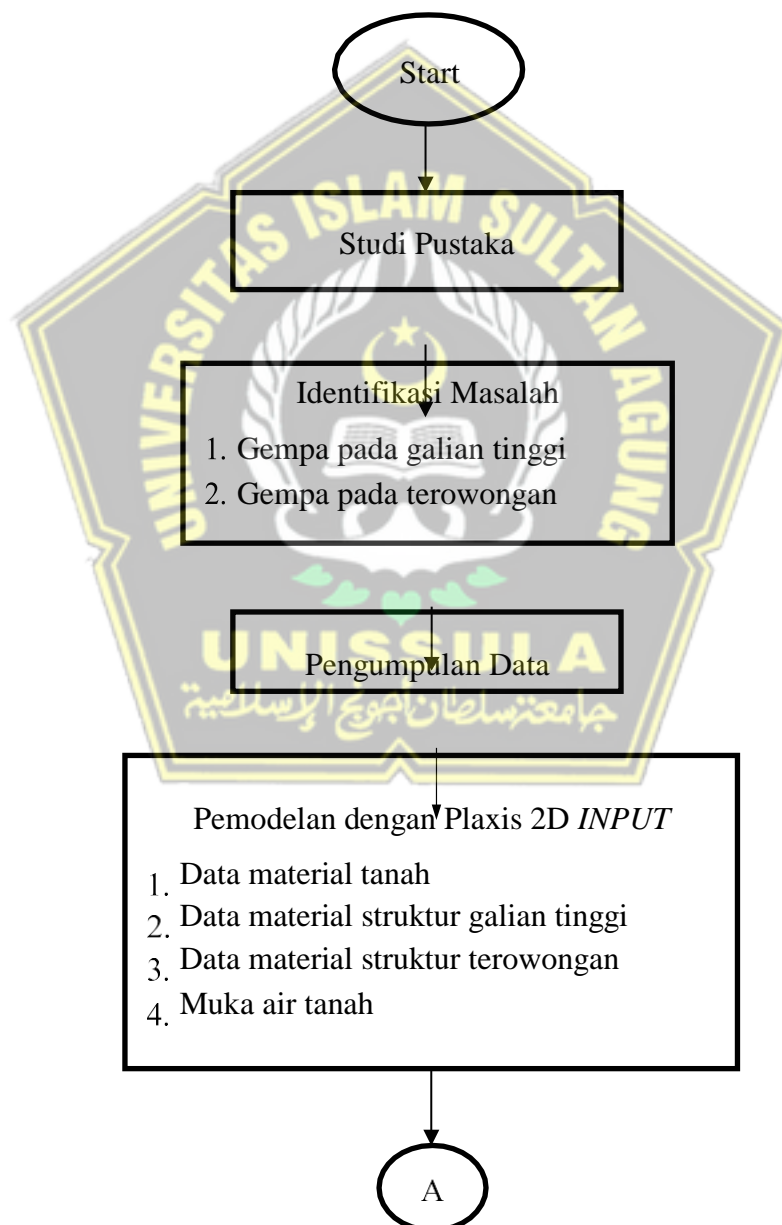


## BAB III

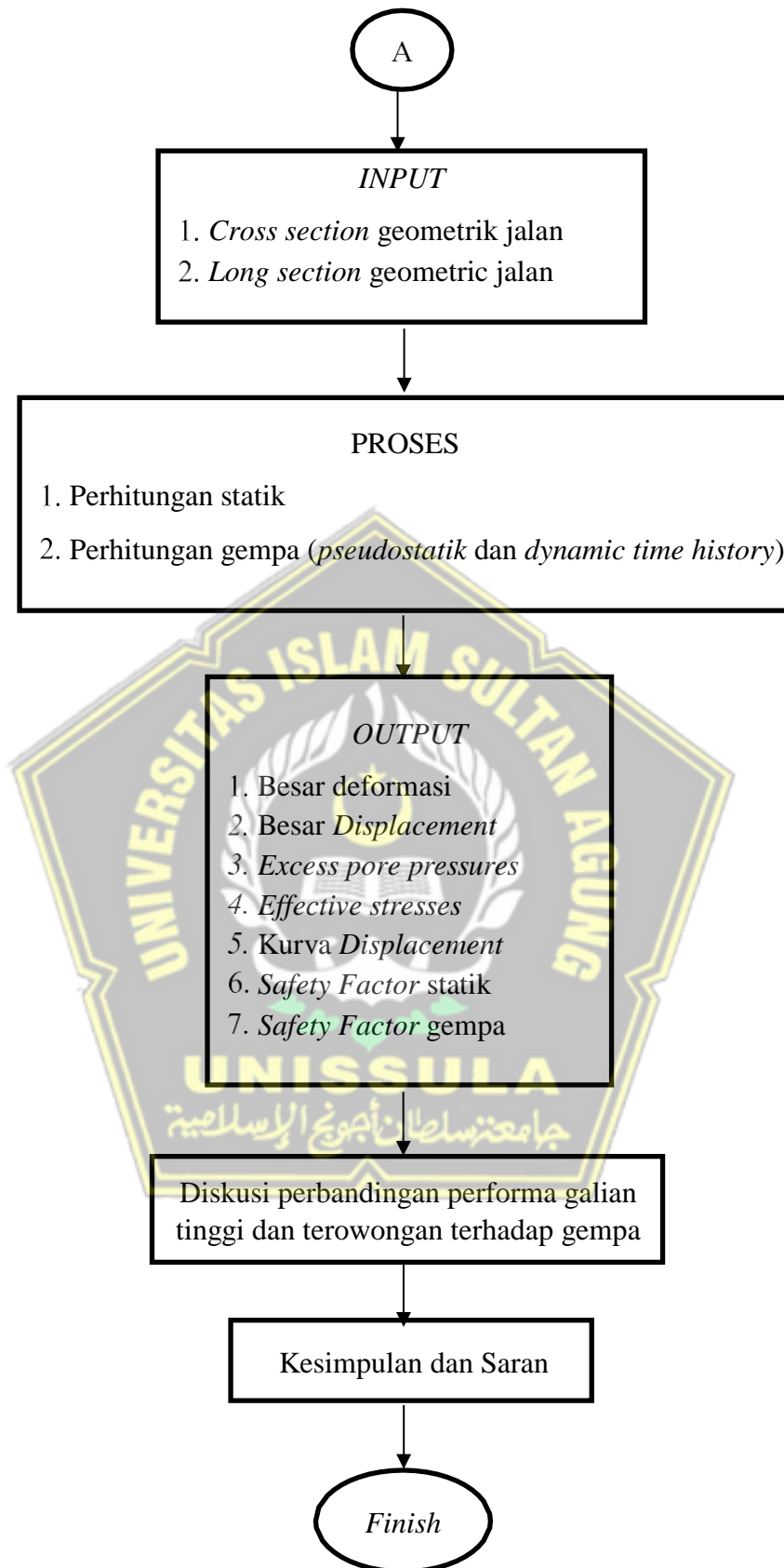
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Diagram Penelitian

Awal pembuatan analisa ini perlu dilakukan dengan metode penelitian yang awal harus membuat Alur Diagram Penelitian , yang bisa dilihat pada Gambar 3.1







**Gambar 3.1** Bagan Metodologi Penulisan

### 3.2 Pendahuluan

Penyusunan laporan tugas akhir ini kami bertujuan untuk mengetahui perbandingan performa dari galian tinggi dengan terowongan terhadap gempa pada proyek Pembangunan Ruas Jalan Tol Sukabumi Ciranjang yang berlokasi di Sukabumi, Jawa Barat. Pada tugas akhir ini untuk menganalisis performa galian tinggi dan terowongan terhadap gempa menggunakan *PLAXIS V8.2*, untuk mengetahui besaran deformasi, *displacement*, *excess pore pressures*, dan *effective stresses* serta pengaruhnya terhadap tanah akibat dari penggalian terowongan menggunakan metode NATM (*New Austrian Tunneling Method*) dimana hasil output dari *PLAXIS* ini sebagai besarnya reaksi yang terjadi pada galian tinggi dan terowongan akibat gempa. Dimana perhitungan dilakukan memakai *software PLAXIS 2* dimensi versi 8.2.

### 3.3 Studi Literatur

Literatur yang akan digunakan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini berdasarkan laporan mengenai perencanaan dan pelaksanaan konstruksi yang akan dijadikan parameter dan menyusun model untuk digunakan dalam pemodelan menggunakan *Plaxis 2D* Galian dan *Plaxis 2D Tunnel*. Literatur yang digunakan berupa jurnal, paper, diktat, makalah, dan beberapa tambahan literature lainnya. Dengan didapatkannya beberapa literature tersebut dipakai sebagai salah satu contoh dasar materi dalam penyusunan landasan teori dan sebagai acuan untuk penentuan metode yang akan digunakan dalam pemodelan terowongan.

### 3.4 Pengumpulan Data

Untuk melaksanakan analisa masalah yang ada maka membutuhkan data yang didapatkan dari lapangan, yang mana data yang diperoleh harus didapatkan dilapangan secara langsung dengan cara mengadakan beberapa tindakan penelitian dengan metode yang telah ditentukan agar dapat mengetahui kondisi tanah secara langsung dilapangan. Metode pengumpulan data di bagi 2 (dua), yaitu data Primer dan Sekunder.

Data Primer adalah Sebuah hasil data yang diperoleh dengan langsung di tempat yang ingin dilakukan penelitian dengan cara melakukan beberapa

tindakan penelitian dilapangan maupun melakukan pengajuan pertanyaan ke warga yang berada di daerah penelitian.

Data Sekunder adalah sebuah hasil data yang di dapatkan secara tidak langsung. Dalam kata lain data ini diperoleh dari beberapa hasil penelitian, paper, journal, maupun informasi- informasi yang berkaitan dengan lokasi penelitian dengan dasar data- data yang didapatkan tersebut relevan dan ilmiah.

Dalam penyusunan laporan pemodelan galian dan terowongan ini menggunakan data Sekunder. Data yang akan dipakai yaitu data parameter tanah yang didapat dari hasil laboratorium yang dimana hasil perencanaan dan pelaksanaan konstruksi proyek Pembangunan Ruas Jalan ol Sukabumi Ciranjang dengan data yang diperoleh dijadikan dasar dalam pembuatan pemodelan.

Data dalam penyusunan laporan tugas akhir ini menggunakan data yang didapat dari hasil penyelidikan tanah uji bor log, dan N-SPT, yang akan digunakan sebagai perhitungan analisa performa.

### **3.5 Pemodelan dengan Program Plaxis 2D Galian dan Plaxis 2D Tunnel**

Program *Plaxis 2D* sendiri merupakan program elemen hingga yang akan dikembangkan untuk analisis deformasi, stabilitas dan aliran air dalam rekayasa geoteknik. Dalam pemodelan terowongan csumdawu yang digunakan adalah program *Plaxis 2D Galian* dan *Plaxis 2D Tunnel*, dimana tahap pemodelannya adalah sebagai berikut :

#### **3.5.1 Permodelan Tanah**

Dalam pemodelan tanah yang didapatkan dengan program *Plaxis 2D Galian* dan *Plaxis 2D Tunnel* menggunakan parameter tanah yang diperoleh dari laporan hasil perencanaan dan pelaksanaan konstruksi proyek jalan tol Sukabumi Ciranjang. Data yang digunakan berupa nilai tegangan dalam tanah yang telah dihitung, sehingga dengan di perolehnya jenis tanah kita dapat menggambarkan pemodelan tanah di dalam program *Plaxis 2D Galian* dan *Plaxis 2D Tunnel*. Selain data parameter tanah juga dimasukkan ketinggian muka air tanahnya.

Pemodelan tanah dalam penggambaran model menggunakan pilihan *Hardening Soil Model type Undrained* untuk galian tinggi

sedangkan *Hardening Soil Model type drained* untuk terowongan, dengan parameter sebagai berikut :

- Berat jenis tanah
- Modulus elastisitas
- Sudut geser tanah
- Tekanan air pori
- *Poisson ratio*

### 3.5.2 Pemodelan Material

Berdasarkan laporan hasil perencanaan konstruksi proyek ruas jalan tol Sukabumi Ciranjang. Pada tahap permodelan material galian tinggi, perencanaan penggalian digali sampai kedalaman 100 m dibuat dengan metode terasering untuk menambah daya dukung tanah sehingga mengurangi resiko *collapse* pada struktur tanah galian tinggi. Material perkerasan jalan menggunakan parameter *rigit* 30 cm K 350 dengan material model *Elastic*.

Sedangkan material terowongan menggunakan plat besi baja dengan profil IWF 800x300x14x26 dengan panjang pemodelan pada plaxis sepanjang 18 m, sedangkan untuk dimensi terowongannya mempunyai tinggi 6 m dan lebar 12 m dengan 2 *Tunnel* sesuai dengan data proyek yang ada. Pemodelan terowongannya sendiri pada program plaxis menggunakan metode NATM.

Pemodelan terowongan dalam penggambaran model menggunakan pilihan *Elastic*, dengan parameter sebagai berikut :

- Modulus elastisitas
- Berat jenis
- Gaya geser
- Kuat lentur struktur

### 3.5.3 Proses Penggalian

Pada permodelan galian tinggi, perencanaan penggalian dibagi menjadi 20 tahapan (*slice*) penggalian, sehingga setiap tahap digali sedalam 5 m yang mana memerlukan waktu 7 hari. Penggalian dari tahap pertama sampai dengan tahapan terakhir dengan kedalaman penggalian total 100 m memerlukan *interval* waktu 140 hari.

Dalam pemodelan ini terowongan dibuat sepanjang 18 m dengan 10 tahapan (*slice*) penggalian sehingga setiap tahap digali sepanjang 3 m dan dibuat dengan metode terasering atau bertingkat untuk menambah daya dukung tanah sehingga mengurangi resiko *collapse* pada struktur tanah terowongan. Tahapan penggalian dalam pemodelan dibuat terasering dengan 8 *phase* penggalian yakni dari *phase* 1 sampai dengan *phase* 6-3 dimana setiap *phase* penggalian memerlukan *interval* waktu sehari.

- Modulus elastisitas

#### 3.5.4 Kalkulasi (*Calculation*)

Proses kalkulasi adalah tahap terakhir yang dilakukan dalam program setelah memasukkan semua parameter tanah, struktur, penggalian, dan faktor lainnya. Tahap ini dilakukan untuk menjalankan program analisis dan untuk mengeluarkan data pemodelan. Dalam kalkulasi ini dilakukan setiap penggalian tanah per *phase* nya sehingga hasil kalkulasi bisa langsung diketahui apakah struktur galian tinggi dan struktur terowongan aman dari keruntuhan.

#### 3.6 Kesimpulan dan Saran

Dalam membuat kesimpulan harus sesuai dengan pokok permasalahan dan hasil dari proses yang didapatkan dengan keterangan secara singkat dan bisa menggambarkan jelas hasil pemodelan.

#### 3.7 Pembuatan Laporan

Penyusunan laporan ini dilakukan dengan menyusun hasil dari pemodelan yang telah diselesaikan. Laporan akan memuat hasil *running* dari pemodelan galian tinggi dan terowongan ruas jalan tol Sukabumi Ciranjang dengan diperoleh besarnya deformasi, *displacement*, *excess pore pressures*, *effective stresses*, kurva *displacement*, *Safety Factor static*, dan *Safety Factor* gempa.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Tinjauan Umum

Tahap Analisa yang akan dijelaskan pada bab ini merupakan hasil *analisa* dan *kalkulasi* data yang diperoleh dari Proyek Ruas Jalan Tol Sukabumi–Ciranjang serta pembahasan dari hasil- hasil yang telah diperhitungkan. Pada analisa ini kita mengambil dari STA (*station*) yang menurut kami terdalam galianya daripada *Station* yang lain dan juga galian tersebut nanti akan di pakai untuk pembuatan Terowongan. Dalam analisa ini kami menggunakan progam *software Plaxis 2D*. Dalam menggunakan *software plaxis 2D* kami membuat permodelan yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar terjadinya deformasi, *displacement*, *excess pore pressures*, *effective stresses*, kurva *Displacement*, *Safety Factor* statik, dan *Safety Factor* gempa akibat penggalian dan terowongan. Untuk data-data yang diperukan dalam pembuatan permodelan pada progam *software plaxis 2D* di dapatkan dari laporan hasil perencanaan dan melaksanakan konstruksi di lapangan. Berikut adalah Gambar 4.1 lokasi pengambilan Data dalam membuat Analisa ini.



**Gambar 4.1** Lokasi Pengambilan Data

Untuk STA kami menggunakan STA 5+600 yang dimana menurut kami STA tersebut terdalam dan data *Bore* kami menggunakan DB 14. Data yang tersedia akan digunakan untuk pembuatan pemodelan dalam *Plaxis 2D*

Pemodelan terowongan pada proyek Ruas Jalan Tol Sukabumi- Ciranjang menggunakan program *software Plaxis 2D Tunnel* di lakukan dengan menggunakan metode NATM (*New Austrian Tunneling Method*) dengan pengaruh muka air tanah, pemodelan penggalian dilakukan dengan tahapan dan urutan sesuai dengan pelaksanaannya. Pemodelan ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari penggalian terowongan dan seberapa besar deformasi yang terjadi sehingga bisa disimpulkan aman tidaknya bagi konstruksi terowongan keseluruhan.

## 4.2. Data Analisis

### 4.2.1 Data Tanah

Data tanah kami menggunakan Data *Bore* DB 14 yang di dapatkan dari Laboratorium yang telah di uji sebelum kami analisa yang dimana data tersebut kamu rangkai dalam bentuk Tabel 4.1 yang bisa di lihat di bawah ini

**Tabel 4.1 Parameter Tanah Galian**

| Konsistensi | N-spt | $\gamma_{sat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{unsat}$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | $E_{50}^{ref}$ | $E_{ur}^{ref}$ | Cc         | Cs         | C<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | $\Phi$ | Ksat<br>(m/day)       | V    | $i_{mit}$ |
|-------------|-------|--|--|----------------|----------------|------------|------------|---------------------------|--------|-----------------------|------|-----------|
| Very Soft   | 2     | 13                                     | 16                                       | 2000           | 6000           | -          | -          | 10                        | 12     | $8,64 \times 10^{-3}$ | 0,30 | 1.2       |
| Soft        | 3     | 13                                     | 16                                       | 3000           | 9000           | -          | -          | 12                        | 14     | $8,64 \times 10^{-3}$ | 0,30 | 1         |
| Medium      | 5.83  | 14                                     | 17                                       | -              | -              | 0.059<br>2 | 0.014<br>7 | 20                        | 18     | $8,64 \times 10^{-4}$ | 0,30 | 0,5       |
| Hard        | 42.25 | 15                                     | 19                                       | -              | -              | 0.008<br>2 | 0.002<br>0 | 50                        | 30     | $8,64 \times 10^{-4}$ | 0,30 | 0,5       |
| Very Dense  | 50    | 19                                     | 21,6                                     | 5000<br>0      | 15000<br>0     | -          | -          | 50                        | 45     | 1.00                  | 0,30 | 0,5       |

**Tabel 4.2** Parameter Beton Rabat pada galian tinggi

| Parameter   | Material Model | $\gamma_{\text{unsat}}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $E_{\text{ref}}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $\nu$ | $V_s$ (m/s) | $V_p$ (m/s) |
|-------------|----------------|--|---------------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Beton Rabat | Linear Elastic | 23,00  | 2,570E+06                             | 0,150 | 690,00      | 1075,00     |

**Tabel 4.3** Parameter *Rigid* pada galian tinggi (perkerasan kaku)

| Parameter   | Material Model | $\gamma_{\text{unsat}}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $E_{\text{ref}}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $\nu$ | $V_s$ (m/s) | $V_p$ (m/s) |
|-------------|----------------|--|---------------------------------------|-------|-------------|-------------|
| Rigid 30 cm | Linear Elastic | 24.00  | 2,531E+07                             | 0,150 | 2120,00     | 2577.00     |

**Tabel 4.4** Parameter Timbunan *Base* pada galian tinggi

| Parameter     | Material Model | $\gamma_{\text{unsat}}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{\text{sat}}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | Permeability (m/day) | $E_{\text{ref}}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $\nu$ | $C_{\text{ref}}$ (Kn/m <sup>2</sup> ) | $\Pi$ (phi) | $\Psi$ (psi) | $V_s$ (m/s) | $V_p$ (m/s) |
|---------------|----------------|--|--|----------------------|---------------------------------------|-------|---------------------------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Timbunan Base | Mohr-Coulomb   | 20.00  | 21,00                                      | 1.00                 | 5,000E+04                             | 0,200 | 1.000                                 | 35,000      | 0,00         | 101,00      | 165.00      |

**Tabel 4.5** Parameter *Tunnel* (Terowongan)

| Parameter                | Material Model | EA (kN/m) | EI (kN/m <sup>2</sup> /m) | W (kN/m/m) | $\nu$ |
|--------------------------|----------------|-----------|---------------------------|------------|-------|
| Tunnel IWF 800x300x14x26 | Elastic        | 5,62E+06  | 6,13E+05                  | 1,645      | 0,15  |

**Tabel 4.6** Parameter *Rigid* pada *Tunnel* (perkerasan kaku)

| Parameter         | Material Model | EA (kN/m) | EI (kN/m <sup>2</sup> /m) | W (kN/m/m) | $\nu$ |
|-------------------|----------------|-----------|---------------------------|------------|-------|
| Rigid 30 cm k 350 | Elastic        | 7,60E+06  | 5,70E+04                  | 2,700      | 0,15  |

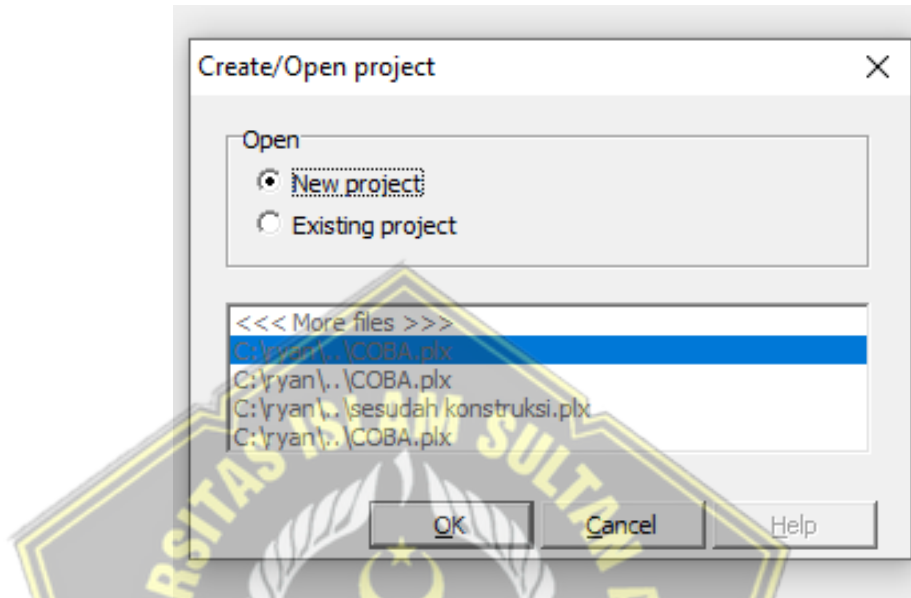
Untuk Parameter Tunnel kami menggunakan Tunnel Steel Rib IWF 800x300x14x26, yang bisa dilihat pada Tabel 4.5 dan perkerasan bisa di lihat pada Tabel 4.6



### 4.3. Analisis Data Galian

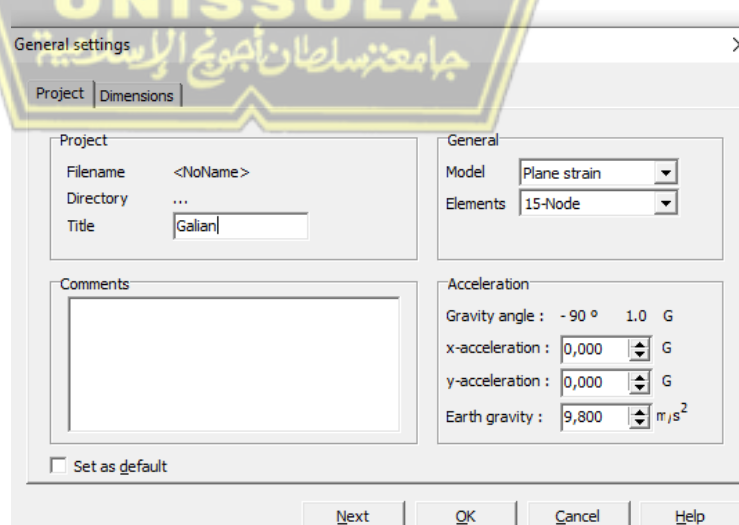
#### 4.3.1 Pemodelan *Plaxis 2D*

- a. Membuat file baru pada saat menjalankan *software Plaxis 2D* dengan klik *New Project* contoh seperti di Gambar 4.2



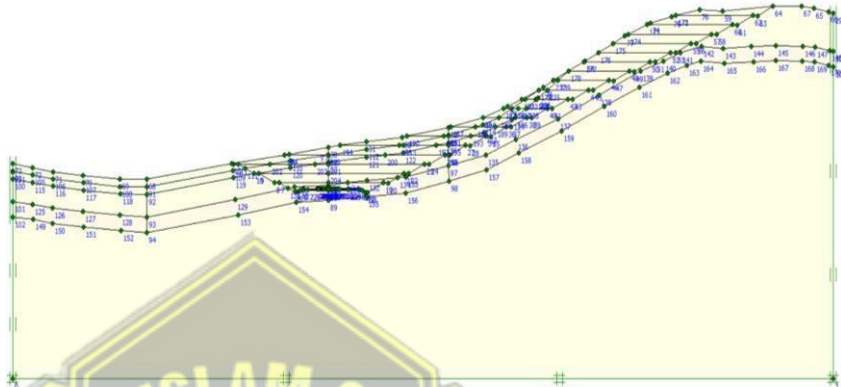
Gambar 4.2 *Plaxis 8.2*

- b. Pilih dan atur nama pemodelan yang akan dibuat serta masukan dimensi yang sudah ditentukan dari data yang diambil untuk membuat dimensi Galian, terlihat pada Gambar 4.3 di bawah ini



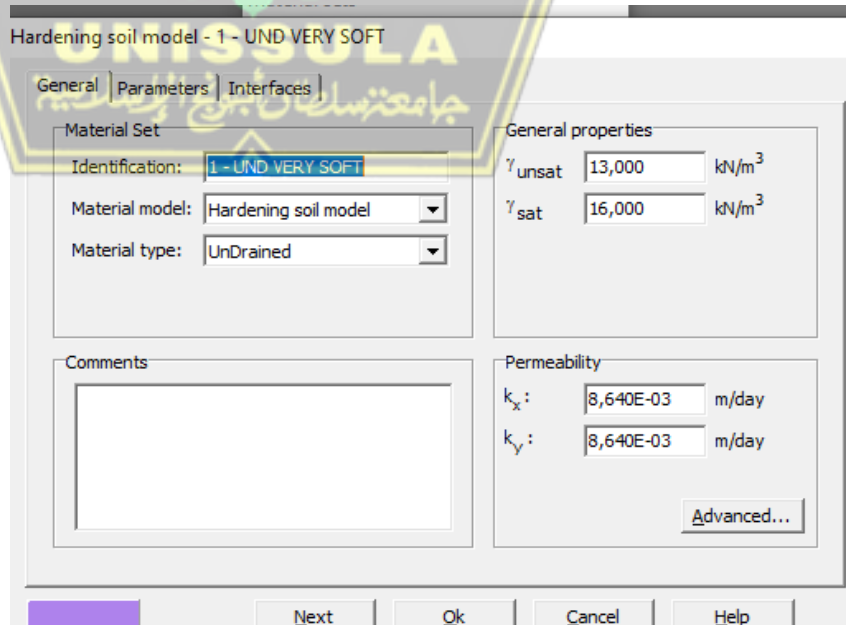
Gambar 4.3 Pembuatan Dimensi

- c. klik geometry line yang berfungsi menggambarkan area serta objek atau juga memakai input berdasarkan di titik pada sumbu kartesius (X & Y) untuk membuat pemodelan yang akan di analisa, hasil pemodelan yang dibuat akan jadi seperti pada Gambar 4.4



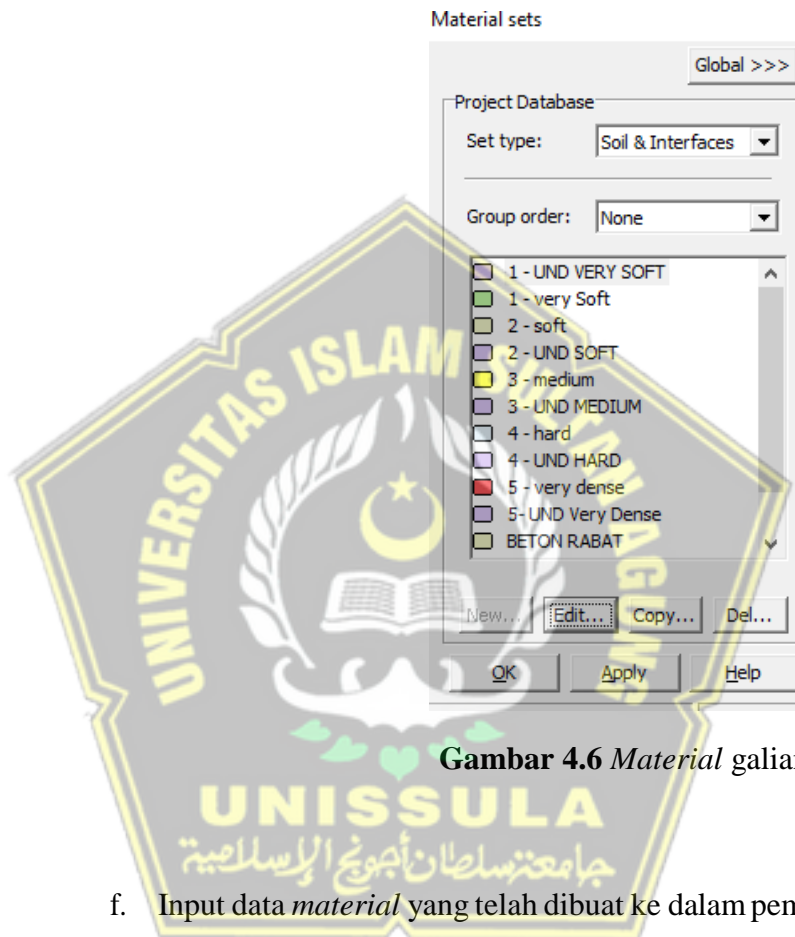
**Gambar 4.4** Pemodelan kondisi tanah

- d. Sesudah pembuatan pemodelan, lalu membuat material yang akan dibutuhkan pada lapisan tanah yang telah di buat, sesuai dengan data parameter yang di tentukan dari awal analisa. Seperti pada Gambar 4.5 jika sudah memasukan data parameternya kedalam *material*.

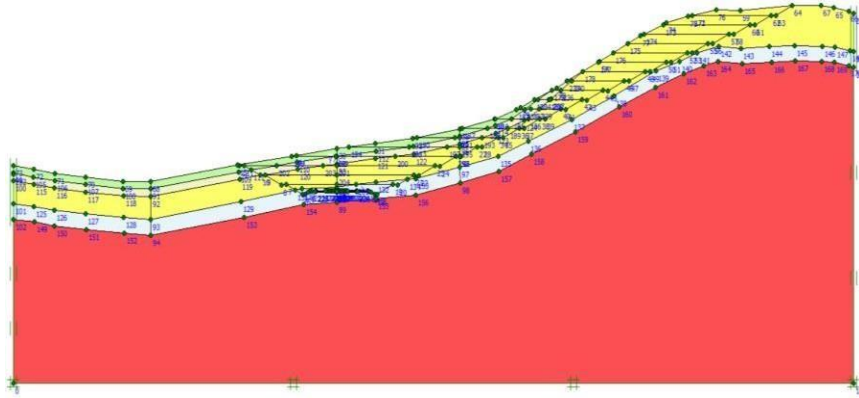


**Gambar 4.5** Pembuatan *New Material*

- e. Membuat material dibutuhkan data yang telah di disiapkan dari parameter tanah, dengan cara penjabaran dari kedalaman Galian atau lapisan tanah yang sudah dibuat dalam parameter tanah. Seperti dalam Gambar 4.6 di bawah ini.

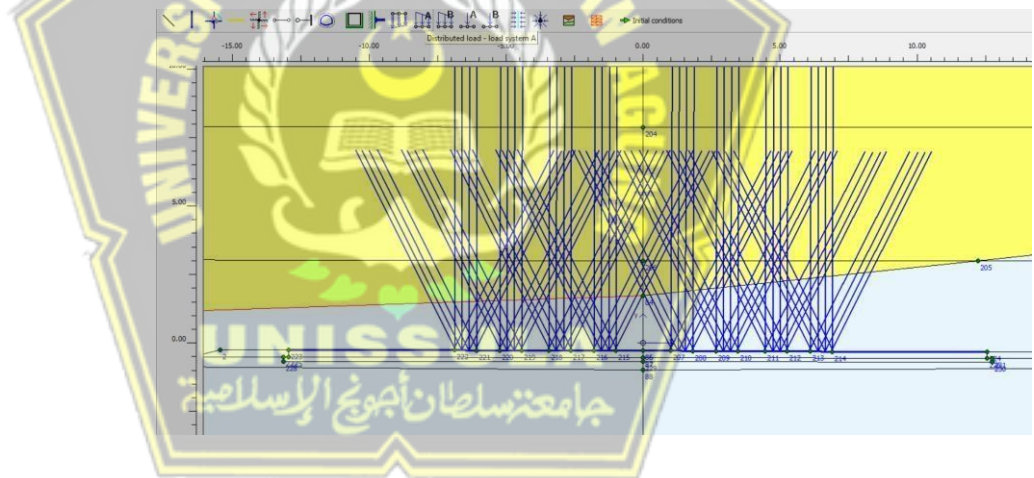


- f. Input data *material* yang telah dibuat ke dalam pemodelan yang telah dibuat sesuai dengan klasifikasi tanah masing-masing secara detail dalam memasukan data *material* , seperti pada Gambar 4.7 di bawah ini



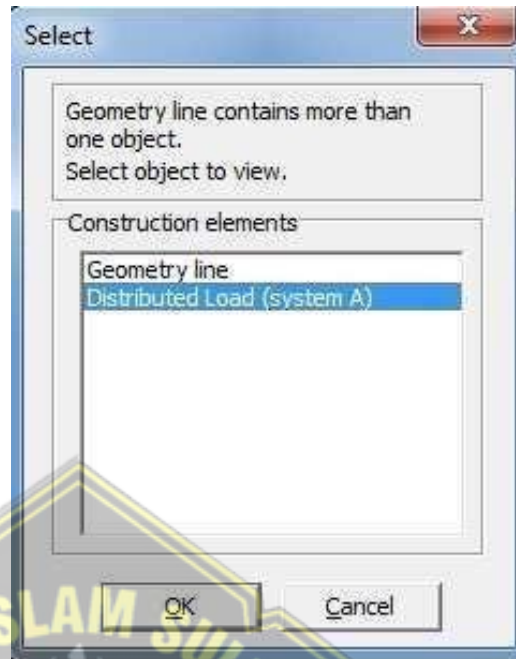
**Gambar 4.7** Memasukkan *Material* kedalam pemodelan

- g. Setelah *material*, membuat geometri pembebanan, pada pembebanan menggunakan pembebanan merata (*distributed load*) dengan beban  $1\text{kN/m}^2$  (beban bisa di variasikan sesuai dengan keadaan di lapangan), seperti pada Gambar 4.8 di bawah ini.



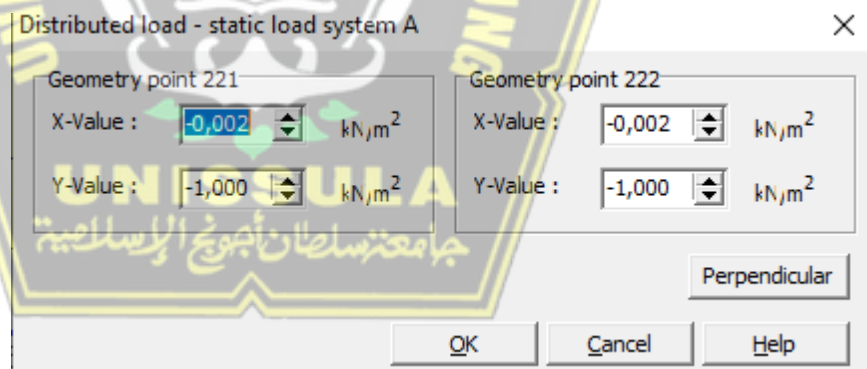
**Gambar 4.8** *Plate dan Distributed Load*

- h. Setelah membuat geometri pembebanan, sekarang klik *select* geometri beban yang akan di buat, seperti pada Gambar 4.9 di bawah ini



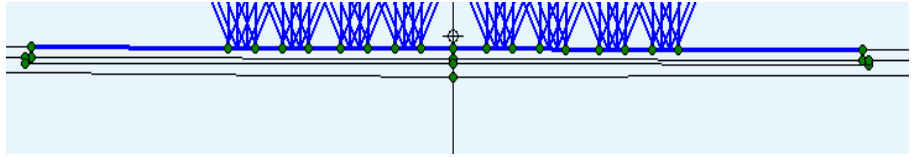
**Gambar 4.9** *Setting geometri line*

- i. Setelah di *double* klik, *input* beban yang muncul sesuai pada Gambar 4.10 dan memasukan sesuai data yang telah disiapkan untuk membuat *load system*



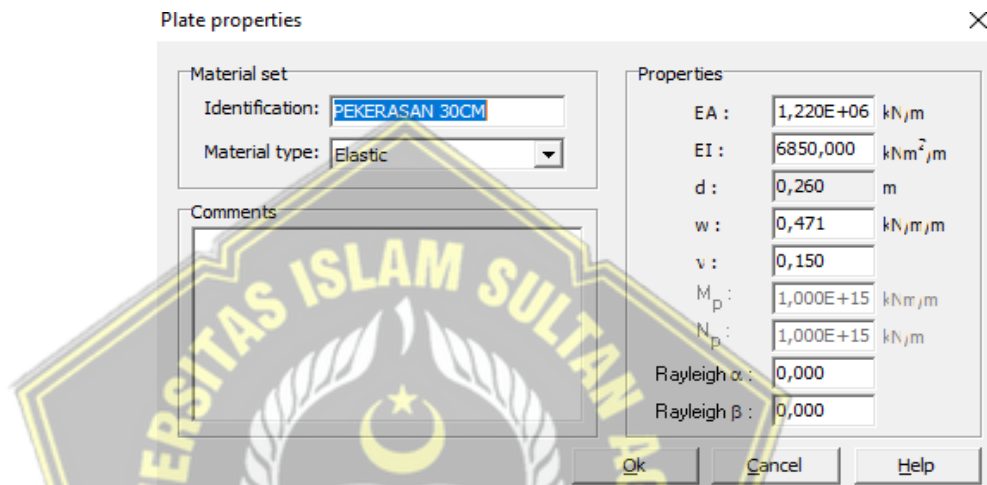
**Gambar 4.10** *Input beban merata*

- j. Setelah membuat pembenanan, selanjutnya membuat perkerasan pada jalan, dengan cara klik *Plate* dan dibuat sepanjang jalan yang dibutuhkan sesuai ketentuan kondisi di lapangan, yang dimana jika sudah jadi seperti pada Gambar 4.11 di bawah ini



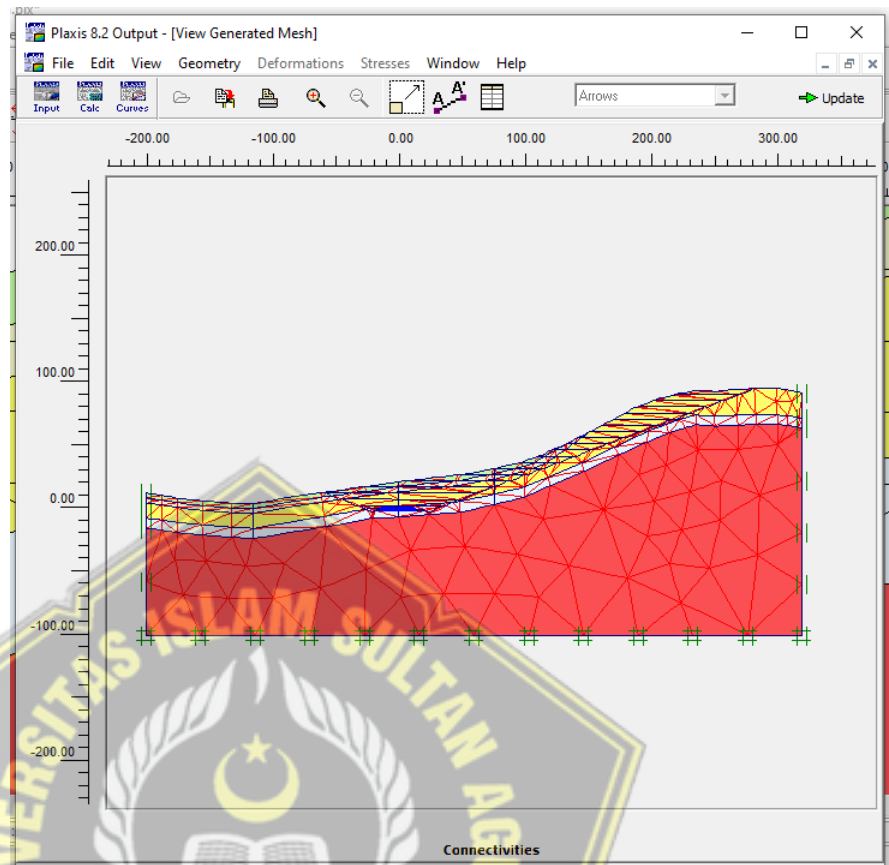
**Gambar 4.11** Pembuatan *Plate*

- k. Setelah membuat Platnya double klik pada *plate* dan *input* data perkerasannya pada *plate*,sesuai pada Gambar 4.12 di bawah ini.



**Gambar 4.12** *Properties* Perkerasan

- l. Jika semua data sudah di *input* dalam ke pemodelan, segera lakukan *mesh* untuk pemodelan yang telah dibuat serta data yang dimasukan akan menampilkan *output* pemodelan yang telah di buat dan klik *update* untuk ke tahap selanjutnya, sesuai dengan Gambar 4.13 di bawah ini.

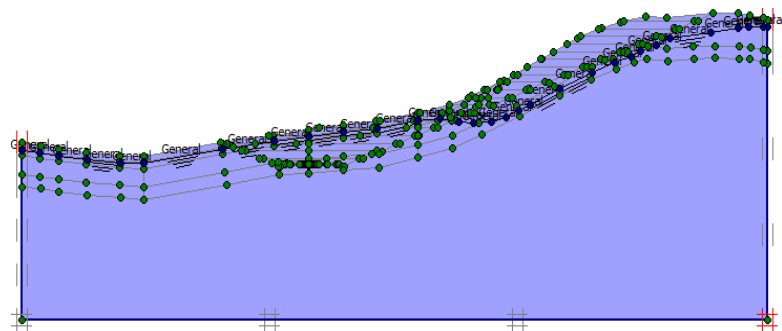


**Gambar 4.13** Mesh pemodelan

#### 4.3.2 Input Kondisi Awal

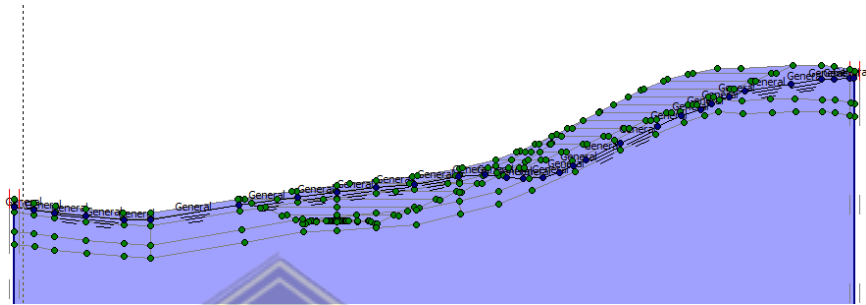
Bagian ini harus mengidentifikasi kondisi awal, yang mana belum ada perkuatan dan timbunan. Langkah-langkahnya *input* seperti berikut ini :

- a. Setelah melakukan *mesh* di *geometry input* dan di *update* klik *intial condition*, sehingga langsung muncul Gambar 4.14 di bawah ini



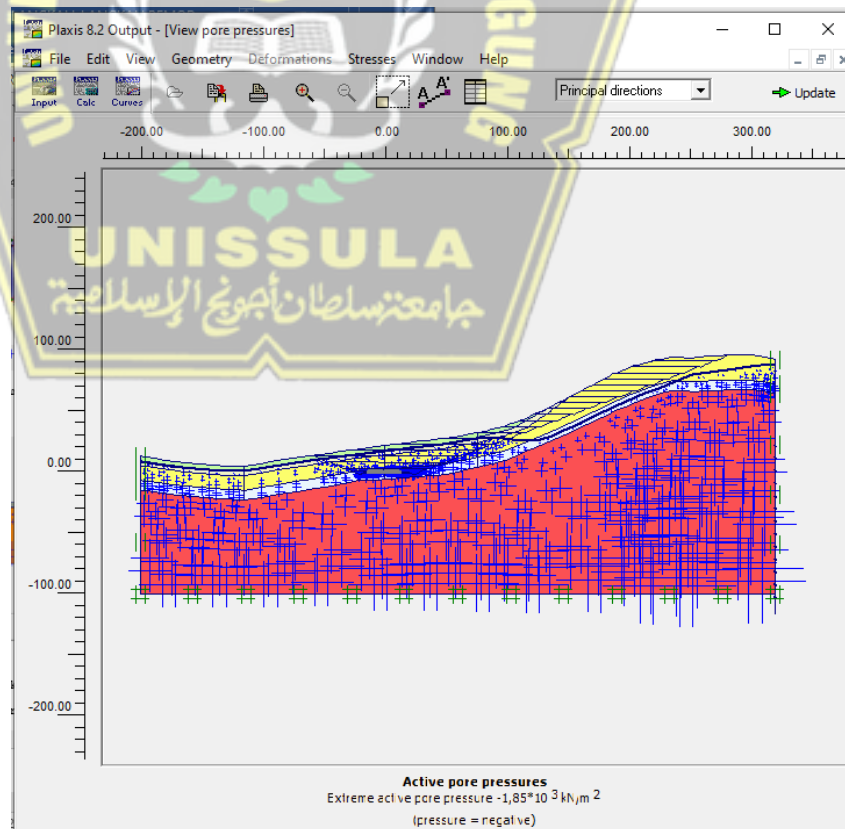
**Gambar 4.14** Muka air tanah

- b. Gambaran pada muka air tanah 0,0 menggunakan *phreatic level*. Dan di analisa menggunakan *K<sub>o</sub>-Procedure* dikarenakan kontur tanah dan air tidak berbeda elevasi di awal, sehingga akan persis Gambar 4.15 di bawah



**Gambar 4.15** Muka Air Tanah dengan *phreatic level*

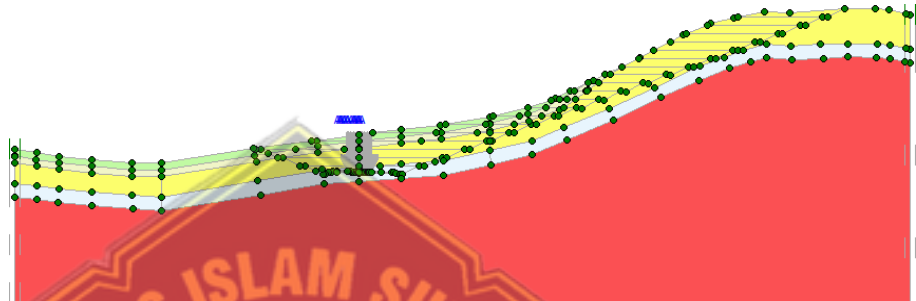
- c. Seteah itu klik *Generate Water Pressures* dalam menghitung tekanan air yang bekerja, sehingga akan muncul besar tekanan air tanah yang bekerja. sehingga akan muncul Gambar 4.16 di bawah ini



**Gambar 4.16** Output tekanan air

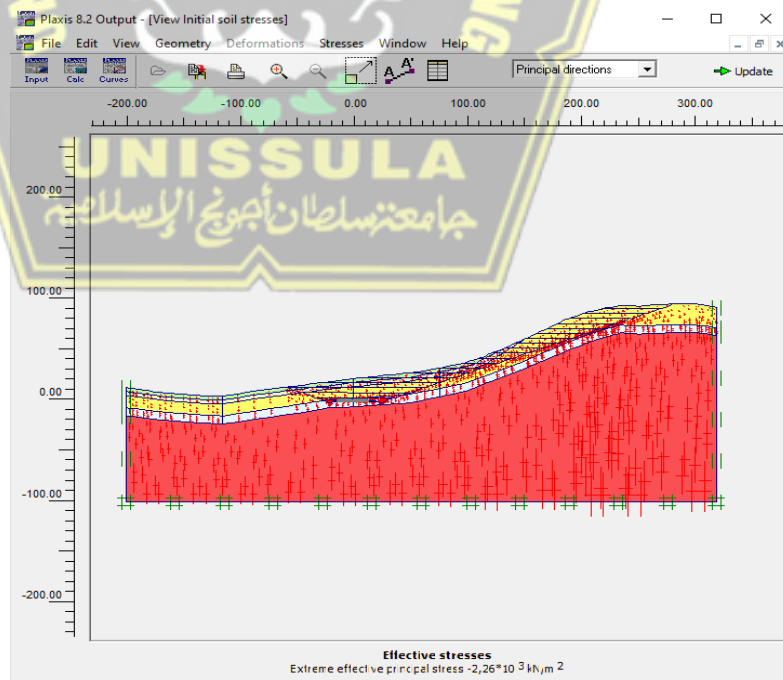


- d. Klik update, tanah galian dan beban yang berada di atas pondasi. *Click* pada menu *initial pore pressure* menggunakan *select* pada tanah galian , beban yang ada sehingga warna menjadi hilang, dapat dilihat pada Gambar 4.17 di bawah ini



**Gambar 4.17** Tanah sebelum galian tanpa ada beban

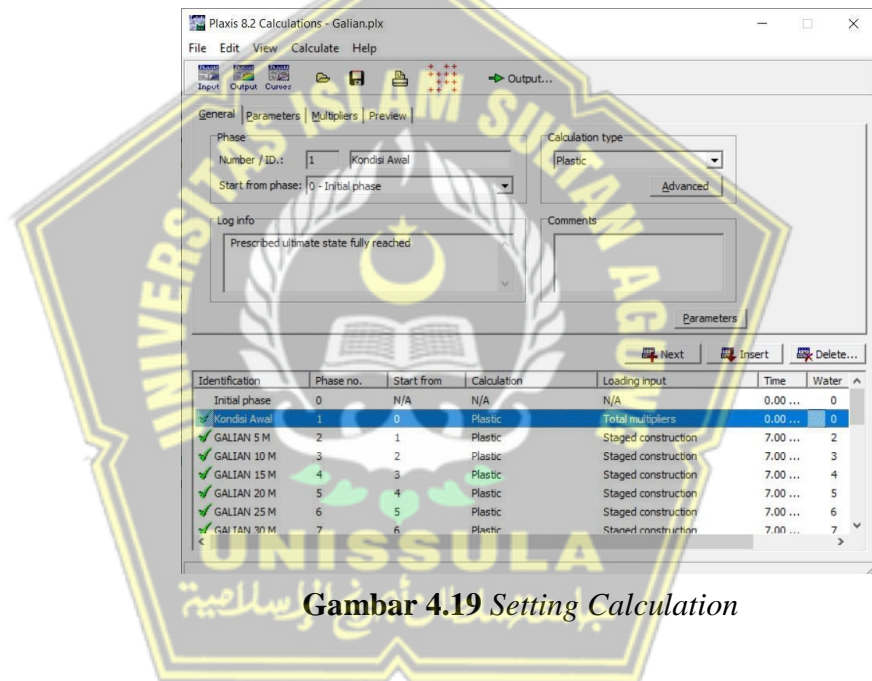
- e. Klik *Generate initial Steres*, menghitung tegangan efektif tanah yang berjalan, sehingga akan keluar tegangan efektif tanah dasar yang bekera, jika sudah clিকে *update*, dan dapat dilihat pada Gambar 4.18 di bawah ini



**Gambar 4.18** Tegangan efektif tanah sebelum proses galian

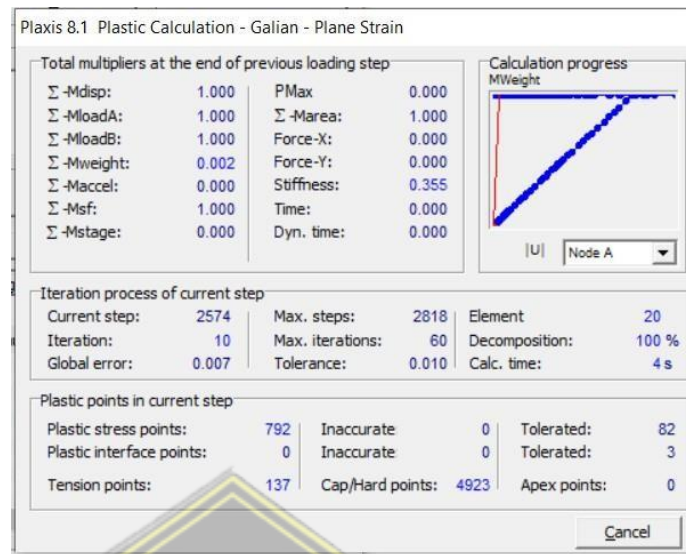
### 4.3.3 Calculation

*Calculation* adalah tahap terakhir yang dilakukan dalam pemodelan setelah memasukkan semua parameter tanah, struktur, *grouting* dan faktor lainnya. Tahap ini dilakukan untuk menjalankan program analisis dan untuk mengeluarkan data pemodelan. Dalam kalkulasi ini dilakukan setiap penggalian tanah per *phase* nya sehingga hasil kalkulasi bisa langsung diketahui apakah struktur galian aman dari keruntuhan. Dapat dilihat pada Gambar 4.19 di bawah ini



Gambar 4.19 Setting Calculation

Jika sudah membuat apa yang diakan analisa Klik tombol *Calculate* maka program akan me *running* hasil kalkulasi dan apabila sudah muncul tanda centang di *calculations progam* maka bias dinyatakan aman dan tidak terjadi *collapse*, dapat dilihat pada Gambar 4.20 di bawah ini



**Gambar 4.20** *Running Calculation*

#### 4.3.4 Hasil Analisa Calculation

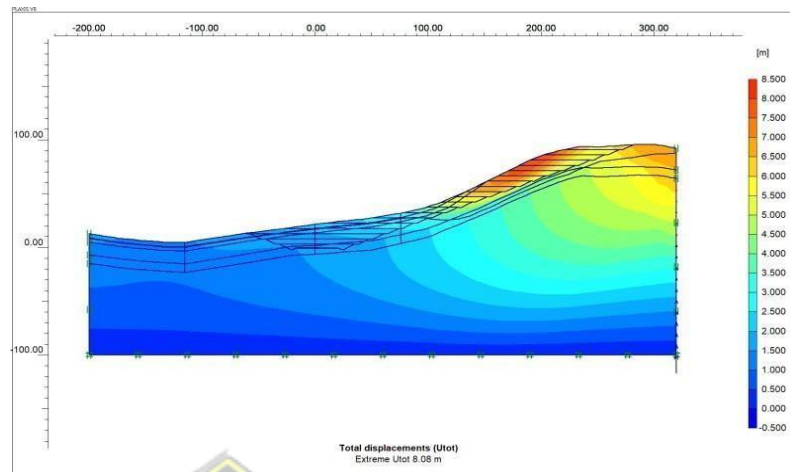
Untuk Galian Tinggi sendiri *Calculation* di program software plaxis 2D yang memodelkan Galian Tinggi secara dua dimensi yang memiliki tahapan dalam pemodelan penggaliannya. Dalam pemodelan Galian tinggi hal yang perlu diperhitungkan analisa ada beberapa seperti:

1. Kondisi Awal
2. Galian 5-100 meter
3. Pekerjaan Perkerasan
4. Pembebanan
5. Masa Tunggu 1 tahun (Konsolidasi)
6. Faktor Keamanan
7. Analisa Gempa

Di atas tersebut merupakan analisa yang kita lakukan dalam pembuatan pemodelan Galian Tinggi yang akan kita buktikan layak atau tidakah dalam galian yang kita tentukan dari awal.

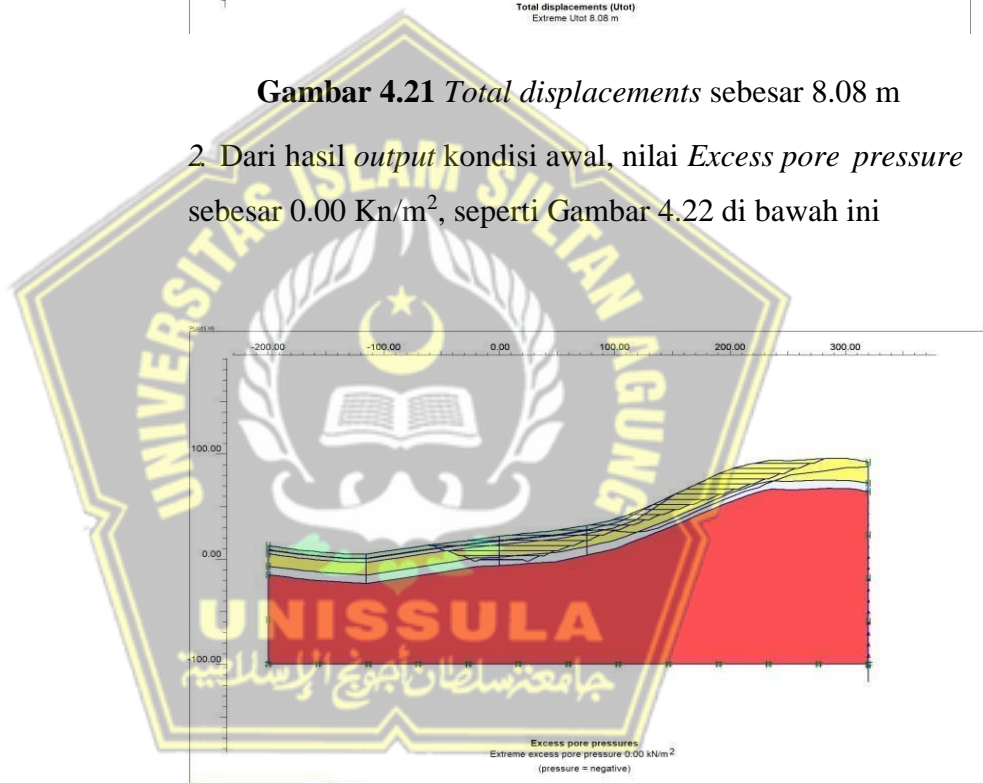
##### A. Kondisi Awal

1. Dari hasil *output* kondisi awal, nilai *Total Displacements* yaitu sebesar 8.08 meter, seperti Gambar 4.21 di bawah ini



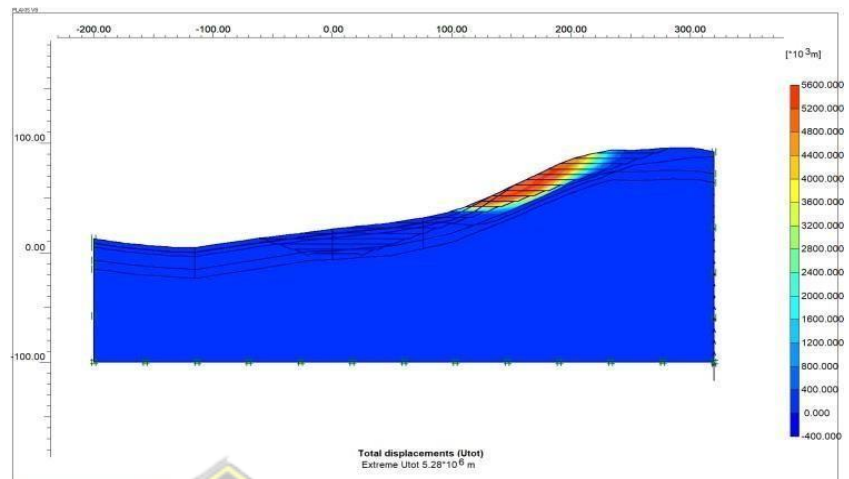
**Gambar 4.21** *Total displacements* sebesar 8.08 m

2. Dari hasil *output* kondisi awal, nilai *Excess pore pressure* sebesar 0.00 Kn/m<sup>2</sup>, seperti Gambar 4.22 di bawah ini



**Gambar 4.22** *Excess pore pressure* sebesar 0.00 Kn/m<sup>2</sup>

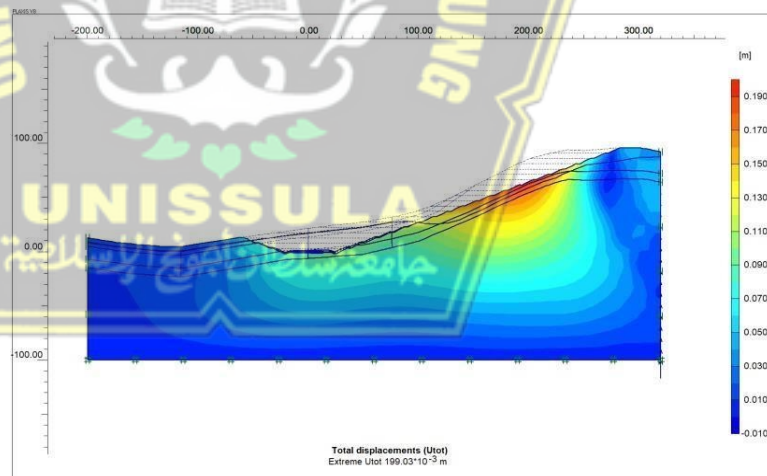
3. Dari hasil *output* kondisi awal, nilai *Safety factor* sebesar 1.0252, seperti Gambar 4.23 di bawah ini



**Gambar 4.23** *Safety factor* sebesar 1.0252

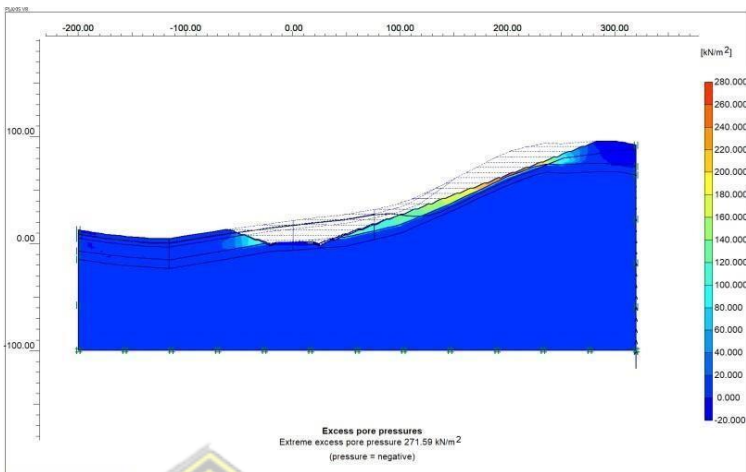
## B. Pekerjaan Perkerasan

1. Dari hasil output pekerjaan perkerasan, nilai *Total Displacements* yaitu sebesar 0,19903 meter, seperti Gambar 4.24 dibawah ini



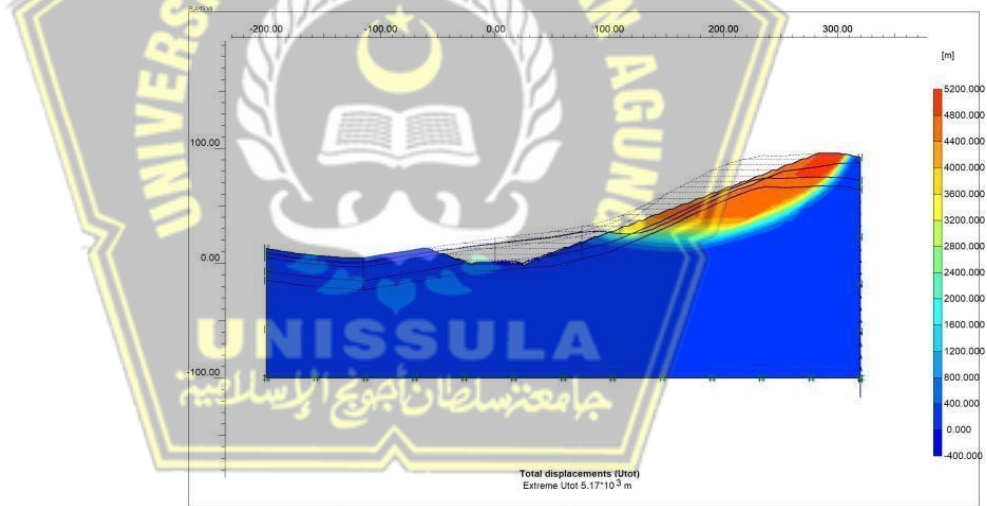
**Gambar 4.24** *Total displacements* sebesar 0,19903 m

2. Dari hasil *output* pekerjaan perkerasan, nilai *Excess pore pressure* sebesar 271.59  $\text{Kn/m}^2$ , seperti Gambar 4.25 di bawah ini



**Gambar 4.25** *Excess pore pressure* sebesar 271.59  $\text{Kn/m}^2$

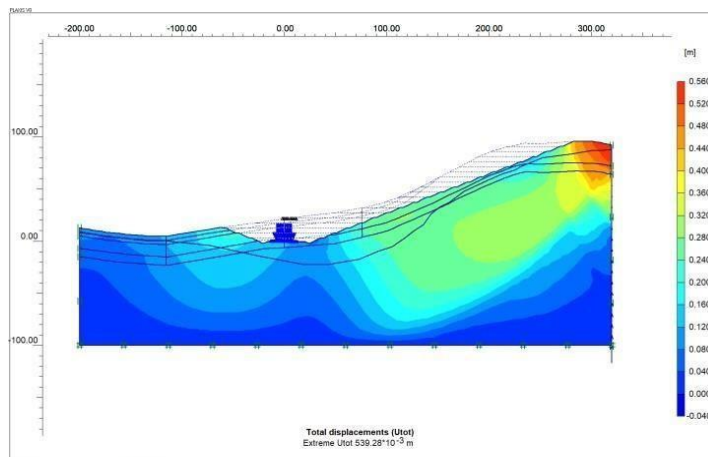
3. Dari hasil *output* pekerjaan perkerasan, nilai *Safety factor* sebesar 1.9817, seperti Gambar 4.26 di bawah ini



**Gambar 4.26** *Safety factor* sebesar 1.9817

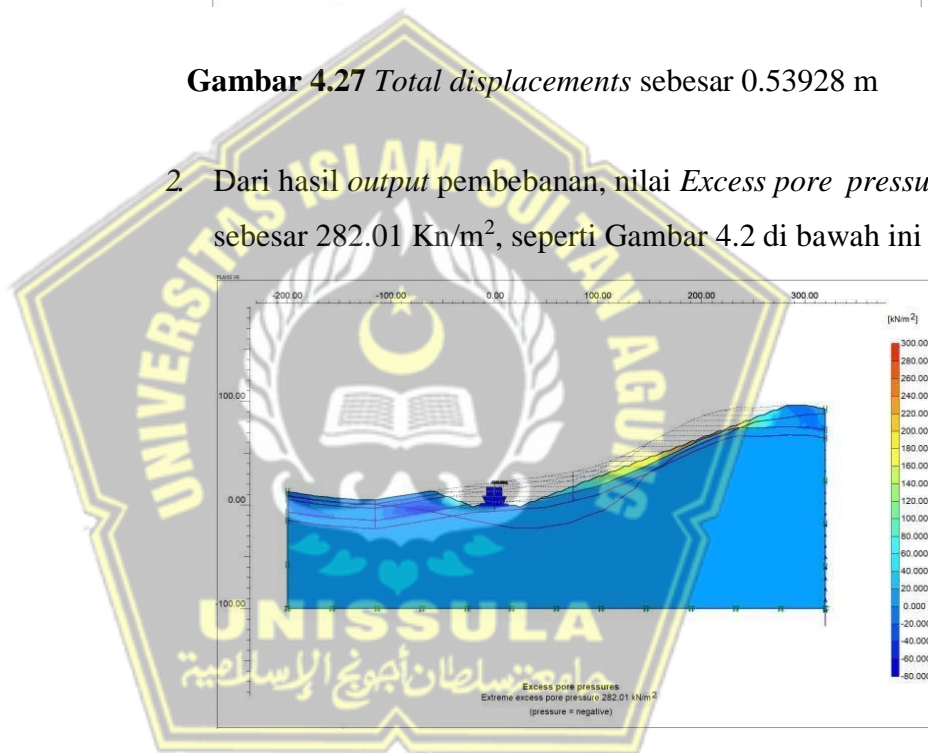
### C. *Output* Pembebanan

1. Dari hasil *output* pembebanan, nilai *Total Displacements* yaitu sebesar 0,53928 meter, seperti Gambar 4.27 di bawah ini



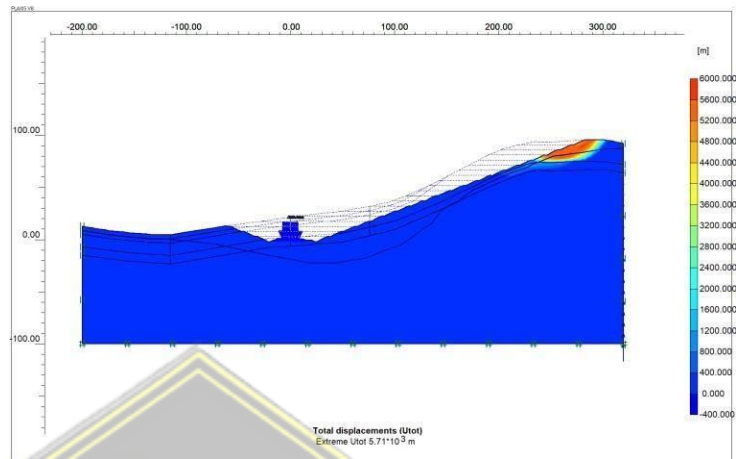
**Gambar 4.27** Total displacements sebesar 0.53928 m

2. Dari hasil *output* pembebanan, nilai *Excess pore pressure* sebesar 282.01  $\text{Kn/m}^2$ , seperti Gambar 4.2 di bawah ini



**Gambar 4.28** Excess pore pressure sebesar 282.01  $\text{Kn/m}^2$

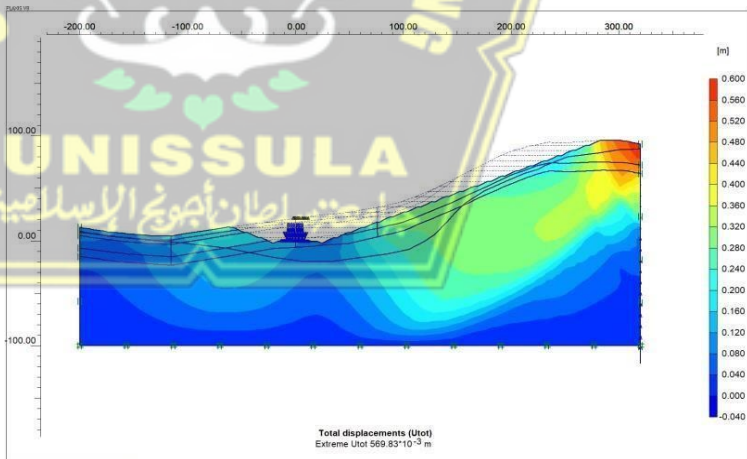
3. Dari hasil *output* pembebanan, nilai *Safety factor* sebesar 1.9918, seperti Gambar 4.29 di bawah ini



**Gambar 4.29** *Safety factor* sebesar 1.9918

#### D. Konsolidasi 1 Tahun

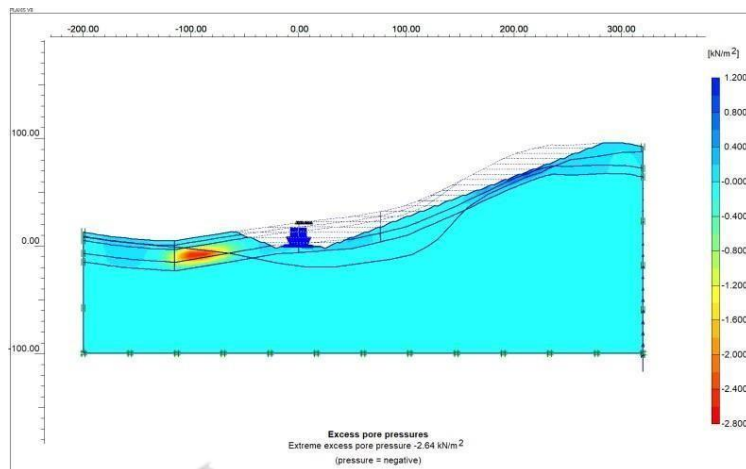
1. Dari hasil *output* konsolidasi 1 tahun, nilai *Total Displacements* yaitu sebesar 0,56983 meter, seperti Gambar 4.30 di bawah ini



**Gambar 4.30** *Total displacements* sebesar 0,56983 m

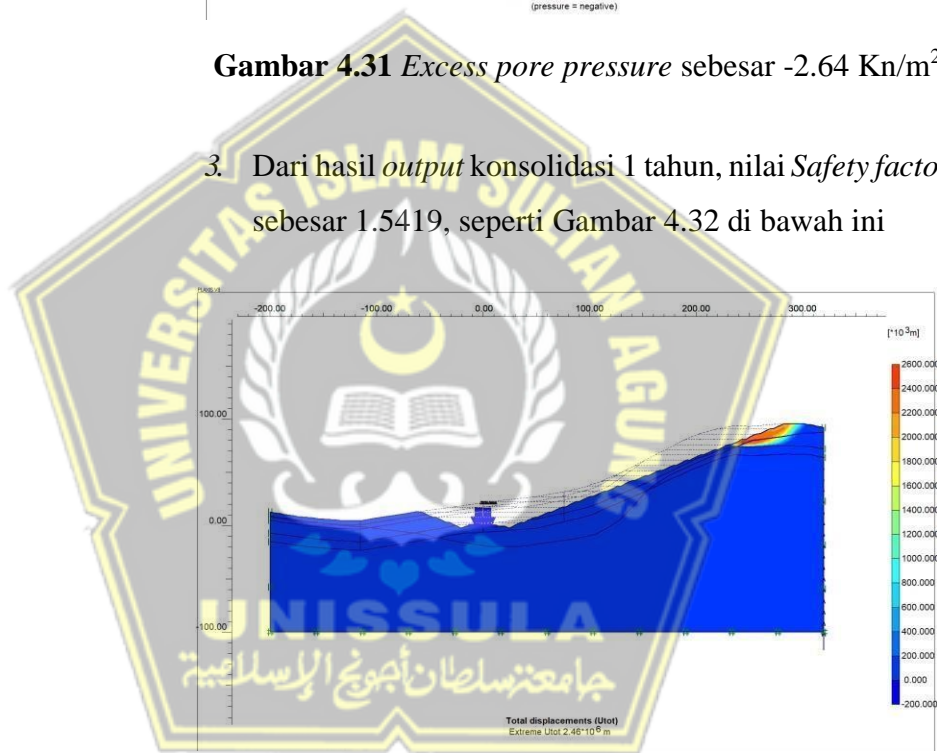
2. Dari hasil *output* konsolidasi 1 tahun, nilai *Excess pore pressure* sebesar  $-2.64 \text{ Kn/m}^2$ , seperti Gambar 4.31 di bawah ini





**Gambar 4.31** *Excess pore pressure* sebesar  $-2.64 \text{ Kn/m}^2$

3. Dari hasil *output* konsolidasi 1 tahun, nilai *Safety factor* sebesar 1.5419, seperti Gambar 4.32 di bawah ini

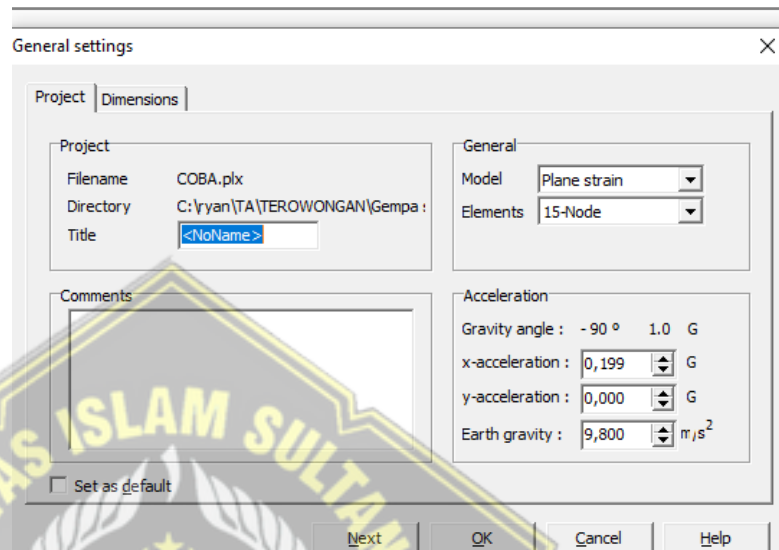


**Gambar 4.32** *Safety factor* sebesar 1.5419

### E. Analisa Gempa pada Galian

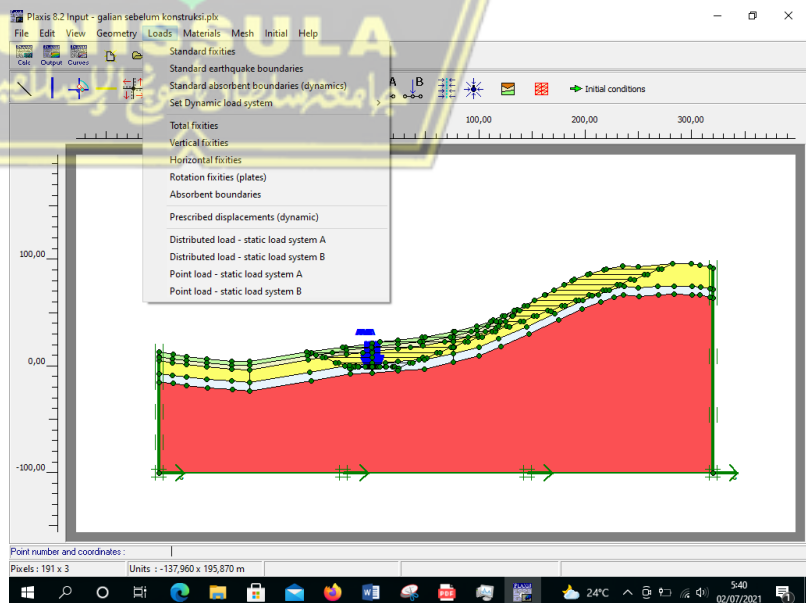
Dalam gempa sendiri kami harus menentukan dari sampel STA 5+600 yang berdasarkan dari hasil penentuan kelas situs merupakan kelas Tanah Lunak. Yang dimana Nilai kh menggunakan 0,199 kh. Berikut langkah-langkah memasukan data gempa yang di dapat :

- a. Pertama masuk ke pemodelan yang telah di buat , Klik *General settings* dan menuju ke *Tab Project* dan diganti x *acceleration* sesuai data yang di dapat , klik OK jika sudah



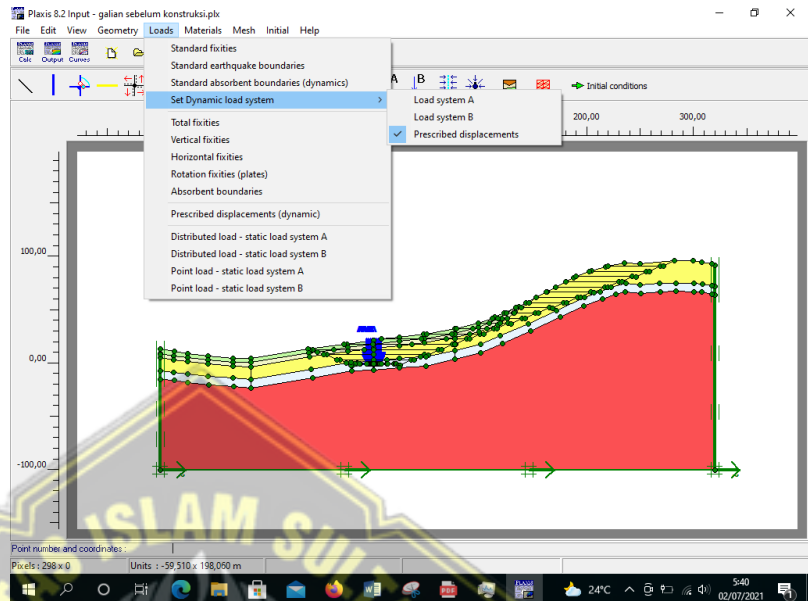
Gambar 4.33 *General Setting*

- b. Kembali ke pemodelan dan ubah *Loads* menjadi *standart eartquake bounding*



Gambar 4.34 *standart eartquake bounding*

- c. Klik *Set dynamic load system* dan ubah ke *Prescribed displacement* dan jadi pemodelan fokus ke gempa

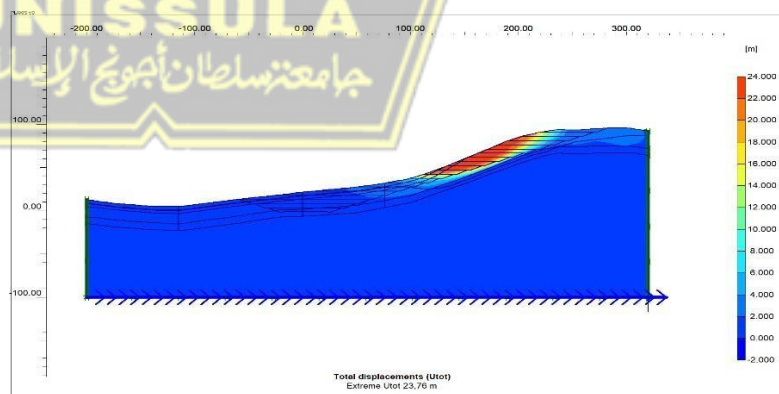


Gambar 4.35 *Prescribed displacement*

### A. Gempa sebelum konstruksi

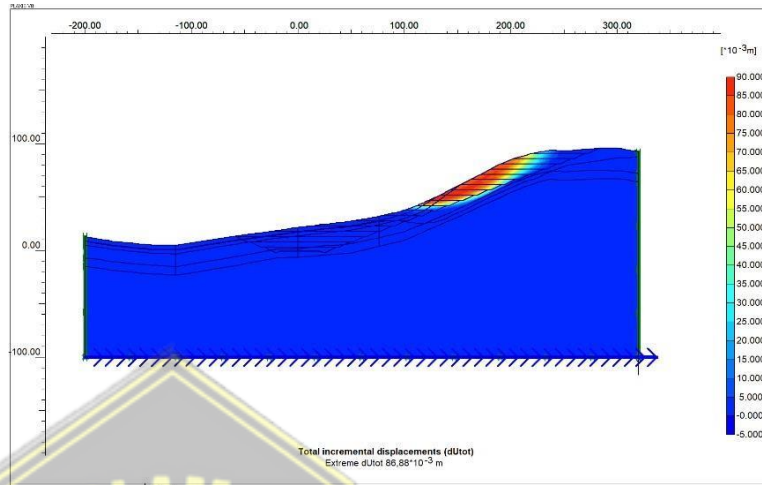
Analisa gempa *Safe Factor* 0,6157

1. Dari hasil *output Total Displacement* yaitu sebesar 23,76 m, seperti Gambar 4.36 di bawah



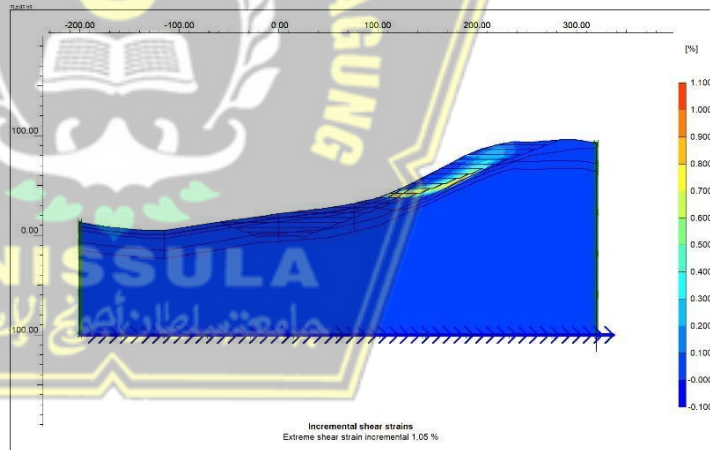
Gambar 4.36 *Total Displacement 23,76m*

2. Dari hasil *output Total Incremental Displacement* yaitu sebesar 0,08688 m, seperti Gambar 4.37 di bawah ini



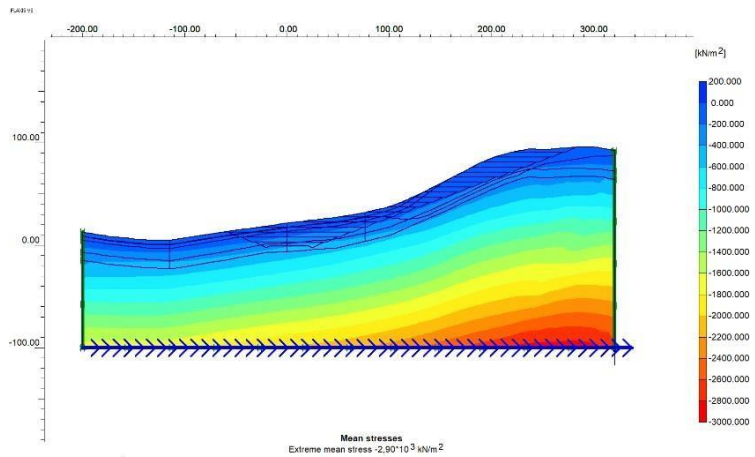
**Gambar 4.37** *Total Incremental Displacement* 0,08688 m

3. Dari hasil *output Total Incremental Shear Strains* yaitu sebesar 1,05% seperti Gambar 4.38 di bawah ini



**Gambar 4.38** *Total Incremental Shear Strains* yaitu sebesar 1,05%

4. Dari hasil *output Total Mean Stresses* yaitu sebesar – 2900 kN/m<sup>2</sup> seperti Gambar 4.39 di bawah ini

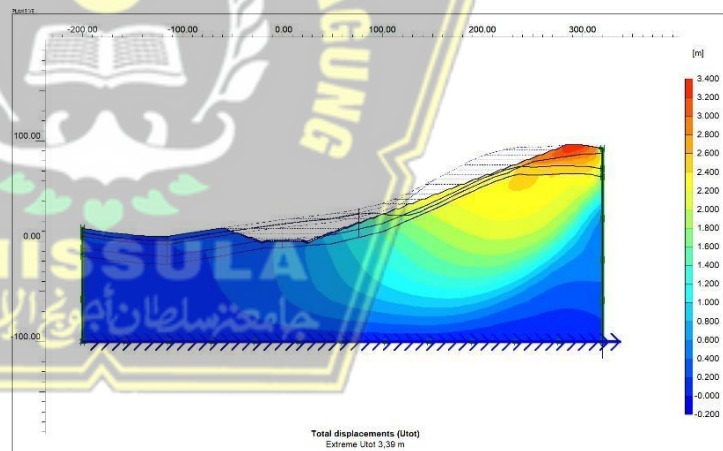


**Gambar 4.39** Total Mean Stress -2900 kN/m<sup>2</sup>

### B. Gempa sesudah Galian

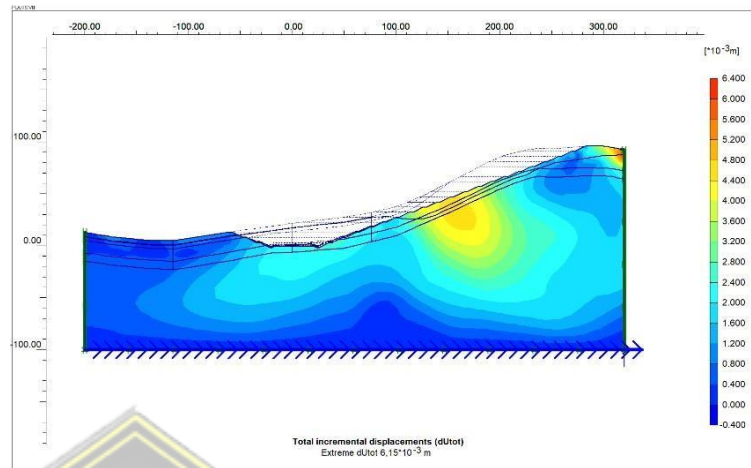
Analisa dari *safety factor* yang di dapat 1,5264

1. Dari hasil *output Total Displacement* yaitu sebesar 3,39 m seperti Gambar 4.40 di bawah ini



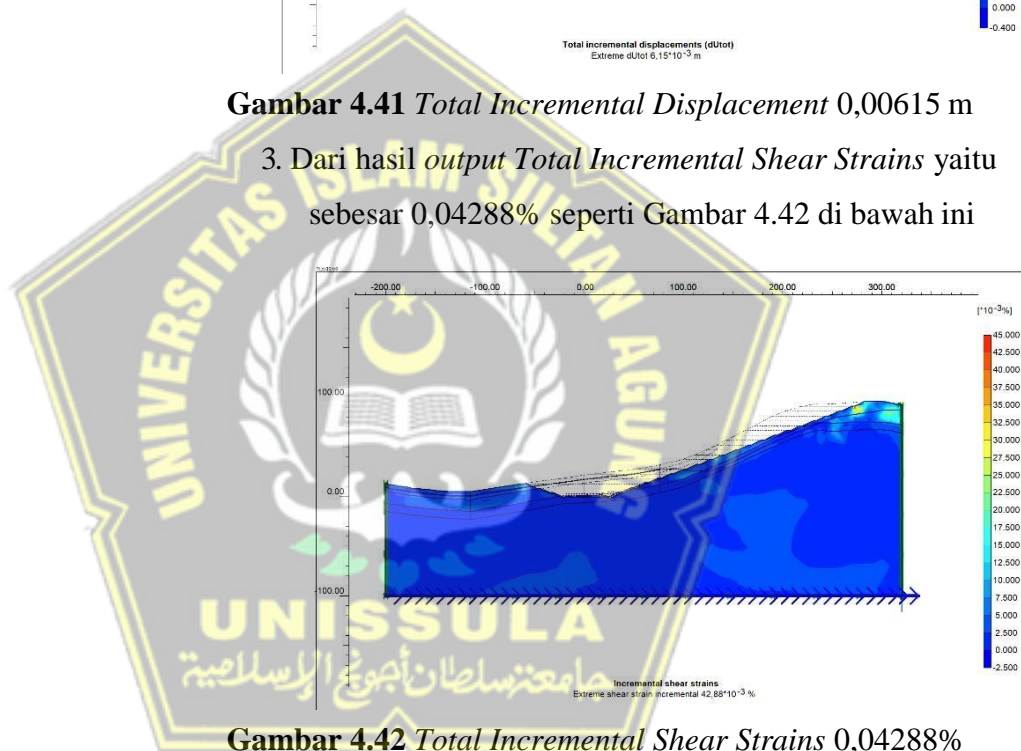
**Gambar 4.40** Total Displacement 3,39 m

2. Dari hasil *output Total Incremental Displacement* yaitu sebesar 0,00615 m seperti Gambar 4.41 di bawah ini



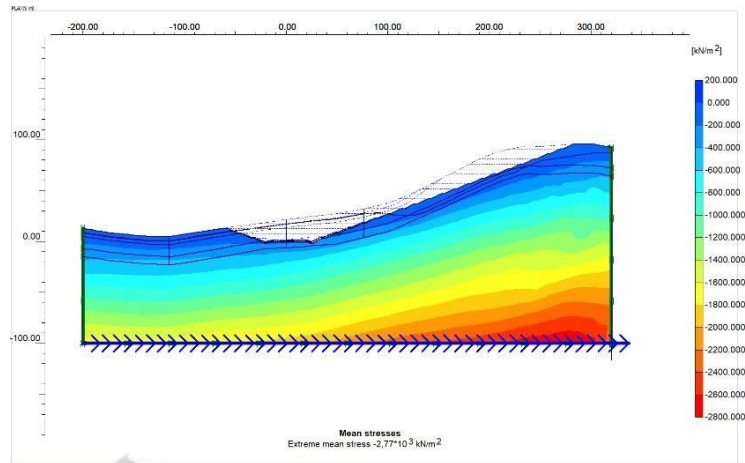
**Gambar 4.41** Total Incremental Displacement 0,00615 m

3. Dari hasil *output Total Incremental Shear Strains* yaitu sebesar 0,04288% seperti Gambar 4.42 di bawah ini



**Gambar 4.42** Total Incremental Shear Strains 0,04288%

4. Dari hasil *output Total mean stresses* yaitu sebesar -2770 kN/m<sup>2</sup> seperti Gambar 4.43 di bawah ini



**Gambar 4.43** Total mean stresses -2770 kN/m<sup>2</sup>

#### 4.4. Analisis Data Tunnel ( Terowongan )

Untuk Terowongan sendiri kami menggunakan data sama persis di pembuatan galian dari material pembuatan ketentuan tanah . Cuman yang membedakan penambahan dari parameter untuk terowongan sendiri dan pemodelan tersendiri.

##### 4.4.1 Data Pemodelan

###### A. Data Material Tanah

Data material tanah sama dengan Galian karena Tugas Akhir kami merupakan perbandingan Galian tinggi dan Terowongan. Berikut data parameter tanah yang telah digunakan dalam membuat pemodelan dalam *Plaxis 2D* seperti pada Gambar 4.44, Gambar 4.45, Gambar 4.46, Gambar 4.47, Gambar 4.48 di bawah ini.

Hardening soil model - 1 - very Soft

| Section      | Parameter       | Value    | Unit     |
|--------------|-----------------|----------|----------|
| Stiffness    | $E_{50}^{ref}$  | 2000,000 | $kN/m^2$ |
|              | $E_{oed}^{ref}$ | 2000,000 | $kN/m^2$ |
|              | $E_{ur}^{ref}$  | 6000,000 | $kN/m^2$ |
|              | power (m)       | 0,000    |          |
| Strength     | $c_{ref}$       | 10,000   | $kN/m^2$ |
|              | $\phi$ (phi)    | 12,000   | °        |
|              | $\psi$ (psi)    | 0,000    | °        |
| Alternatives | $C_c$           | 0,2530   |          |
|              | $C_s$           | 0,0626   |          |
|              | $e_{init}$      | 1,2000   |          |

Gambar 4.44 Very Soft

Hardening soil model - 2 - soft

| Section      | Parameter       | Value    | Unit     |
|--------------|-----------------|----------|----------|
| Stiffness    | $E_{50}^{ref}$  | 3000,000 | $kN/m^2$ |
|              | $E_{oed}^{ref}$ | 3000,000 | $kN/m^2$ |
|              | $E_{ur}^{ref}$  | 9000,000 | $kN/m^2$ |
|              | power (m)       | 0,000    |          |
| Strength     | $c_{ref}$       | 12,000   | $kN/m^2$ |
|              | $\phi$ (phi)    | 14,000   | °        |
|              | $\psi$ (psi)    | 0,000    | °        |
| Alternatives | $C_c$           | 0,1533   |          |
|              | $C_s$           | 0,0380   |          |
|              | $e_{init}$      | 1,0000   |          |

Gambar 4.45 Soft



Hardening soil model - 3 - medium

General Parameters Interfaces

Stiffness

$E_{50}^{ref}$  : 5830,000 kN/m<sup>2</sup>

$E_{oed}^{ref}$  : 5830,000 kN/m<sup>2</sup>

$E_{ur}^{ref}$  : 1,749E+04 kN/m<sup>2</sup>

power (m) : 0,000

Strength

$c_{ref}$  : 20,000 kN/m<sup>2</sup>

$\phi$  (phi) : 18,000 °

$\psi$  (psi) : 0,000 °

Alternatives

Use alternatives

$C_c$  : 0,0592

$C_s$  : 0,0147

$e_{init}$  : 0,5000

Advanced...

Next Ok Cancel Help

Gambar 4.46 Medium

Hardening soil model - 4 - hard

General Parameters Interfaces

Stiffness

$E_{50}^{ref}$  : 1,225E+04 kN/m<sup>2</sup>

$E_{oed}^{ref}$  : 4,225E+04 kN/m<sup>2</sup>

$E_{ur}^{ref}$  : 1,268E+05 kN/m<sup>2</sup>

power (m) : 0,000

Strength

$c_{ref}$  : 50,000 kN/m<sup>2</sup>

$\phi$  (phi) : 30,000 °

$\psi$  (psi) : 0,000 °

Alternatives

Use alternatives

$C_c$  : 0,0082

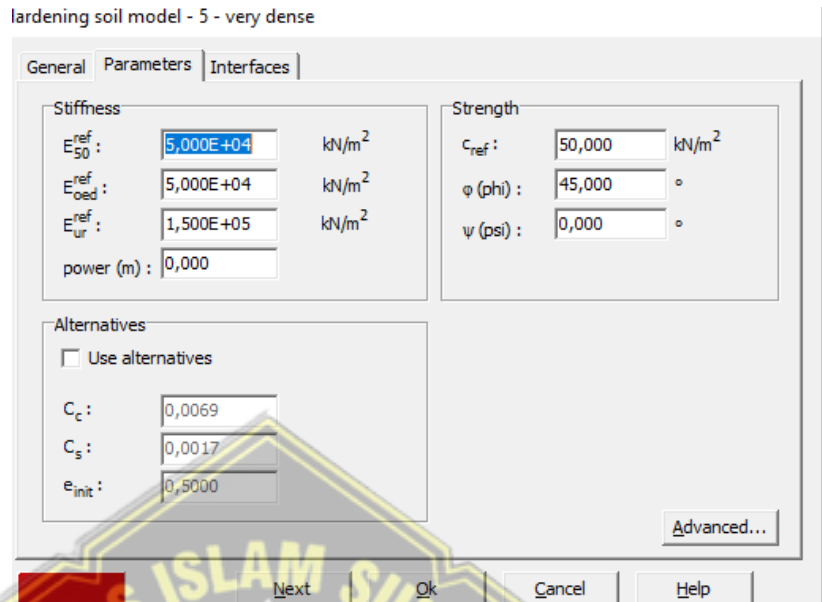
$C_s$  : 0,0020

$e_{init}$  : 0,5000

Advanced...

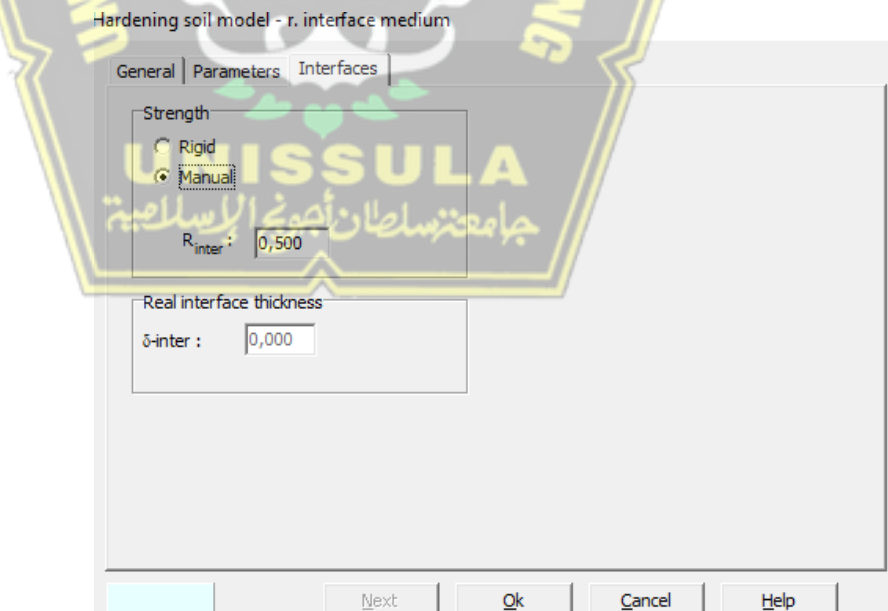
Next Ok Cancel Help

Gambar 4.47 Hard



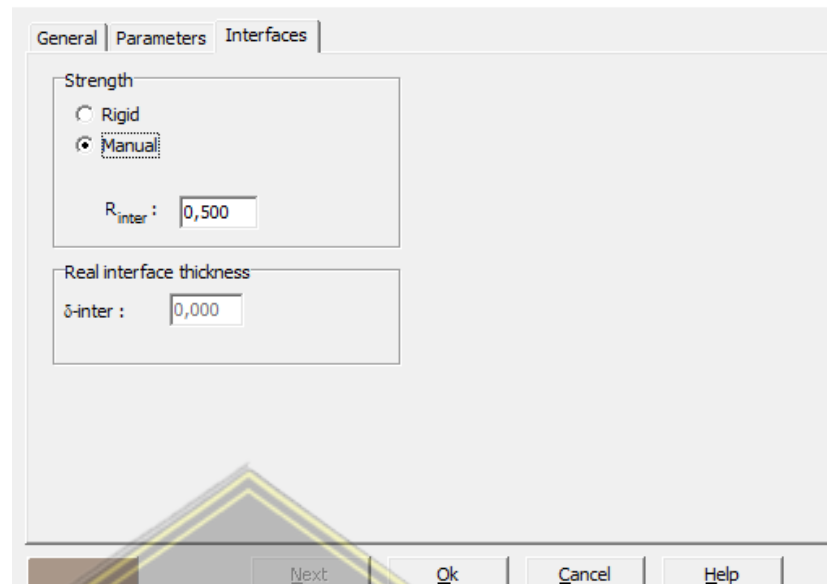
**Gambar 4. 48** *Very Dense*

Data lainnya yaitu parameter tanah yang sudah dirubah menjadi *INTERFACE* 0,5 ke lapisan tanah yang tereduksi di sekitar tunnel akibat penggalian, yang bisa dilihat pada Gambar 4.49 dan Gambar 4.50



**Gambar 4.49** *Medium Interface*

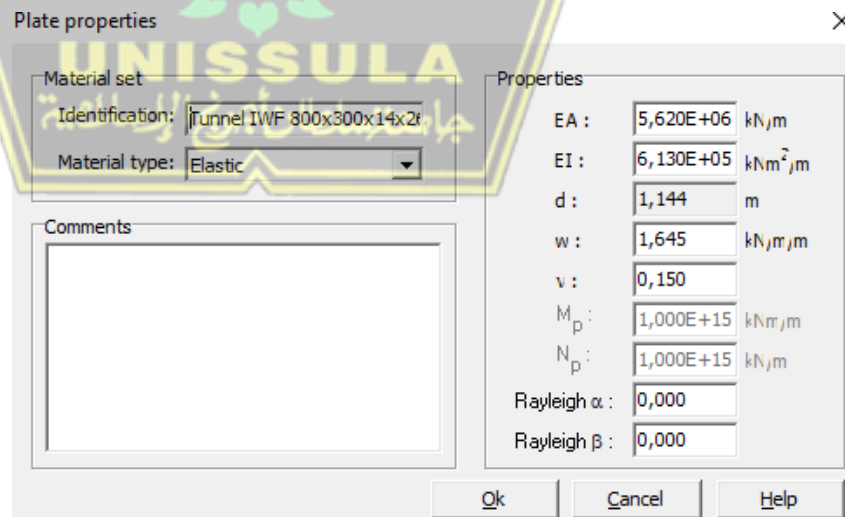
Hardening soil model - hard interface



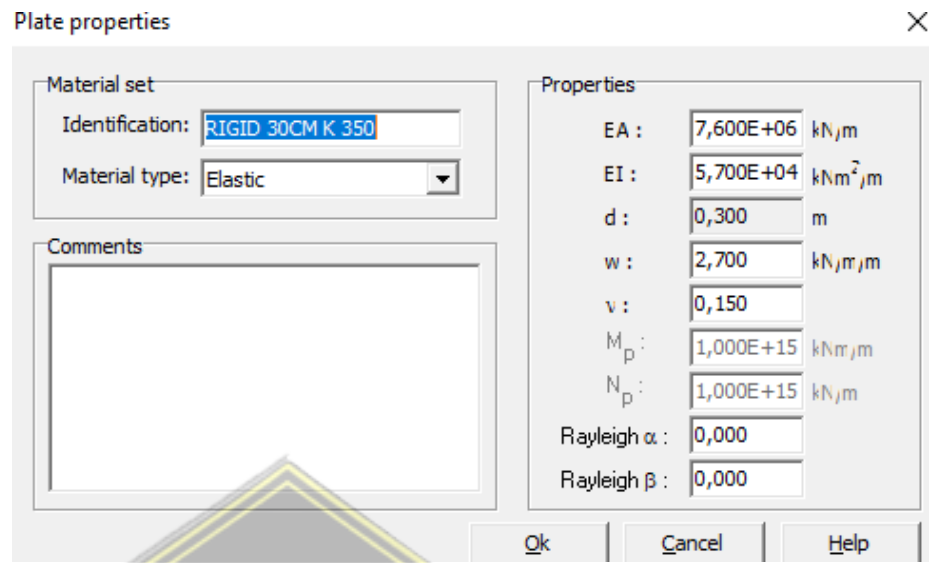
Gambar 4.50 Hard Interface

## B. Data Material Plat

Material yang digunakan dalam Terowongan ini *plat* 800x300x14x26 dan Perkerasan Terowongan dengan parameter yang bisa di lihat pada Gambar 4.51 dan Gambar 4.52 di bawah ini.



Gambar 4.51 Plat properties IWF 800x300x14x26



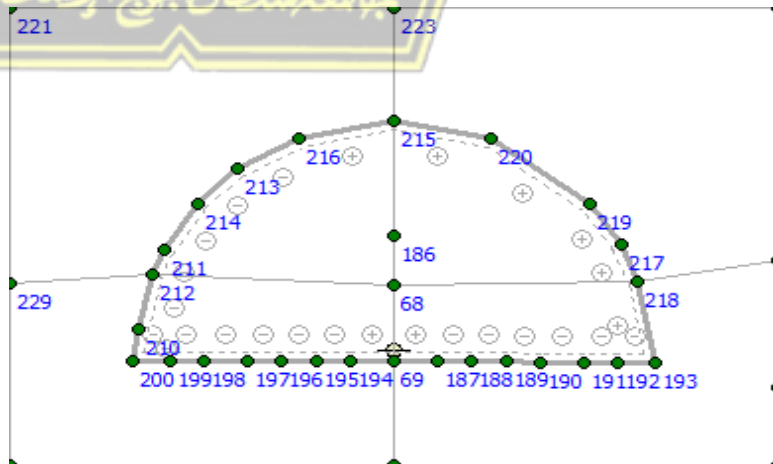
**Gambar 4.52** Rigid 30 cm

#### 4.4.2 Pemodelan Data

##### A. Geometri

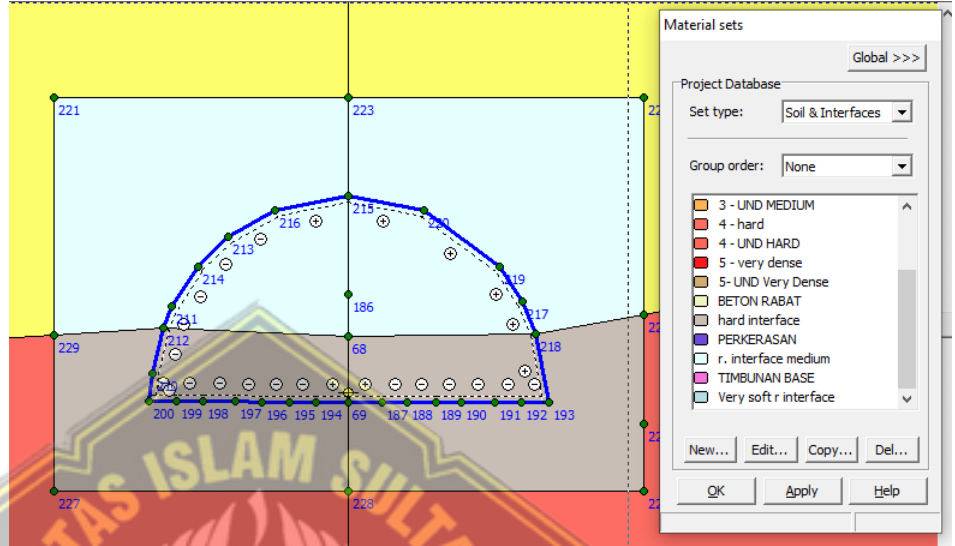
Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuat model geometri yang dibutuhkan sesuai ukuran yang akan di analisa contoh serperti Tunnel yang kita buat yang dimana dimensinya Tinggi 6 m dan Lebarinya 12 m, dapat dilihat pada Gambar 4.53 di bawah ini

➤ Membuat Geometri



**Gambar 4.53** Pemodelan kondisi tanah Terowongan

- *Input data material tanah* yang telah disiapkan untuk memasukan ke dalam lapisan tanah yang dibuat untuk *Tunnel*, yang bisa dilihat pada Gambar 4.54 di bawah ini



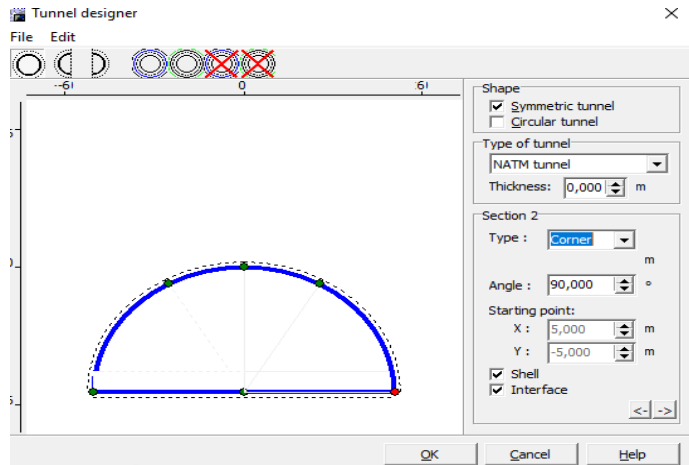
➤ **Gambar 4.54** Pemodelan *material tanah*

## **B. Tunnel**

Menu *tunnel* dalam pemodelan digunakan untuk mendesain struktur terowongan. Karena metode yang dipakai adalah NATM maka pendimensian tunnel pada pemodelan diinput secara manual dengan memasukkan ukuran yang disesuaikan. Langkah- langkah dalam pembuatan pemodelannya sebagai berikut :

### **1. Pembuatan dimensi Tunnel**

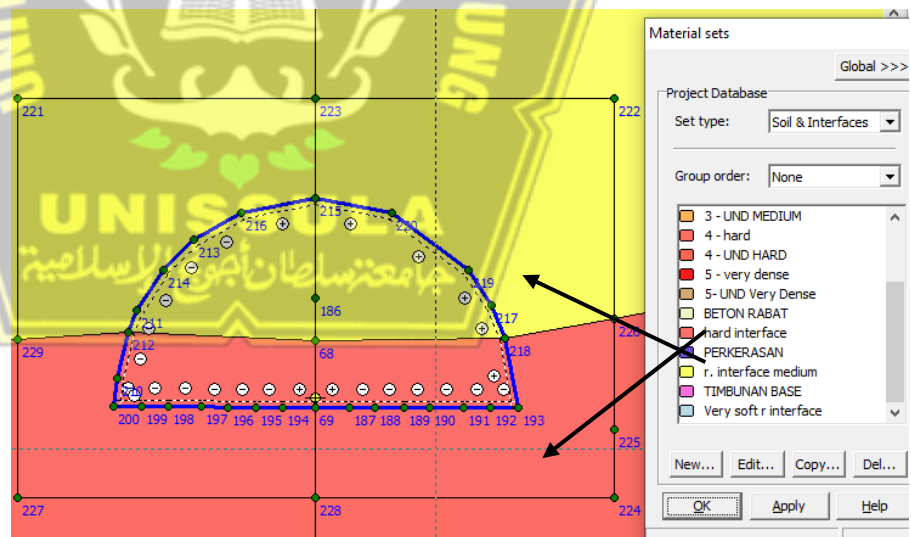
Dalam membuat dimensi Terowongan menggunakan dimensi yang telah ditentukan, seperti pada Gambar 4.55 di bawah ini



Gambar 4.55 Pemodelan dimensi *tunnel*

## 2. Penempatan dan pemilihan material tunnel

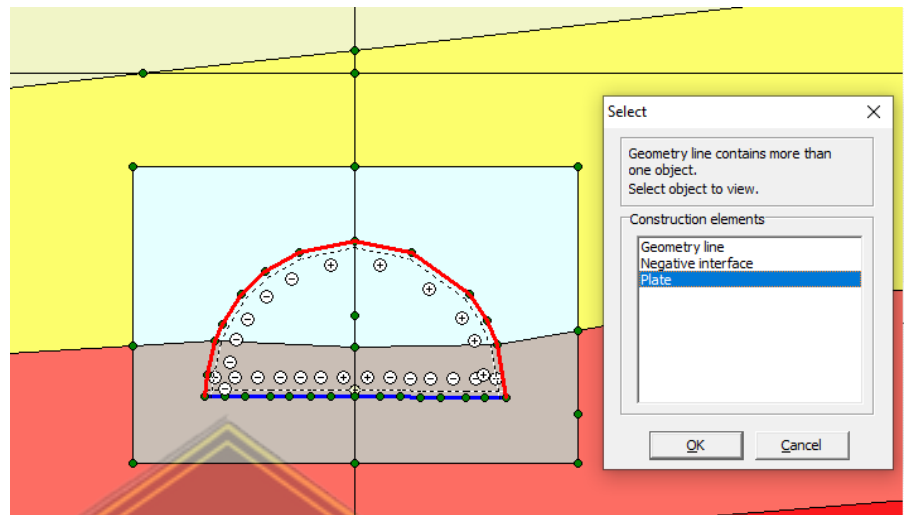
Material tanah di sekitar struktur terowongan menjadi interface 0,5 hal ini dikarenakan kerapatan tanah tereduksi akibat dari proses penggalian *tunnel*, seperti pada Gambar 4.56 di bawah ini



Gambar 4.56 *Soil material interface 0.5*

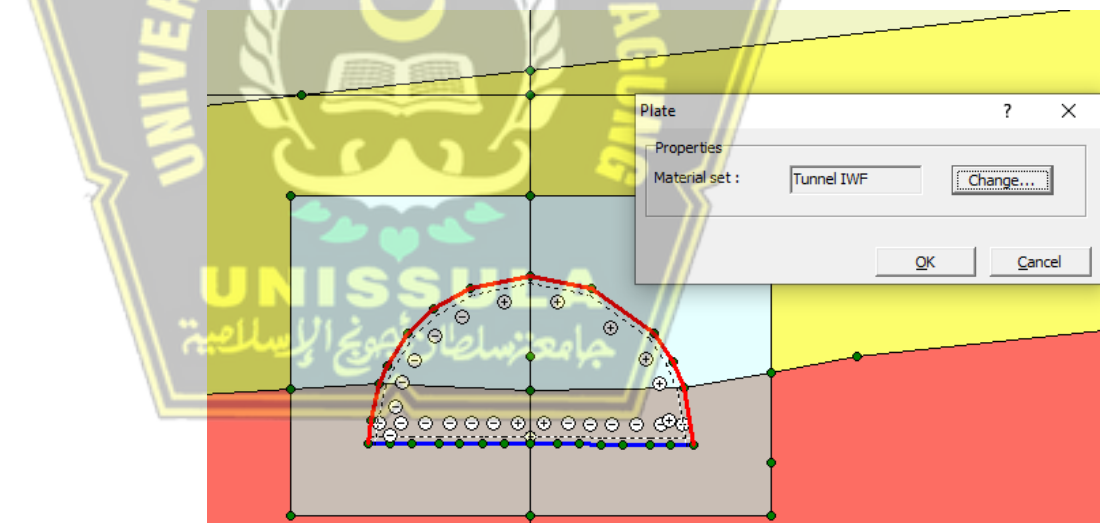
## 3. Penambahan beban Plate

Untuk penambahan beban *plate* dengan cara klik *plate tunnel* yang telah dibuat dan pilih *Plate*, seperti pada Gambar 4.57 di bawah ini



**Gambar 4.57** *Selectt plate*

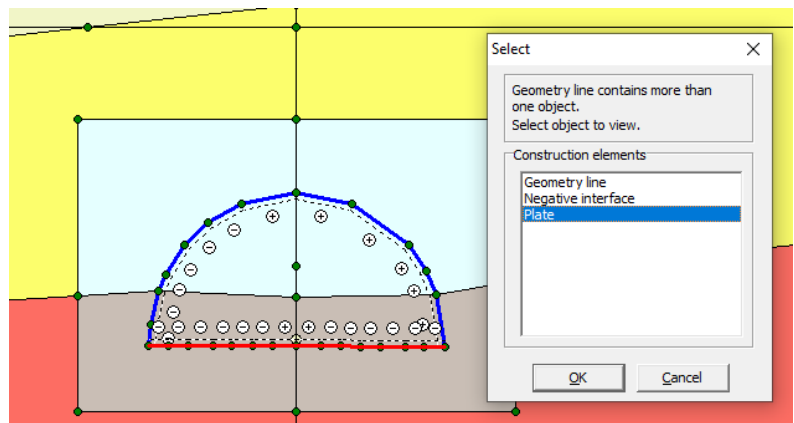
Setelah itu pilih *properties* parameter yang telah dibuat seperti Gambar 4.58 di bawah ini



**Gambar 4.58** *Selectt material tunnel IWF*

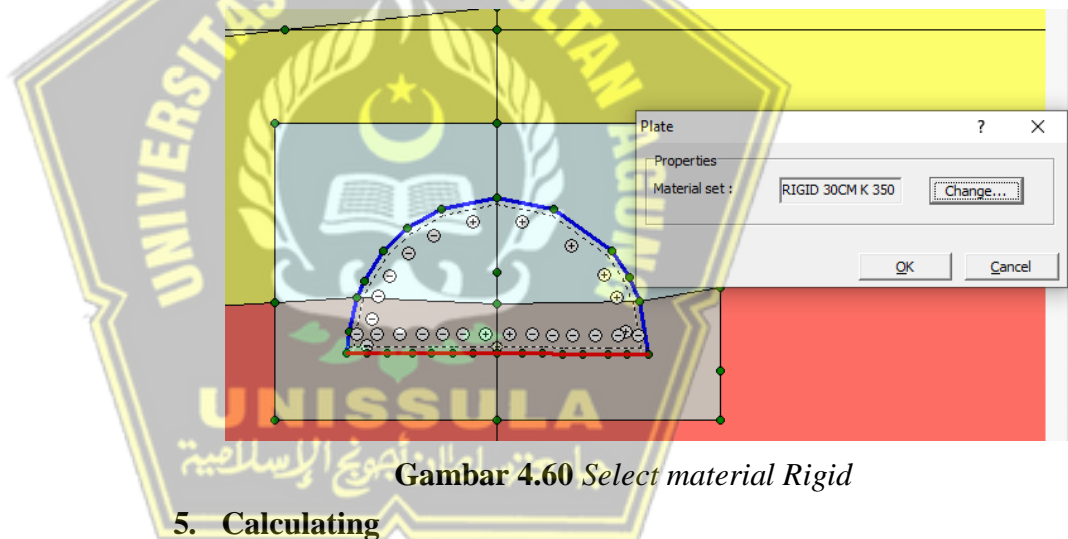
#### 4. Penambahan beban Perkerasan

Untuk penambahan beban plate dengan cara klik *plate tunnel* yang telah dibuat dan pilih *Plate*, seperti pada Gambar 4.59 di bawah ini



**Gambar 4.59** *Selectt plate*

Setelah itu pilih *properties parameter* yang telah dibuat seperti Gambar 4.60 di bawah ini

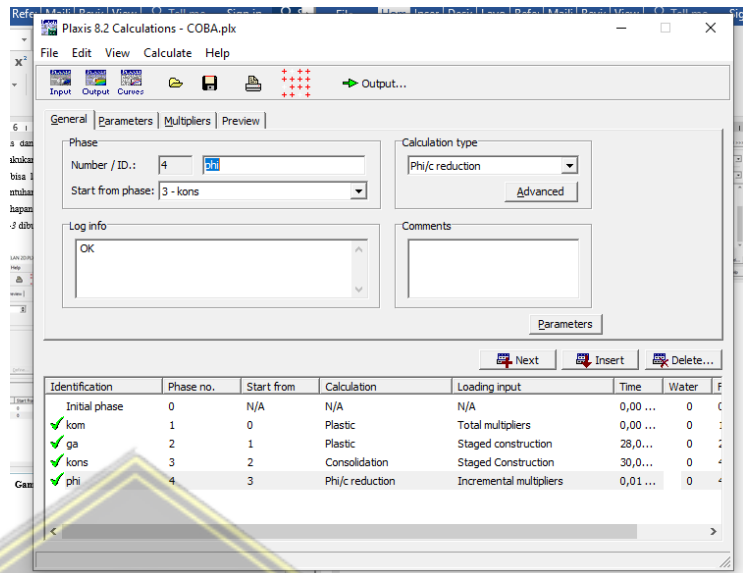


**Gambar 4.60** *Select material Rigid*

## 5. Calculating

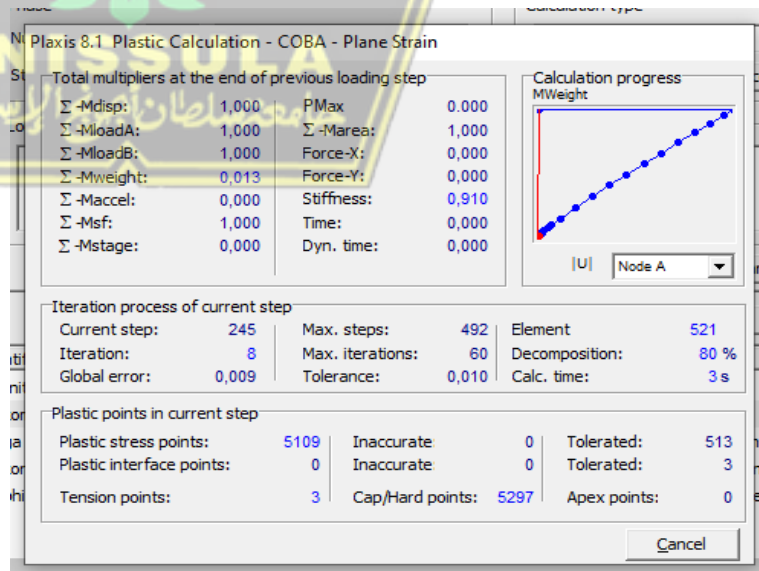
*Calculation* adalah tahap terakhir yang dilakukan dalam pemodelan setelah memasukkan semua parameter tanah, struktur, dan faktor lainnya. Tahap ini dilakukan untuk menjalankan program analisis dan untuk mengeluarkan data pemodelan. Dalam kalkulasi ini dilakukan setiap penggalan tanah per *phase* nya sehingga hasil kalkulasi bisa langsung diketahui apakah struktur terowongan aman dari keruntuhan, seperti pada Gambar 4.61 di bawah ini





**Gambar 4.61** Setting Calculation

Jika sudah membuat apa yang di akan analisa Klik tombol *Calculate* maka program akan me running hasil kalkulasi dan apabila sudah muncul tanda centang atau *check list* di *calculations* program maka bisa dinyatakan aman dan tidak terjadi *collapse*, yang bisa dilihat pada Gambar 4.62 di bawah ini.



**Gambar 4.62** Running Calculation

#### 4.4.3 Hasil Analisa Calculation

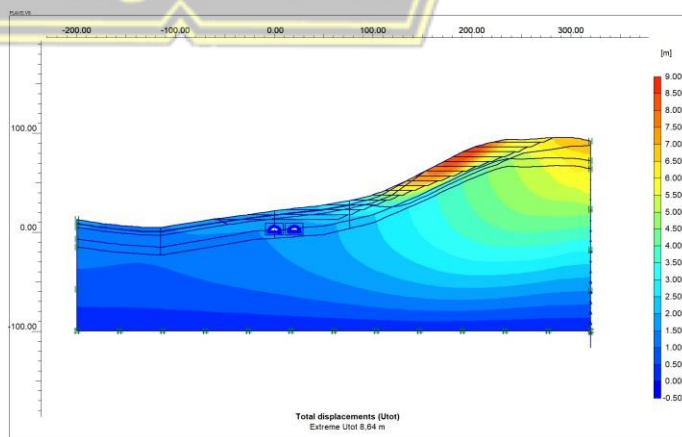
Untuk Terowongan sendiri *Calculation* di *progam software plaxis 2D* hanya dapat memodelkan terowongan secara dua dimensi saja yang berarti Gambar pemodelan terowongan hanya memiliki satu tahapan dalam pemodelan penggalianya. Dalam pemodelan Terowongan yang berdimensi Lebar 12m Tinggi 6m, hal yang perlu diperhitungkan analisa ada beberapa seperti :

- 1) Kondisi Awal
- 2) Galian
- 3) Konsolidasi
- 4) Faktor Keamanan
- 5) Beban pada Plate terowongan
- 6) Analisa gempa

Di atas tersebut merupakan analisa yang akan kita lakukan dalam pembuatan pemodelan Terowongan yang akan kita buktikan layak atau tidakah membuat terowongan di dalam galian yang kita tentukan dari awal.

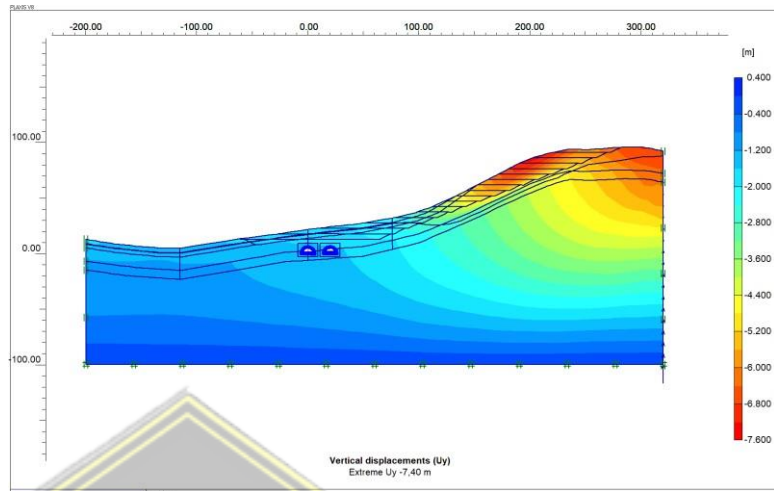
##### A. Kondisi Awal

1. Dari hasil *output Plaxis 2D*, nilai *Total Displacements* yaitu sebesar 8.64 meter, seperti Gambar 4.63 di bawah ini



**Gambar 4.63** *Total Displacement 8,64 m*

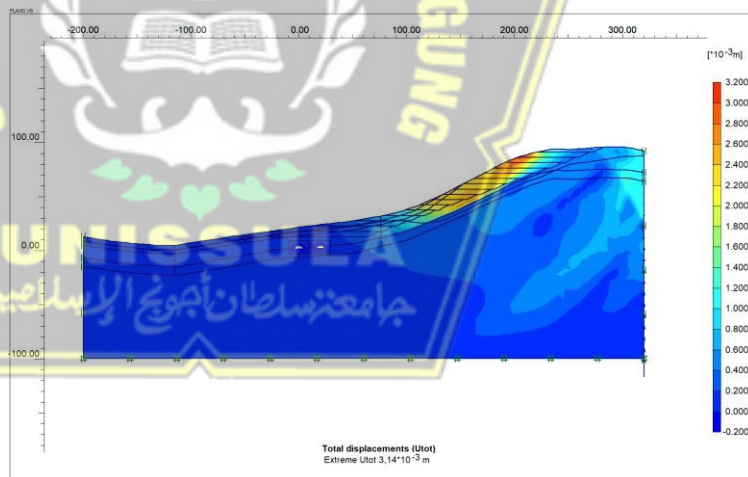
2. Dari hasil *output Plaxis 2D*, nilai *Vertical Displacement* yaitu sebesar -7,40 meter, seperti Gambar 4.64 di bawah ini



**Gambar 4.64** *Vertical Displacement -7,40 m*

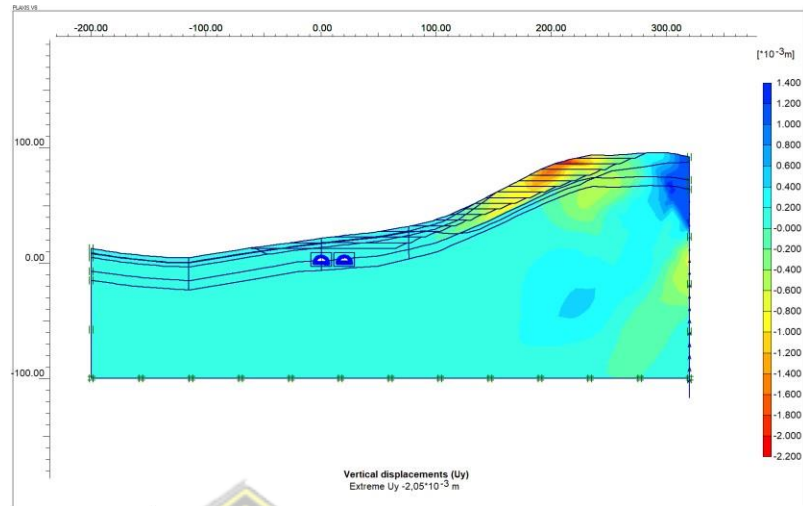
**B. Galian**

1. Dari hasil *output Plaxis 2D*, nilai *Total Displacements* yaitu sebesar 0,00314 meter, seperti Gambar 4.65 di bawah ini



**Gambar 4.65** *Total Displacement 0,00314 m*

2. Dari hasil *output Plaxis 2D*, nilai *Vertical Displacement* yaitu sebesar -0,00205 meter, seperti Gambar 4.66 di bawah ini



**Gambar 4.66** *Vertical Displacement* -0,00205 m

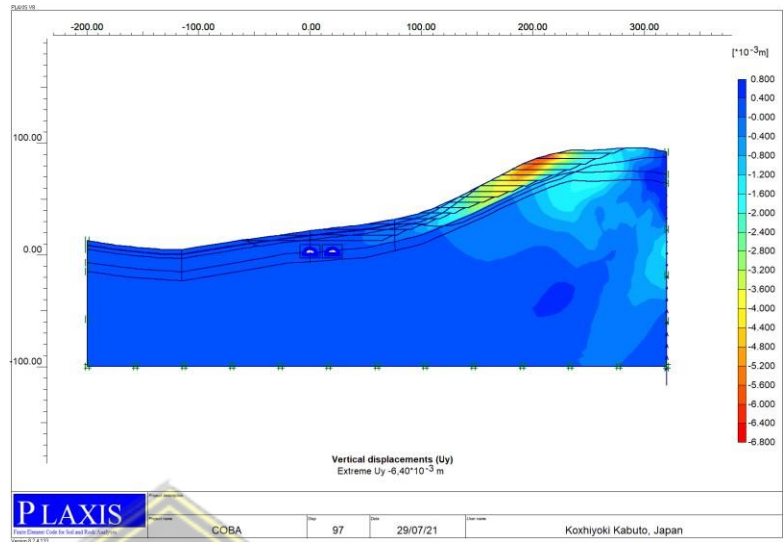
### C. Konsolidasi

1. Dari hasil *output Plaxis 2D*, nilai Total Displacements yaitu sebesar 0,00985 meter, seperti Gambar 4.67 di bawah ini



**Gambar 4.67** *Total Displacement* 0,00985 m

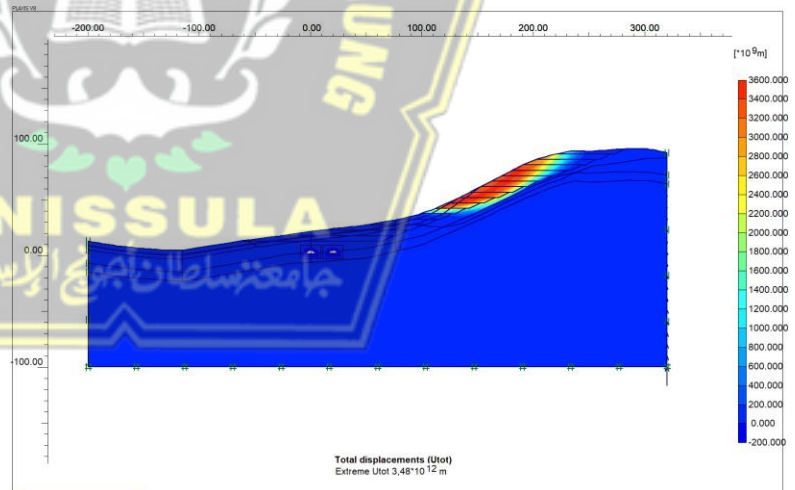
2. Dari hasil *output Plaxis 2D*, nilai *Vertical Displacement* yaitu sebesar -0,0064 meter, seperti Gambar 4.68 di bawah ini



Gambar 4.68 Vertical Displacement  $-0,0064$  m

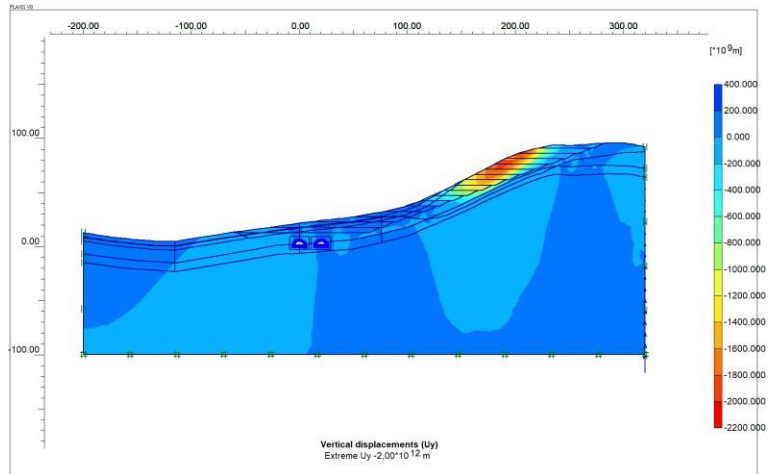
#### D. Faktor Keamanan

1. Dari hasil output *Plaxis 2D Safety Factor* mendapatkan 1,0253, nilai *Total Displacements* yaitu sebesar 348000 meter, seperti Gambar 4.69 di bawah ini



Gambar 4.69 Total Displacement 348000 m

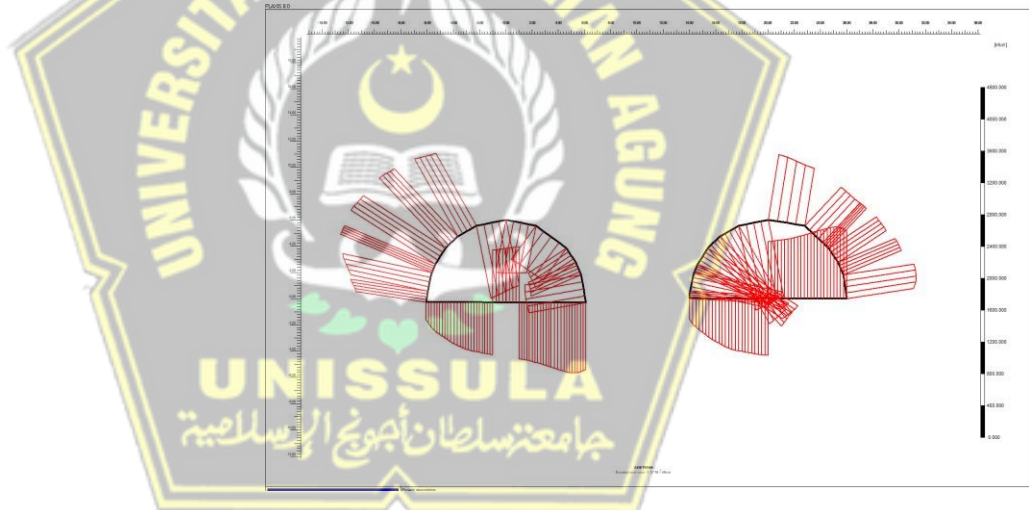
2. Dari hasil output *Plaxis 2D*, nilai *Vertical Displacement* yaitu sebesar  $-20000$  meter, seperti Gambar 4.70 di bawah ini



**Gambar 4.70** Vertical Displacement -20000 m

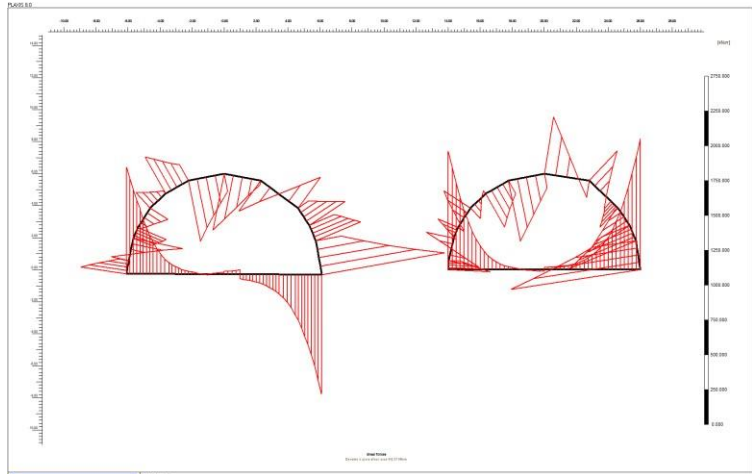
**E. Beban pada Plate Terowongan**

1. Dari hasil *output Plate tunnel*, nilai *Axial force* yaitu sebesar -0,00134 kN/m, seperti Gambar 4.71 di bawah ini



**Gambar 4.71** Axial Force -0,00134 kN/m

2. Dari hasil *output Plate tunnel*, nilai *Shear Forces* yaitu sebesar 942,51 kN/m, seperti Gambar 4.72 di bawah ini



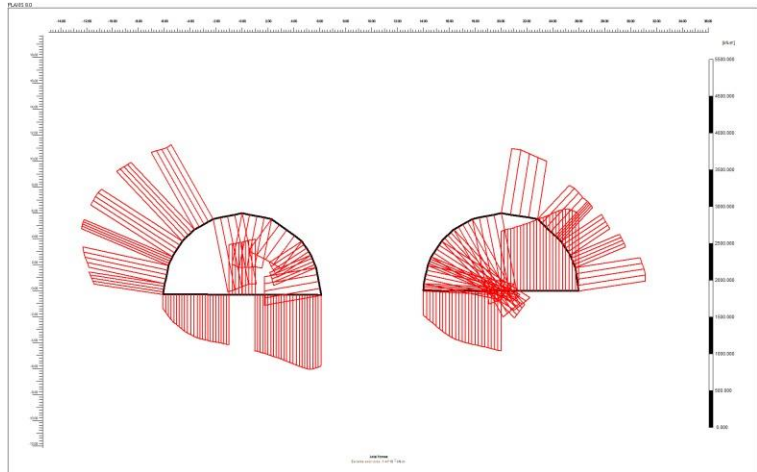
**Gambar 4.72** Total Shear Forces 942,51 kN/m

3. Dari hasil *output Plate tunnel*, nilai *Bending Moments* yaitu sebesar -0,00111 kN/m, seperti Gambar 4.73 di bawah ini



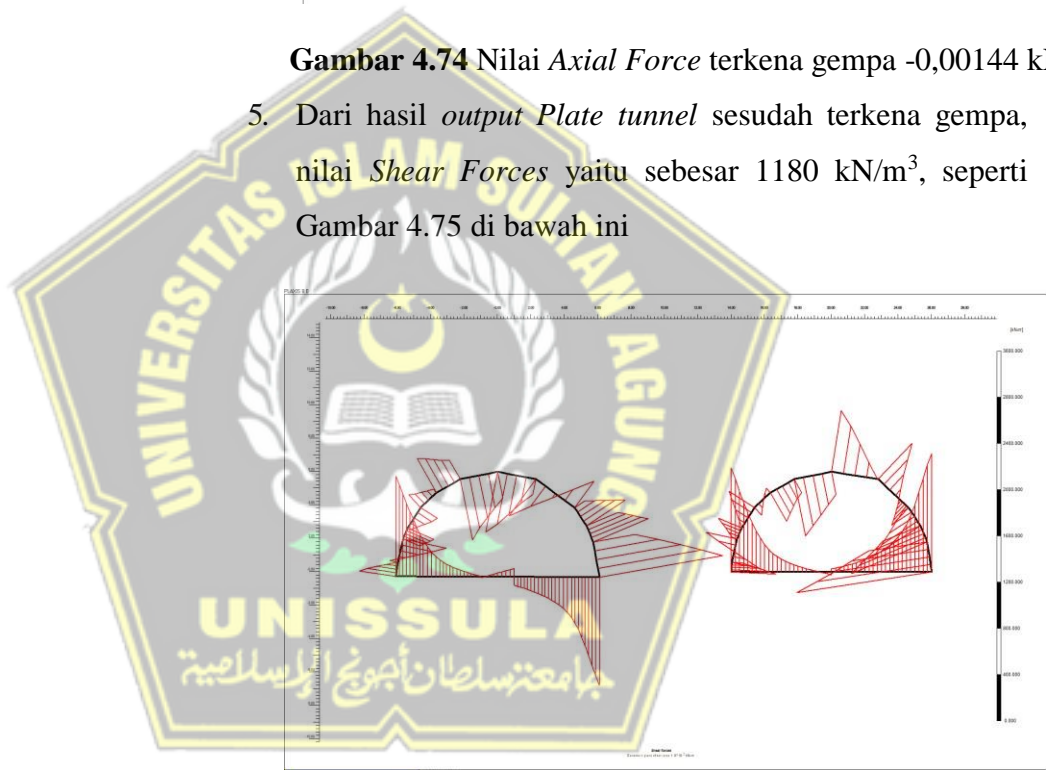
**Gambar 4.73** Total Bending moments -0,00111 kN/m

4. Dari hasil *output Plate tunnel* sesudah terkena gempa, nilai *Axial Force* yaitu sebesar -0,00144 kN/m, seperti Gambar 4.74 di bawah ini



**Gambar 4.74** Nilai *Axial Force* terkena gempa  $-0,00144 \text{ kN/m}$

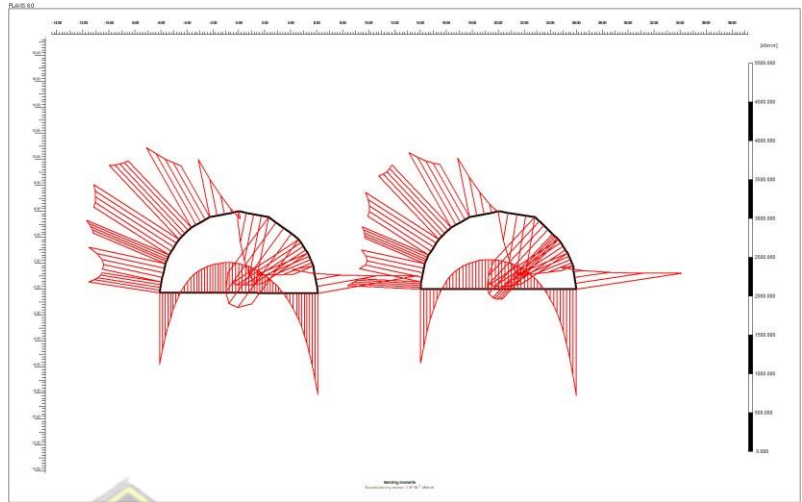
5. Dari hasil *output Plate tunnel* sesudah terkena gempa, nilai *Shear Forces* yaitu sebesar  $1180 \text{ kN/m}^3$ , seperti Gambar 4.75 di bawah ini



**Gambar 4.75** Nilai *Shear Forces* terkena gempa  $1180 \text{ kN/m}^3$

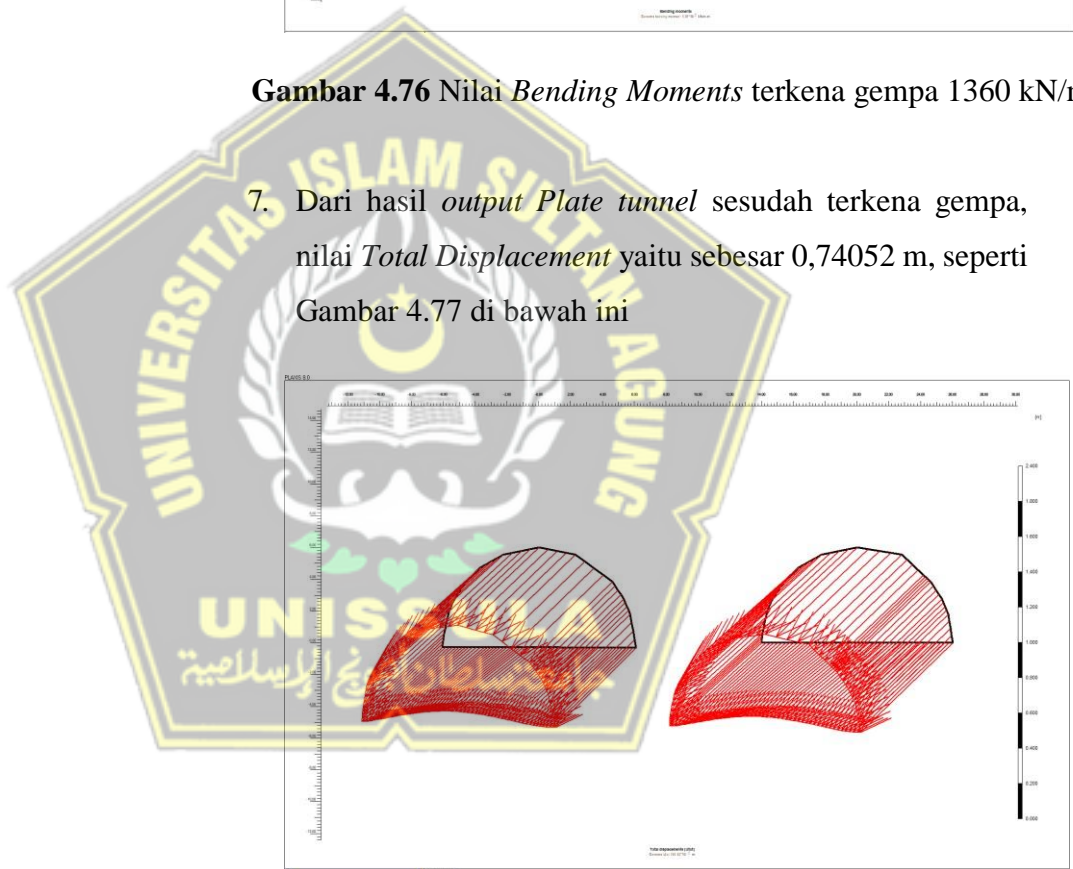
6. Dari hasil *output Plate tunnel* sesudah terkena gempa, nilai *Bending Moments* yaitu sebesar  $1360 \text{ kN/m}^3$ , seperti Gambar 4.76 di bawah ini





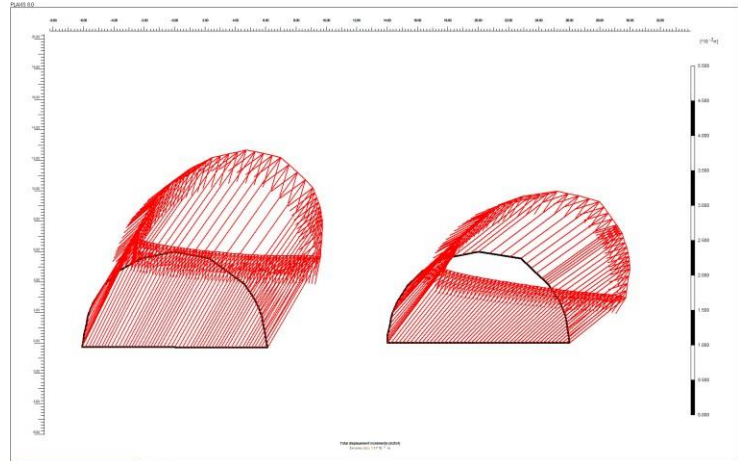
**Gambar 4.76** Nilai *Bending Moments* terkena gempa  $1360 \text{ kN/m}^3$

7. Dari hasil *output Plate tunnel* sesudah terkena gempa, nilai *Total Displacement* yaitu sebesar  $0,74052 \text{ m}$ , seperti Gambar 4.77 di bawah ini



**Gambar 4.77** Nilai *Total Displacement* terkena gempa  $0,74052 \text{ m}$

8. Dari hasil *output Plate tunnel* sesudah terkena gempa, nilai *Total Displacement increments* yaitu sebesar  $0,00177 \text{ m}$ , seperti Gambar 4.78 di bawah ini



**Gambar 4.78** Total Displacement increments 0,00177 m

9. Dari hasil *output Plate tunnel* sesudah terkena gempa, nilai *Total accelerations* yaitu sebesar  $0,44268 \text{ m/s}^2$ , seperti Gambar 4.79 di bawah ini



**Gambar 4.79** Total accelerations  $0,44268 \text{ m/s}^2$

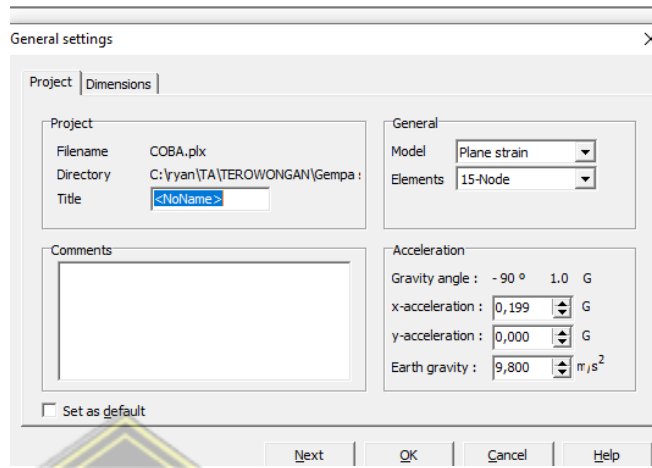
## F. Analisa Gempa

Dalam gempa sendiri kami harus menentukan dari sampel STA 5+600 yang berdasarkan dari hasil penentuan kelas situs merupakan kelas Tanah Lunak. Yang dimana Kita menganalisa gempa *Pseudostatic* Nilai kh menggunakan 0,199 kh.

Berikut langkah-langkah memasukan data gempa yang di dapat :

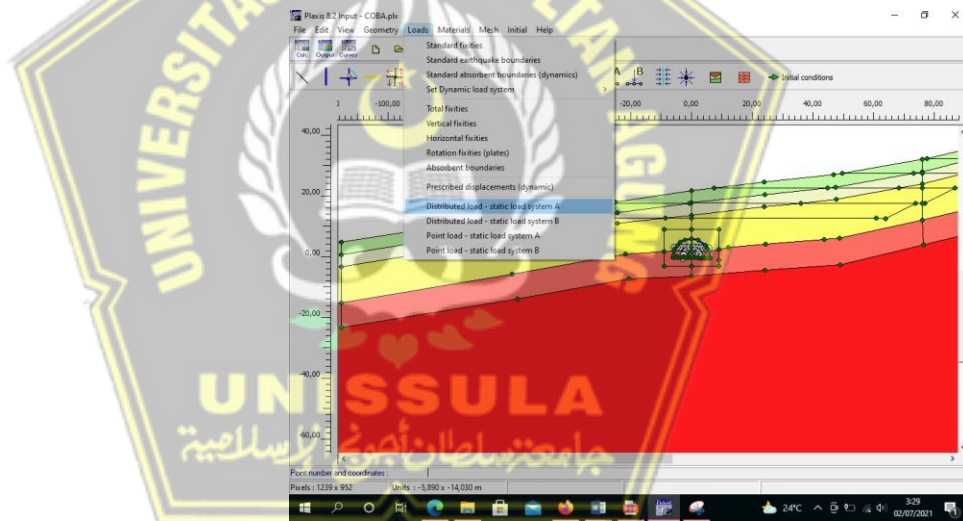
- a. Pertama masuk ke pemodelan yang telah di buat , Klik General settings dan menuju ke *Tab Project* dan diganti x

*acceleration* sesuai data yang di dapat , klik OK jika sudah



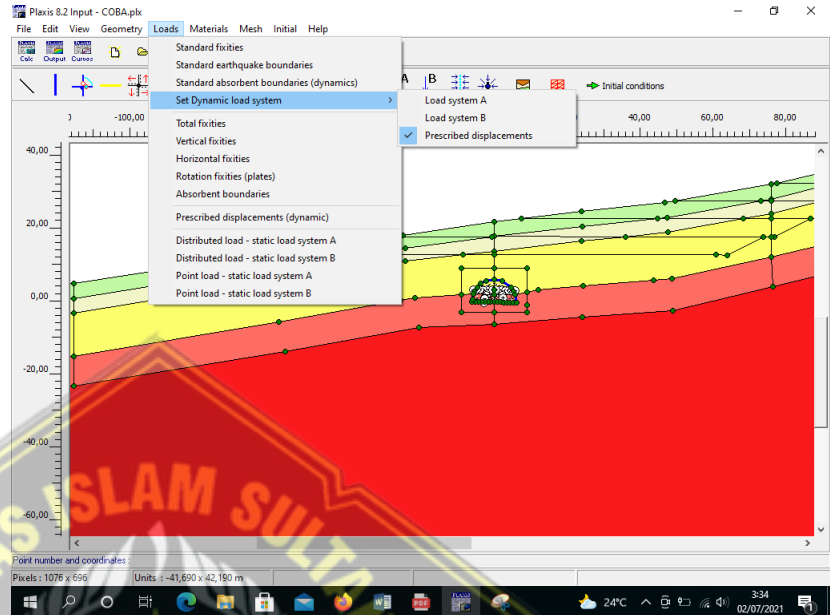
**Gambar 4.80** *General Setting*

b. Kembali ke pemodelan dan ubah *Loads* menjadi *standart eartquake boudnering*



**Gambar 4.81** *standart eartquake boudnering*

- c. Klik *Set dynamic load system* dan ubah ke *Prescribed displacement* dan jadi pemodelan fokus ke gempa

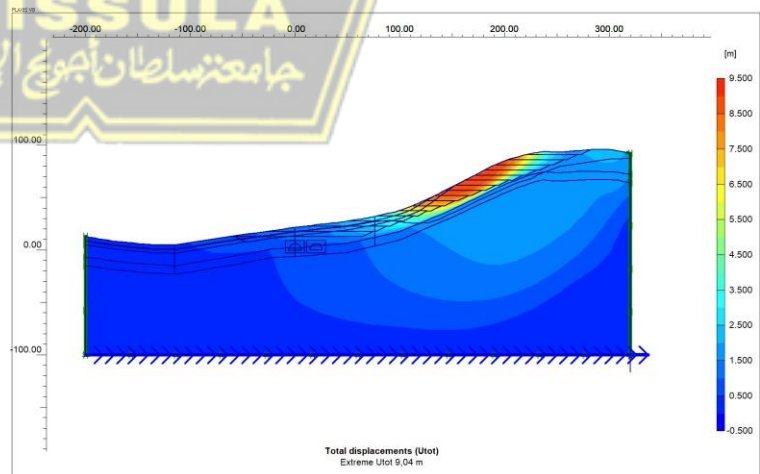


Gambar 4.82 *Prescribed displacement*

#### A. Gempa Sebelum Konstruksi

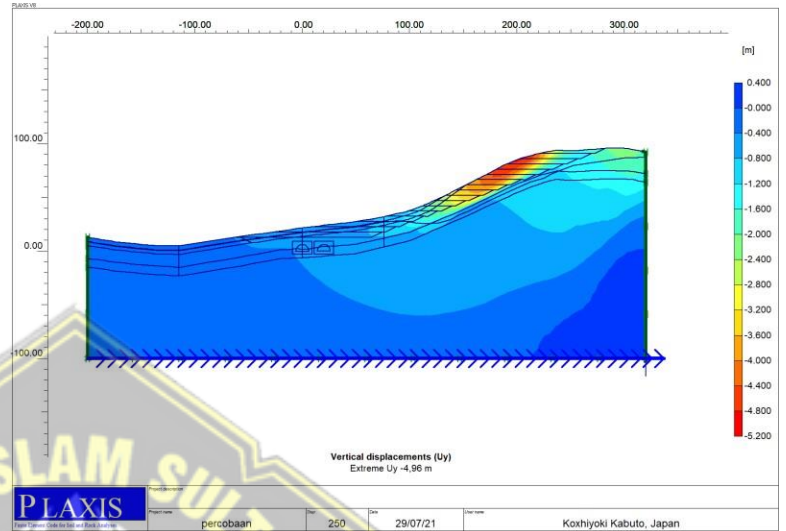
Analisa dari *safety factor* yang di dapat 0,6265

1. Dari hasil output *Total Displacement* yaitu sebesar 9,04 m, seperti Gambar 4.83 di bawah ini



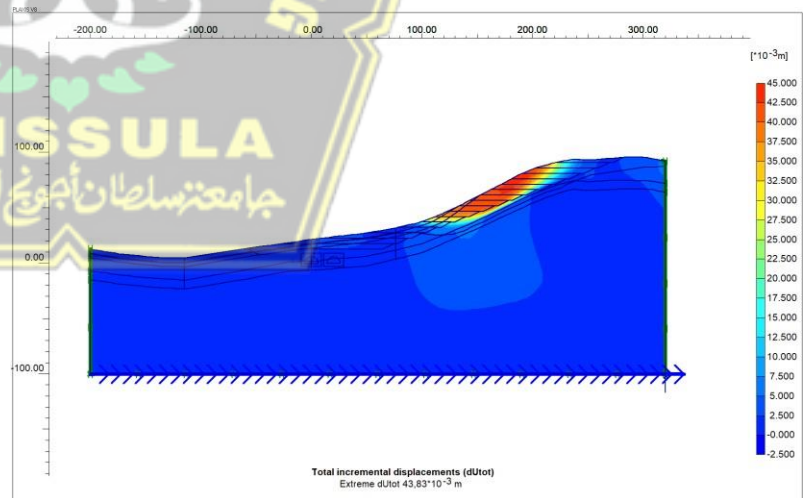
Gambar 4.83 *Total Displacement 9,04 m*

2. Dari hasil *output Vertical Displacement* yaitu sebesar  $-4,96$  m, seperti Gambar 4.84 di bawah



**Gambar 4.84** *Vertical Displacement* -4,96 m

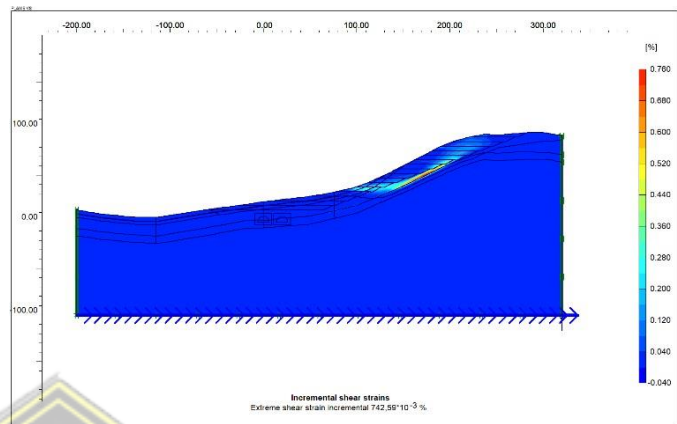
3. Dari hasil *output Total Incremental Displacement* yaitu sebesar  $0,04383$  m, seperti Gambar 4.85 di bawah ini



**Gambar 4.85** *Total Incremental Displacement*

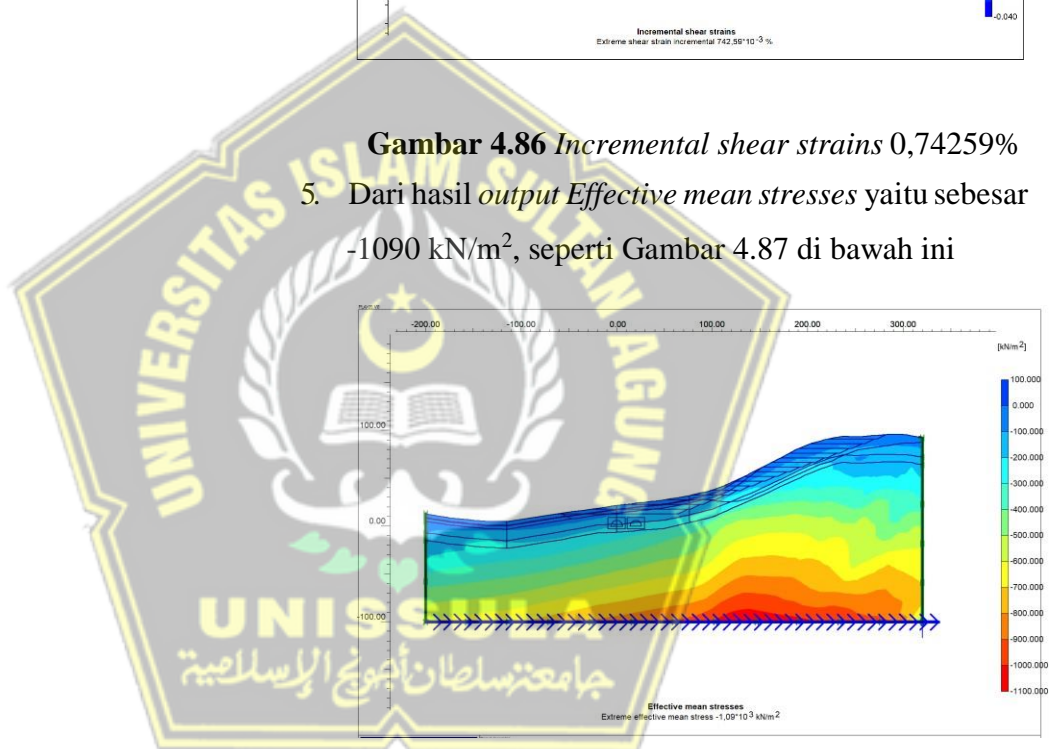
$0,04383$  m

4. Dari hasil *output Incremental shear strains* yaitu sebesar 0,74259%, seperti Gambar 4.86 di bawah ini



**Gambar 4.86** *Incremental shear strains* 0,74259%

5. Dari hasil *output Effective mean stresses* yaitu sebesar -1090 kN/m<sup>2</sup>, seperti Gambar 4.87 di bawah ini

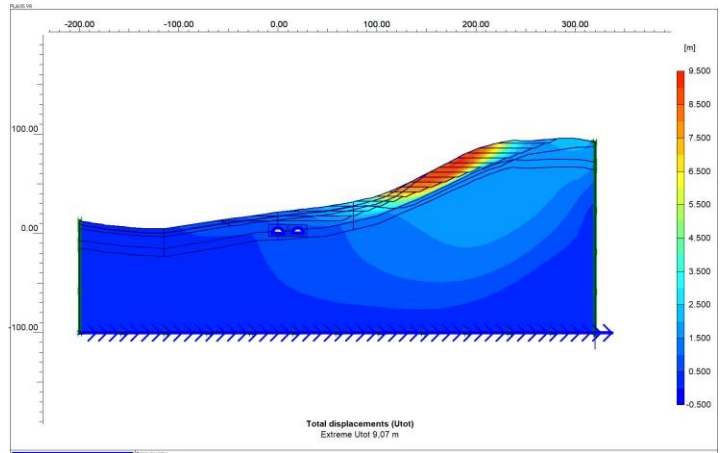


**Gambar 4.87** *Effective mean stresses* -1090 kN/m<sup>2</sup>

## B. Gempa Sesudah Konstruksi

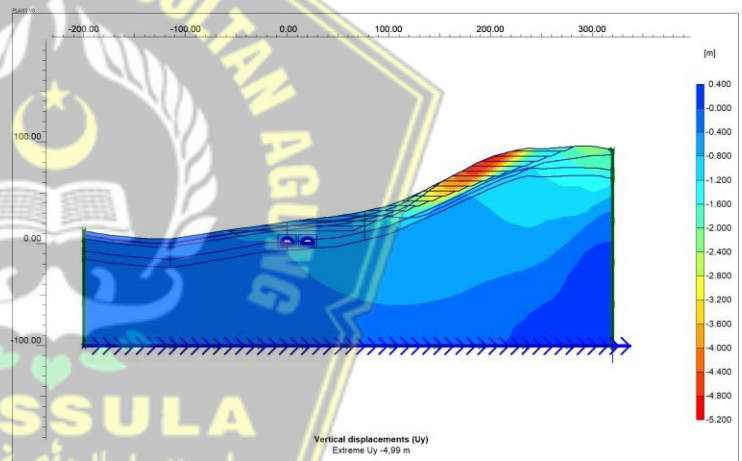
Analisa dari *safety factor* yang di dapat 0,6349

1. Dari hasil *output Total Displacement* yaitu sebesar 9,07 m, seperti Gambar 4.88 di bawah ini



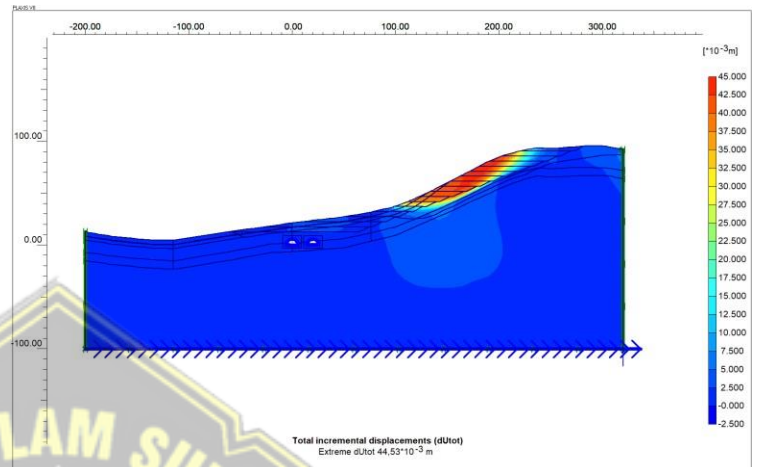
**Gambar 4.88** Total Displacement 9,07 m

2. Dari hasil *output Vertical Displacement* yaitu sebesar -4,99 m, seperti Gambar 4.89 di bawah ini



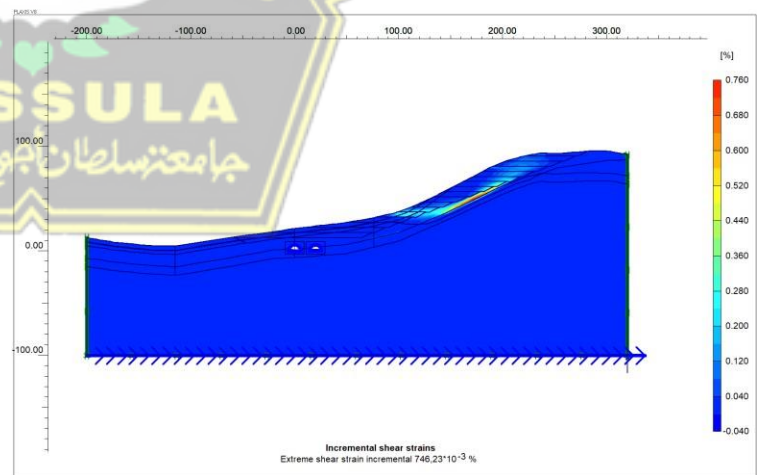
**Gambar 4.89** Vertical Displacement -4,99 m

3. Dari hasil *output Total Incremental displacement* yaitu sebesar 44530 m seperti Gambar 4.90 di bawah ini



**Gambar 4.90** *Incremental displacement 44530 m*

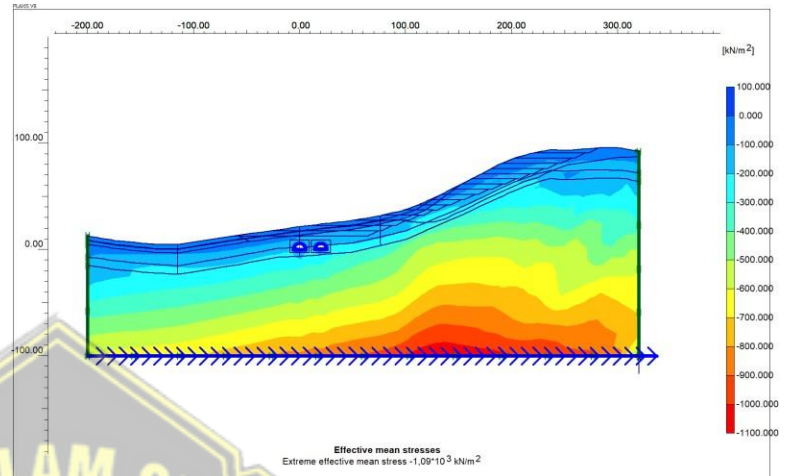
4. Dari hasil *output Incremental shear strains* yaitu sebesar 0,74623 %, seperti Gambar 4.91 di bawah ini



**Gambar 4.91** *Incremental shear strains 0,74623 %*



5. Dari hasil *output Effective mean stresses* yaitu sebesar  $-1090 \text{ kN/m}^2$ , seperti Gambar 4.92 di bawah ini



**Gambar 4.92** *Total Effective mean stresses*  $-1090 \text{ kN/m}^2$

#### 4.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis pada pemodelan Galian Tinggi dan *Tunnel* pada proyek jalan tol Sukabumi - Ciranjang dengan menggunakan program Plaxis dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemodelan Jalan Tol Sukabumi - Ciranjang menggunakan program *Plaxis 2D* model, didapatkan nilai data *Total Displacement*, *Excess Pore Pressures*, *Safety Factor static*, *Total Incremental Displacement*, *Total Incremental Shear Strains*, *Total Incremental Mean Stresses* dan *Safety Factor* gempa. Yang hasilnya selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan perencanaan Jalan Tol Sukabumi -Ciranjang.
2. Pemodelan menggunakan Program *Plaxis 2D* menghasilkan Output dengan data table sebagai berikut :

**Tabel 4.7** Hasil *Output* Galian Tinggi

| <i>Output</i>         | <i>Total Displacement (U<sub>tot</sub>) (m)</i> | <i>Excess pore pressure (Kn/m<sup>2</sup>)</i> | <i>Safety Factor</i> |
|-----------------------|---|--|----------------------|
| Analisis Kondisi Awal | 8.080   | 0.00   | 1.025                |
| Pekerjaan Perkerasan  | 0,19903   | 271.59   | 1.981                |
| Pembebanan            | 0,53928   | 282.01   | 1.991                |
| konsolidasi 1 tahun   | 0,56983   | -2.64  | 1.514                |

**Tabel 4.8** Hasil *Output* Analisa Gempa pada Galian Tinggi

| <i>Output</i>            | <i>Safety Factor</i> | <i>Total Displacement (U<sub>tot</sub>) (m)</i> | <i>Total Incremental Displacement (m)</i> | <i>Total Incremental shear Strains (%)</i> | <i>Total Incremental mean Stresses (kN/m<sup>2</sup>)</i> |
|--------------------------|----------------------|---|---|--|---|
| Gempa sebelum konstruksi | 0,6157               | 23,76   | 0,08688                                   | 1,05                                       | -2900   |
| Gempa sesudah konstruksi | 1,5264               | 3,39  | 0,00615                                   | 0,04288                                    | -2770   |

**Tabel 4.9** Hasil *Output* Tunnel

| <i>Output</i>         | <i>Total Displacement (U<sub>tot</sub>) (m)</i> | <i>Vertical Displacement (m)</i> |
|-----------------------|---|----------------------------------|
| Analisis Kondisi Awal | 8.64  | -7,40                            |
| Galian                | 0,00314   | -0,00205                         |
| Konsolidasi           | 0,00985   | -0,0064                          |
| Faktor Keamanan       | 348000  | -20000                           |

**Tabel 4.10** Hasil *Output* Beban pada *Plate Tunnel*

| <i>Axial force (kN/m)</i> | <i>Shear Forces (kN/m)</i> | <i>Total Bending moments (kN/m)</i> |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| -0,00134                  | 942,51                     | -0,00111                            |

**Tabel 4.11** Hasil *Output Plate Tunnel* sesudah terkena gempa

| <i>Axial force</i><br>(kN/m) | <i>Shear Forces</i><br>(kN/m) | <i>Total Bending moments</i><br>(kN/m) |
|------------------------------|-------------------------------|--|
| -0,00144                     | 1180                          | 1360                                   |

**Tabel 4.12** Hasil *Output Plate Tunnel* sesudah terkena gempa

| <i>Total Displacement</i><br>(m) | <i>Total Displacement Increments</i><br>(m) | <i>Total Accelerations</i><br>(m/s <sup>2</sup> ) |
|----------------------------------|---|---|
| 0,74052                          | 0,00177                                     | 0,44268   |

**Tabel 4.13** Hasil *Output Analisa Gempa pada Tunnel*

| <i>Output</i>            | <i>Safety Factor</i> | <i>Total Displacement (U<sub>tot</sub>) (m)</i> | <i>Total Incremental Displacement (m)</i> | <i>Total Incremental shear strains (%)</i> | <i>Total Effective mean stresses (kN/m<sup>2</sup>)</i> |
|--------------------------|----------------------|---|---|--|---|
| Gempa sebelum konstruksi | 0,6265               | 9,04  | 0,04383                                   | 0,74259                                    | -1090   |
| Gempa sesudah konstruksi | 0,6349               | 9,07  | 44530                                     | 0,74623                                    | -1090   |

Berdasarkan analisa yang dilakukan, Dengan menggunakan data gempa *psuedostatic* dengan waktu *time interval* 4 detik pada analisa pekerjaan proyek Ruas Jalan Tol Sukabumi-Ciranjang. Hasil yang kita peroleh dapat disimpulkan dari analisa tersebut sama-sama beresiko apabila terjadinya gempa, walaupun nilai *safety factor* pada hasil analisa *output PLAXIS 2D* Galian lebih tinggi dibandingkan hasil analisa *output PLAXIS 2D Tunnel*.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

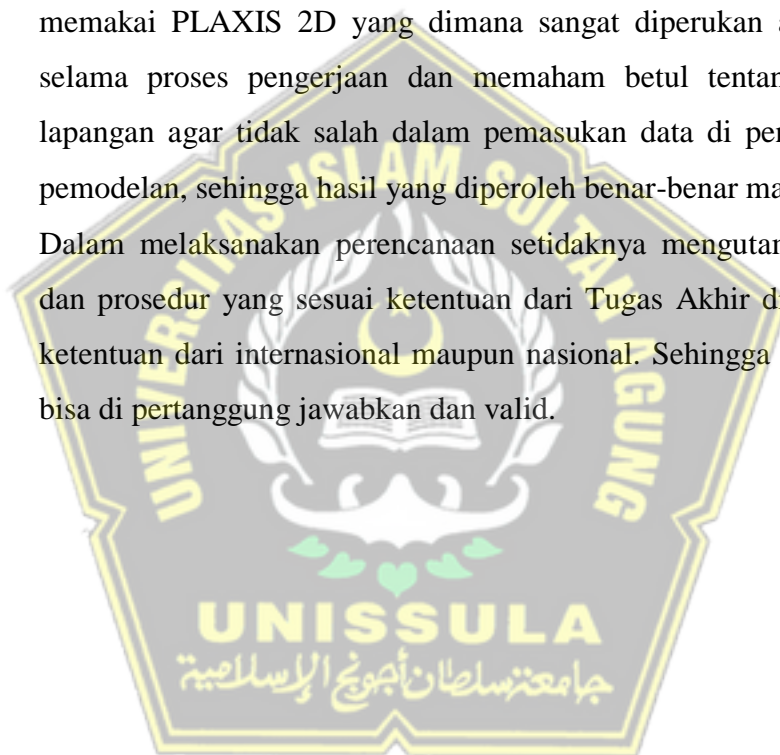
Berdasarkan dari semua analisis bab awal hingga akhir, sebelumnya pada analisis perbandingan performa galian tinggi dan terowongan terhadap gempa memakai program *software Plaxis 2D* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pemodelan Jalan Tol Sukabumi - Ciranjang menggunakan program *Plaxis 2D* model, didapatkan nilai data *Total Displacement*, *Excess Pore Pressures*, *Safety Factor* static, *Total Incremental Displacement*, *Total Incremental Shear Strains*, *Total Incremental Mean Stresses* dan *Safety Factor* gempa.
2. Dengan menggunakan data gempa *psuedostatic* dengan waktu *time interval* 4 detik pada analisa pekerjaan proyek Ruas Jalan Tol Sukabumi-Ciranjang. Hasil yang kita peroleh dapat disimpulkan dari analisa tersebut sama-sama beresiko apabila terjadinya gempa, walaupun nilai *safety factor* pada hasil analisa *output PLAXIS 2D* Galian lebih tinggi dibandingkan hasil analisa *output PLAXIS 2D Tunnel*.
3. Analisa gempa setelah galian dilakukan *Safety Factor* sudah lebih dari 1,1 dan tidak terlihat bidang gelincir pada lereng, sehingga galian aman terhadap gempa. Pada analisa *Tunnel*, *Safety Factor* gempa pada saat selesai konstruksi memperlihatkan adanya bahaya pada lereng dengan nilai *Safety Factor* dibawah 1,1, namun demikian adanya kelongsoran pada lereng tidak mempengaruhi konstruksi *tunnel*.

## 5.2 Saran

Pada Tugas Akhir ini dapat memberikan saran serta masukan anttara lain:

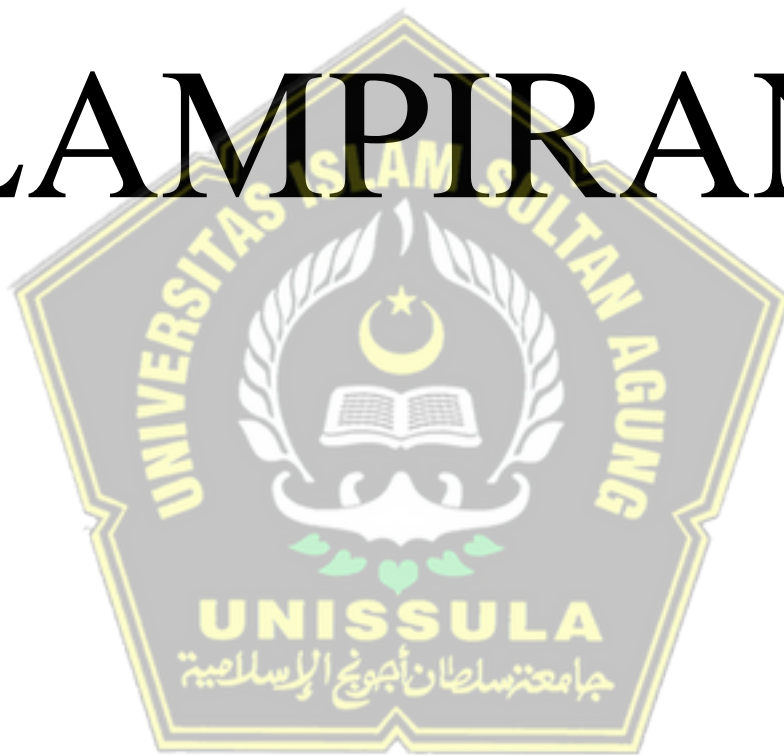
1. Sebelum memulai analis dan studi dalam suatu pelaksanaan konstruksi dalam proyek yang dimana harus menggunakan progam , diusahakan data yang diperoleh benar-benar lengkap karena jika ada data yang kurang akan mengakibatkan banyak kesalahan data yang harus dipertanggung jawabkan dari awal mula sumber
2. Pemahaman terhadap progam yang akan di gunakan dalam hal ini kami memakai PLAXIS 2D yang dimana sangat diperukan agar mempercepat selama proses pengerjaan dan memaham betul tentang pelaksanaan di lapangan agar tidak salah dalam pemasukan data di pengerjaan studi dan pemodelan, sehingga hasil yang diperoleh benar-benar maksimal.
3. Dalam melaksanakan perencanaan setidaknya mengutamakan persyaratan dan prosedur yang sesuai ketentuan dari Tugas Akhir dikerjakan, baik itu ketentuan dari internasional maupun nasional. Sehingga hasil yang didapat bisa di pertanggung jawabkan dan valid.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Zakariya Arifin. 2015. **Pemodelan Pelaksanaan Terowongan Cisumdawu Menggunakan Program Plaxis 2D Dan Plaxis 3D Tunnel**. Tugas Akhir, UNISSULA.
- Bambang Aryanto, H., 2014. “**Analisis Geoteknik Terowongan Pada Batuan Fractured**”. Program Magister Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Bowles J. 1984, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (*Mekanika Tanah*) Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bowles, Joseph E. Johan K. Helnim. (1991). Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah, Mekanika Tanah. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Braja M, (2017), Mekanika Tanah, Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik, The University Of Texas ar EL Paso.
- Das, B. M. (1995). “Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik Jilid 1)” Jakarta: Erlangga
- Das, B.M., 1995, *The Principle of Geotechnical Engineering (Mekanika Tanah)*, Penerbit Erlanga, Jakarta
- Jamulya dan Suratman Wiro Supardjo (1983), Pengantar Geografi Tanah, Diklat Kuliah Permeabilitas Tanah, Yogyakarta Fakultas Geografi UGM
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2017. Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia “<http://petagempa.pusjatan.pu.go.id/>”
- Sosrodarsono, S. dan Nakazawa, k. (2000). Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi, Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Standar Nasional Indonesia. 2017. “**Persyaratan perancangan geoteknik Berdasarkan SNI 8460:2017**” Erlangga. Jakarta, Indonesia
- Terzaghi, Karl dan Peck, Ralph. B. (1987). “**Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Edisi kedua**”, Erlangga. Jakarta, Indonesia

# LAMPIRAN



## LEMBAR ASISTENSI



Nama Mahasiswa : Ryan Hanung Prartama 30201700165

Syahri Maulana Ibrahim 30201700218

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Rinda Karlitasari Indrayana, MT

Dosen Pembimbing 2 : Selvia Agustina, ST., M.Eng.

| NO | TANGGAL       | KETERANGAN  | PARAF |
|----|---------------|---|-------|
| 1  | 17 MARET 2021 | 1. Cari data untuk menentukan Parameter tanah<br>2. Pembelajaran dan Penakaman PLOXIS 2D                          |       |
| 2  | 19 MARET 2021 | 1. Menari Salian Etrelom d STA<br>5+530 - STA 5+930<br>2. Menklasifikasikan Jenis tanah Pada Salian yang diteliti |       |
| 3  | 30 MARET 2021 | 1. Penyesuaian Permodelan Ploxis 2D beserta OupPuenya<br>2. Penamptahan beaan dan per sesuai SNI                  |       |
| 4  | 2 APRIL 2021  | 1. Penyecekun hasil Ploxis 2D Salian dan Terowongan beserta OupPuenya.  |       |



|    |               |  |     |
|----|---------------|--|-----|
| 5. | 22 APRIL 2021 | <p>Asistensi BAB I</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Latar belakang</li> <li>1.2. Tujuan</li> <li>1.3. Rumusan masalah</li> <li>1.4. Bagaiman masalah</li> <li>1.5. Sistematisa Perdisin</li> </ol>  | phi |
| 6. | 07 MEI 2021   | <p>Asistensi BAB II</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Tanah</li> <li>2.2. Tanah-tanah (Tunsel)</li> <li>2.3. Persegi dan Persegi 2D</li> </ol>   | phi |
| 7. | 08 MEI 2021   | <p>Asistensi BAB III</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menentukan format Perdisin</li> <li>- Menentukan Persegi dan Persegi 2D</li> <li>- Menentukan Persegi dan Persegi 2D</li> </ul>                  | phi |
| 8. | 19 Juni 2021  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asistensi Galian Persegi 2D</li> <li>- Revisi Analisis Galian Persegi 2D</li> <li>- Asistensi BAB IV dan Persegi 2D</li> <li>- Asistensi BAB IV dan Persegi 2D</li> </ul> | phi |
| 9. | 11 Juli 2021  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asistensi BAB IV dan Persegi 2D</li> <li>1. Menentukan Persegi dan Persegi 2D</li> <li>2. Menentukan Persegi dan Persegi 2D</li> </ul>                                    | phi |

|    |              |   |  |
|----|--------------|---|--|
| 10 | 12 Juli 2021 | <ul style="list-style-type: none"><li>- Asistensi BAB IV</li><li>- Asistensi BAB V</li><li>- Pembetulan kata-kata dalam BAB IV di point pembahasan</li><li>- Perambanan kalimat di kesimpulan</li></ul> <p><i>Aceng</i></p> |  |
|----|--------------|---|--|





# LEMBAR ASISTENSI



Nama Mahasiswa : Ryan Hanung Prartama 30201700165  
Syahril Maulana Ibrahim 30201700218  
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, MT  
Dosen Pembimbing 2 : Selvia Agustina, ST., M.Eng.

| NO | TANGGAL       | KETERANGAN  | PARAF |
|----|---------------|---|-------|
| 1  | 15 Maret 2021 | Pemegakan konsep Tugas Akhir  |       |
| 2  | 13 Juli 2021  | Asistensi laporan Bab I - V<br>- Pembetulan penulisan foto yang salah<br>- pembetulan daftar isi yang kurang<br>rapi                      |       |
| 3  | 15 Juli 2021  | - Pembetulan catatan pendahuluan<br>- pembetulan kutipan dan referen<br>- pembetulan susunan pada gambar                                  |       |
| 4  | 17 Juli 2021  | - Pembetulan kesalahan dalam<br>penulisan huruf kapital<br>- pembetulan sub-bab yang salah<br>- pengubahan daftar pustaka<br>sesuai abjad |       |

|   |              |   |  |
|---|--------------|---|--|
| 5 | 17 Juli 2021 | <p>- Perbaiki uraian gambar pada bab IV dan penulisan kata asing</p> <p>ACC 17/07/2021</p> <p>Acc</p> | <br> |
|---|--------------|---|--|



---

---

**LAPORAN FAKTUAL REPORT PENYELIDIKAN  
TANAH PROYEK PEMBANGUNAN RUAS  
JALAN TOL SUKABUMI - CIRANJANG  
SUKABUMI, JAWA BARAT**

---

---

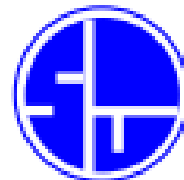


**JUNI 2020**

**BUKU I**

**PT. PRISMA SARANA JAYA UTAMA**

JL. RAWA DOLAR NO. 1A  
JATISAMPURNA BEKASI 17433  
TELP: (021) 844-8621 FAX : (021) 8430-6216  
[www.prismasarana.co.id](http://www.prismasarana.co.id)



# DRILLING LOG

BOREHOLE NO : **DB-14**

PROJECT : **JALAN TOL SURABUMI - CIRAHJANG**

START DATE : **9-Mar-2020**

LOCATION : **SURABUMI, JAWA BARAT**

END DATE : **12-Mar-2020**

COORDINATE : **X = 724882.000 Y = 8238128.000**

GWL : **-7.00 meter**

ELV. :

DRILLED BY : **Andi**

DEPTH : **40.08 meter**

LOGGED BY : **Nurhuda**

Page 1/3

| DATE        | DEPTH (m)   | SYMBOL | SAMPLE    | SAMPLE DEPTH (m) | SOIL DESCRIPTION   | SPT                  |   |    |         | SPT |    |    |
|-------------|-------------|--------|-----------|------------------|--|----------------------|---|----|---------|-----|----|----|
|             |             |        |           |                  |  | N1                   | N2  | N3 | N - SPT |     |    |    |
| 9-Mar-2020  | 0           | CH     | SPT1      | 0.00-0.30        | Silty CLAY, brown, very soft to soft, high plasticity    | 1                    | 1   | 1  | 3       | 3   |    |    |
|             | 3           |        | U200      | 0.30-0.60        |  | soft to medium stiff | 1   | 2  | 3       | 4   | 4  |    |
|             | 6           |        | SPT2      | 0.60-0.90        |  |                      | 2   | 3  | 3       | 6   | 6  |    |
|             | 9           |        | U200      | 0.90-1.20        | medium stiff   | 2                    | 3   | 3  | 6       | 6   |    |    |
|             | 12          |        | SPT3      | 0.90-1.20        |  | 2                    | 3   | 3  | 6       | 6   |    |    |
|             | 10-Mar-2020 |        | 15        | MH               | U200   | 1.20-1.50            | Clayey SILT, brown, soft, high plasticity     | 1  | 1       | 3   | 3  | 3  |
| 18          |             | SPT4   | 0.90-1.20 |                  | 2  | 3                    |   | 3  | 6       | 6   |    |    |
| 21          |             | U200   | 1.50-1.80 |                  | soft to medium stiff                                     | 2                    | 3   | 3  | 6       | 6   |    |    |
| 24          |             | SPT5   | 1.20-1.50 |                  |  | 1                    | 2   | 3  | 6       | 6   |    |    |
| 27          |             | U200   | 1.80-2.10 |                  | Clayey SILT, brownish grey, medium stiff, low plasticity | 2                    | 3   | 3  | 6       | 6   |    |    |
| 30          |             | SPT6   | 1.50-1.80 |                  |  | 3                    | 3   | 4  | 7       | 7   |    |    |
| 33          |             | U200   | 2.10-2.40 |                  | medium stiff to stiff                                    | 2                    | 3   | 3  | 6       | 6   |    |    |
| 36          |             | SPT7   | 1.80-2.10 |                  |  | 3                    | 4   | 10 | 16      | 16  |    |    |
| 11-Mar-2020 |             | 39     | CH        |                  | SPT8   | 2.40-2.70            | Silty CLAY, light grey, hard, high plasticity | 11 | 18      | 18  | 33 | 33 |
|             |             | 42     |           |                  | SPT9   | 2.70-3.00            |   | 8  | 17      | 20  | 37 | 37 |
|             | 45          | U200   |           | 3.00-3.30        | Clayey SILT, brown, hard, low plasticity                 | 10                   | 18  | 18 | 36      | 36  |    |    |
|             | 48          | SPT10  |           | 3.30-3.60        |  | 10                   | 18  | 20 | 38      | 38  |    |    |
|             | 51          | U200   |           | 3.60-3.90        | 8  | 18                   | 21  | 45 | 45      |     |    |    |

REMARK : Disturbed sample Undisturbed Sample Ground Water Level Core Sample

| <b>DRILLING LOG</b> |                                | BOREHOLE NO. : | <b>DB-14</b> |
|---------------------|--------------------------------|----------------|--------------|
| PROJECT :           | JALAN TOL SUKABUMI - CIRANJANG | START DATE :   | 8-Mar-2020   |
| LOCATION :          | SUKABUMI, JAWA BARAT           | END DATE :     | 12-Mar-2020  |
| COORDINATE :        | X = 724822.000 Y = 9236128.000 | GWL :          | -7.00 meter  |
| ELV. :              |                                | DRILLED BY :   | Asdi         |
| DEPTH :             | 40.00 meter                    | LOGGED BY :    | Nushada      |

Page 3/3

| DATE        | DEPTH (m) | SYMBOL | SAMPLE | SAMPLE DEPTH (m) | SOIL DESCRIPTION                         | N1    | N2 | N3 | N-SPT | SPT |    |    |    |    |    |
|-------------|-----------|--------|--------|------------------|--|-------|----|----|-------|-----|----|----|----|----|----|
|             |           |        |        |                  |  |       |    |    |       | 0   | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| 11 Mar 2020 | 0         | ML     | SPT0   | 0.00-0.30        | Clayey SILT, brown, hard, low plasticity | 5     | 10 | 21 | 36    | 10  |    |    |    |    |    |
|             | 10        | SM     | SPT1   | 10.00-12.00      | Silty SAND, gray, dense                  | 10    | 20 | 20 | 40    | 20  |    |    |    |    |    |
|             | 20        |        | SPT2   | 20.00-24.00      | very dense                               | 50    |    |    | 100   | 34  |    |    |    |    |    |
|             | 30        |        | SPT3   | 30.00-37.00      |  | 50-10 |    |    | 100   | 36  |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        | SPT4   | 38.00-40.00      |  | 50-10 |    |    | 100   | 36  |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        | SPT5   | 40.00-40.00      |  | 50-5  |    |    | 100   | 37  |    |    |    |    |    |
| 03 Mar 2020 | 40        |        |        |                  | DRILLING STOPPED AT 40.00 METER          |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        |        |                  |  |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        |        |                  |  |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        |        |                  |  |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        |        |                  |  |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        |        |                  |  |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        |        |                  |  |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        |        |                  |  |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        |        |                  |  |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |
|             | 40        |        |        |                  |  |       |    |    |       |     |    |    |    |    |    |

REMARK :  Disturbed sample  Undisturbed Sample  Ground Water Level  Core Sample

# Proyek Tol Sukabumi-Ciranjang

Galian Dalam





# PETA GEMPA

<http://petagempa.pusjatan.pu.go.id/>



Nilai PGA pada Periode Ulang 500<sup>th</sup>  
Adalah 0.24

# Perhitungan Parameter Gempa Area Galian Dalam STA 5+600



## Penentuan Kelas Situs

| DRILLING LOG     |    |    |    |    |           |    |    |    |    |
|------------------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|
| BORING NO. DB 14 |    |    |    |    | DEPTH (m) |    |    |    |    |
| 0                | 0  | 0  | 0  | 0  | 0         | 0  | 0  | 0  | 0  |
| 1                | 1  | 1  | 1  | 1  | 1         | 1  | 1  | 1  | 1  |
| 2                | 2  | 2  | 2  | 2  | 2         | 2  | 2  | 2  | 2  |
| 3                | 3  | 3  | 3  | 3  | 3         | 3  | 3  | 3  | 3  |
| 4                | 4  | 4  | 4  | 4  | 4         | 4  | 4  | 4  | 4  |
| 5                | 5  | 5  | 5  | 5  | 5         | 5  | 5  | 5  | 5  |
| 6                | 6  | 6  | 6  | 6  | 6         | 6  | 6  | 6  | 6  |
| 7                | 7  | 7  | 7  | 7  | 7         | 7  | 7  | 7  | 7  |
| 8                | 8  | 8  | 8  | 8  | 8         | 8  | 8  | 8  | 8  |
| 9                | 9  | 9  | 9  | 9  | 9         | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 10               | 10 | 10 | 10 | 10 | 10        | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 11               | 11 | 11 | 11 | 11 | 11        | 11 | 11 | 11 | 11 |
| 12               | 12 | 12 | 12 | 12 | 12        | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 13               | 13 | 13 | 13 | 13 | 13        | 13 | 13 | 13 | 13 |
| 14               | 14 | 14 | 14 | 14 | 14        | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 15               | 15 | 15 | 15 | 15 | 15        | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 16               | 16 | 16 | 16 | 16 | 16        | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 17               | 17 | 17 | 17 | 17 | 17        | 17 | 17 | 17 | 17 |
| 18               | 18 | 18 | 18 | 18 | 18        | 18 | 18 | 18 | 18 |
| 19               | 19 | 19 | 19 | 19 | 19        | 19 | 19 | 19 | 19 |
| 20               | 20 | 20 | 20 | 20 | 20        | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 21               | 21 | 21 | 21 | 21 | 21        | 21 | 21 | 21 | 21 |
| 22               | 22 | 22 | 22 | 22 | 22        | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 23               | 23 | 23 | 23 | 23 | 23        | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 24               | 24 | 24 | 24 | 24 | 24        | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 25               | 25 | 25 | 25 | 25 | 25        | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 26               | 26 | 26 | 26 | 26 | 26        | 26 | 26 | 26 | 26 |
| 27               | 27 | 27 | 27 | 27 | 27        | 27 | 27 | 27 | 27 |
| 28               | 28 | 28 | 28 | 28 | 28        | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 29               | 29 | 29 | 29 | 29 | 29        | 29 | 29 | 29 | 29 |
| 30               | 30 | 30 | 30 | 30 | 30        | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 31               | 31 | 31 | 31 | 31 | 31        | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 32               | 32 | 32 | 32 | 32 | 32        | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 33               | 33 | 33 | 33 | 33 | 33        | 33 | 33 | 33 | 33 |
| 34               | 34 | 34 | 34 | 34 | 34        | 34 | 34 | 34 | 34 |
| 35               | 35 | 35 | 35 | 35 | 35        | 35 | 35 | 35 | 35 |
| 36               | 36 | 36 | 36 | 36 | 36        | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 37               | 37 | 37 | 37 | 37 | 37        | 37 | 37 | 37 | 37 |
| 38               | 38 | 38 | 38 | 38 | 38        | 38 | 38 | 38 | 38 |
| 39               | 39 | 39 | 39 | 39 | 39        | 39 | 39 | 39 | 39 |
| 40               | 40 | 40 | 40 | 40 | 40        | 40 | 40 | 40 | 40 |

| Bore Hole<br>DB 14 - MAINROAD |       |                    |               |                    |
|-------------------------------|-------|--------------------|---------------|--------------------|
| JENIS TANAH                   | Depth | NSPT               | Tebal Lapisan | Tebal Lapisan/NSPT |
| CLAY                          | 2     | 2                  | 2             | 1.00               |
| CLAY                          | 4     | 4                  | 2             | 0.50               |
| CLAY                          | 6     | 6                  | 2             | 0.33               |
| CLAY                          | 8     | 3                  | 2             | 0.67               |
| CLAY                          | 10    | 4                  | 2             | 0.50               |
| CLAY                          | 12    | 5                  | 2             | 0.40               |
| CLAY                          | 14    | 5                  | 2             | 0.40               |
| CLAY                          | 16    | 7                  | 2             | 0.29               |
| CLAY                          | 18    | 8                  | 2             | 0.25               |
| CLAY                          | 20    | 16                 | 2             | 0.13               |
| CLAY                          | 22    | 33                 | 2             | 0.06               |
| CLAY                          | 24    | 37                 | 2             | 0.05               |
| CLAY                          | 26    | 35                 | 2             | 0.06               |
| CLAY                          | 28    | 38                 | 2             | 0.05               |
| CLAY                          | 30    | 40                 | 2             | 0.05               |
| SAND                          | 32    | 42                 | 2             | 0.05               |
| SAND                          | 34    | 50                 | 2             | 0.04               |
| SAND                          | 36    | 50                 | 2             | 0.04               |
| SAND                          | 38    | 50                 | 2             | 0.04               |
| SAND                          | 40    | 50                 | 2             | 0.04               |
|                               |       |                    | 40.00         | 4.94               |
|                               |       | <b>N-rata-rata</b> |               | <b>8.093</b>       |

| No | Bore log | Rata-rata harmonik | Kelas Tanah |
|----|----------|--------------------|-------------|
| 1  | DB 14    | 8.093              | Tanah Lunak |

## Penentuan Nilai Fpga

Tabel 3 - Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ )

| Kelas situs       | PGA ≤ 0,1<br>$S_w ≤ 0,75$ | PGA = 0,2<br>$S_w = 0,5$ | PGA = 0,3<br>$S_w = 0,75$ | PGA = 0,4<br>$S_w = 1,0$ | PGA > 0,5<br>$S_w ≥ 1,25$ |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Batuan Keras (SA) | 0,8                       | 0,8                      | 0,8                       | 0,8                      | 0,8                       |
| Batuan (SB)       | 1,0                       | 1,0                      | 1,0                       | 1,0                      | 1,0                       |
| Tanah Keras (SC)  | 1,2                       | 1,2                      | 1,1                       | 1,0                      | 1,0                       |
| Tanah Sedang (SD) | 1,5                       | 1,4                      | 1,2                       | 1,1                      | 1,0                       |
| Tanah Lunak (SE)  | 2,5                       | 1,7                      | 1,2                       | 0,9                      | 0,9                       |
| Tanah Khusus (SS) | SS                        | SS                       | SS                        | SS                       | SS                        |

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat diturunkan interpolasi linier

- PGA = 0,24  
 Kelas Situs = Tanah Lunak (SE)  
 Fpga = 1,6 (Rumus Interpolasi Linier pada Tabel diatas)
- PGA = 0,24  
 Kelas Situs = Tanah Sedang (SD)  
 Fpga = 1,36 (Rumus Interpolasi Linier pada Tabel diatas)

## Penentuan Nilai PSA / As

Respon spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 (tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun ( $P_{GA}$ ,  $S_0$  dan  $S_1$ ), serta nilai faktor amplifikasi  $F_{PGA}$ ,  $F_0$  dan  $F_1$ . Perumusan respon spektra adalah sebagai berikut :

$$A_0 = F_{PGA} \times P_{GA} \quad (8)$$

$$S_{0S} = F_0 \times S_0 \quad (9)$$

$$S_{0T} = F_1 \times S_1 \quad (10)$$

Pada Situs Tanah Lunak (SE)

$$P_{GA} = 0.24$$

$$F_{pga} = 1.6$$

$$PSA / AS = 0.398$$

Pada Situs Tanah Sedang (SD)

$$P_{GA} = 0.24$$

$$F_{pga} = 1.36$$

$$PSA / AS = 0.326$$

## Penentuan Nilai kh

Koefisien percepatan horizontal diambil dengan formulasi sebagai berikut:

$$k_h = 0,5 \times A_h \quad (79)$$

Pada Situs Tanah Lunak (SE)

PSA/AS = 0.398

kh = 0.199

Pada Situs Tanah Sedang (SD)

PSA/AS = 0.326

kh = 0.163





FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN  
AGUNG (UNISSULA)

PERBANDINGAN PERFORMA  
GALIAN TINGGI DAN  
TEROBONGAN TERHADAP  
GEMPA.

GAMBAR PERMODELAN  
GALIAN STA 5+600

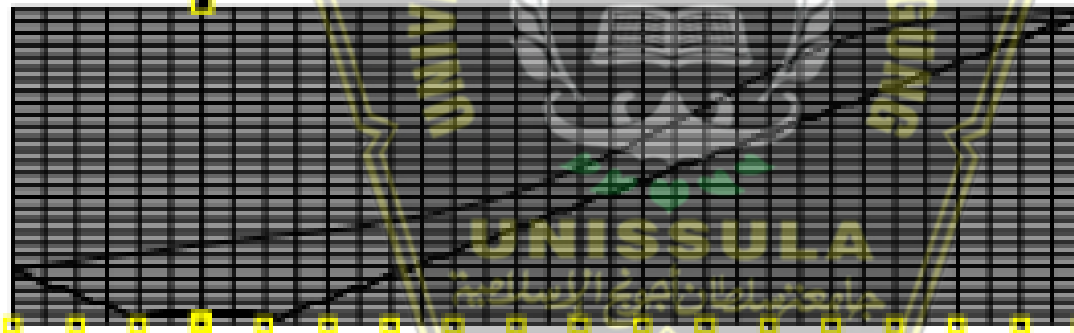
DIPEROLAH OLEH :

1. Ryan Hanung Pratomo  
(30001750145)
2. Syahril Maulana Ibrahim  
(30001750218)

DOSEN PEMBIMBING I  
Dr.ir. Rinda Kartinesari  
Indrayana, MT

DOSEN PEMBIMBING II  
Selvia Agustina, ST, M.Eng

| No. Gambar | Jumlah Gambar |
|------------|---------------|
|------------|---------------|



Konstruksi Galian STA 5+600

SKALA 1:10



FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN  
AGUNG (UNISSULA)

PERBANDINGAN PERFORMA  
GALIAN TINGGI DAN  
TEROBONGAN TERHADAP  
GEMPA

GAMBAR PERMODELAN  
GALIAN STA 5+800

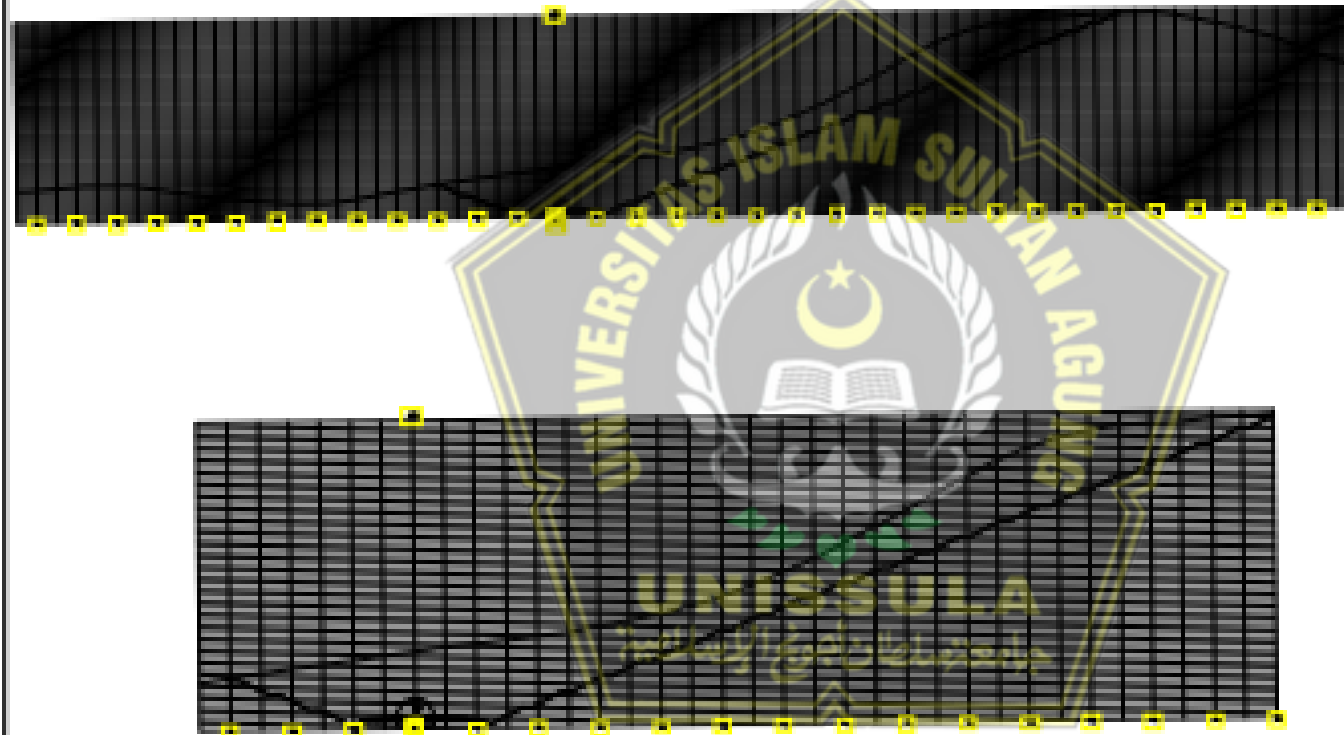
DOSEN PEMBIMBING I

1. Ryan Hansung Pratama  
(30001700166)
2. Syahril Maulana Ibrahim  
(30001700018)

DOSEN PEMBIMBING II  
Dr.ir. Rinda Karlinasari  
Indrayana, MT

DOSEN PEMBIMBING II  
Selvia Agustina, ST, M.Eng

No. Gambar      Jumlah Gambar

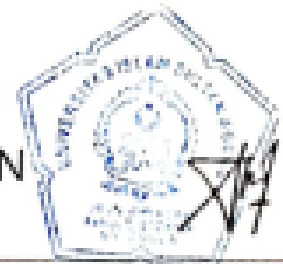


Konstruksi Terawang

SKALA 1 : 10



# PERBANDINGAN PERFORMA GALIAN TINGGI DAN TEROWONGAN TERHADAP GEMPA



ORIGINALITY REPORT

Telah diperiksa tanggal 03/08/2021 oleh Selvia Agustina ST., M.Eng

**22%**

SIMILARITY INDEX

**20%**

INTERNET SOURCES

**3%**

PUBLICATIONS

**6%**

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1

[eprints.itenas.ac.id](http://eprints.itenas.ac.id)

Internet Source

3%

2

Submitted to Sultan Agung Islamic University

Student Paper

3%

3

[repository.dinamika.ac.id](http://repository.dinamika.ac.id)

Internet Source

2%

4

[ejournal.unsrat.ac.id](http://ejournal.unsrat.ac.id)

Internet Source

1%

5

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Internet Source

1%

6

[id.scribd.com](http://id.scribd.com)

Internet Source

1%

7

[repository.its.ac.id](http://repository.its.ac.id)

Internet Source

1%

8

[dspace.uii.ac.id](http://dspace.uii.ac.id)

Internet Source

1%

9

[keretapedia.com](http://keretapedia.com)

Internet Source

1%

|    |   |      |
|----|---|------|
| 10 | <a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a><br>Internet Source   | 1 %  |
| 11 | <a href="http://hellorikapuspita.wordpress.com">hellorikapuspita.wordpress.com</a><br>Internet Source | 1 %  |
| 12 | <a href="http://eprints.undip.ac.id">eprints.undip.ac.id</a><br>Internet Source                       | <1 % |
| 13 | <a href="http://sir.stikom.edu">sir.stikom.edu</a><br>Internet Source                                 | <1 % |
| 14 | <a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a><br>Internet Source                                   | <1 % |
| 15 | <a href="http://id.123dok.com">id.123dok.com</a><br>Internet Source                                   | <1 % |
| 16 | <a href="http://habib00ugm.wordpress.com">habib00ugm.wordpress.com</a><br>Internet Source             | <1 % |
| 17 | Submitted to Trinity College Dublin<br>Student Paper  | <1 % |
| 18 | <a href="http://repository.ppns.ac.id">repository.ppns.ac.id</a><br>Internet Source                   | <1 % |
| 19 | Submitted to Coventry University<br>Student Paper   | <1 % |
| 20 | <a href="http://123dok.com">123dok.com</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 21 | <a href="http://eprints.mdp.ac.id">eprints.mdp.ac.id</a><br>Internet Source                           | <1 % |

|    |  |      |
|----|--|------|
| 22 | <a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a><br>Internet Source                               | <1 % |
| 23 | <a href="https://documents.mx">documents.mx</a><br>Internet Source                                 | <1 % |
| 24 | <a href="https://zadoco.site">zadoco.site</a><br>Internet Source                                   | <1 % |
| 25 | <a href="https://adoc.pub">adoc.pub</a><br>Internet Source   | <1 % |
| 26 | <a href="https://digilib.uinsby.ac.id">digilib.uinsby.ac.id</a><br>Internet Source                 | <1 % |
| 27 | <a href="https://polen.itu.edu.tr">polen.itu.edu.tr</a><br>Internet Source                         | <1 % |
| 28 | Submitted to Fort Worth Academy of Fine Arts<br>Student Paper                                      | <1 % |
| 29 | Submitted to Universitas Islam Indonesia<br>Student Paper  | <1 % |
| 30 | Submitted to Universitas Muhammadiyah<br>Surakarta<br>Student Paper                                | <1 % |
| 31 | <a href="https://etheses.uin-malang.ac.id">etheses.uin-malang.ac.id</a><br>Internet Source         | <1 % |
| 32 | <a href="https://repo.itera.ac.id">repo.itera.ac.id</a><br>Internet Source                         | <1 % |
| 33 | <a href="https://ekoporwosantoso.blogspot.com">ekoporwosantoso.blogspot.com</a><br>Internet Source | <1 % |

<1 %

34 [doku.pub](http://doku.pub)  
Internet Source

<1 %

35 [eprints.akakom.ac.id](http://eprints.akakom.ac.id)  
Internet Source

<1 %

36 [library.binus.ac.id](http://library.binus.ac.id)  
Internet Source

<1 %

37 [repository.unpas.ac.id](http://repository.unpas.ac.id)  
Internet Source

<1 %

38 [repository.widyatama.ac.id](http://repository.widyatama.ac.id)  
Internet Source

<1 %

39 [widuri.raharja.info](http://widuri.raharja.info)  
Internet Source

<1 %

40 [docplayer.info](http://docplayer.info)  
Internet Source

<1 %

41 [mafiadoc.com](http://mafiadoc.com)  
Internet Source

<1 %

42 [repository.bsi.ac.id](http://repository.bsi.ac.id)  
Internet Source

<1 %

43 [text-id.123dok.com](http://text-id.123dok.com)  
Internet Source

<1 %

44 Mawardi Mawardi. "OPTIMASI LERENG  
TERASERING UNTUK PENANGGULANGAN

<1 %



## LONGSOR DENGAN ANALISIS METODE FELLENIUS", Inersia: Jurnal Teknik Sipil, 2020

Publication

- |    |  |      |
|----|--|------|
| 45 | Vicente Guerola Navarro. "Impacto del grado de implementación del Customer Relationship Management (CRM) y la Estrategia de Innovación en los resultados empresariales. Aplicación al sector vitivinícola español", Universitat Politecnica de Valencia, 2021<br>Publication | <1 % |
| 46 | <a href="http://abdulrs89.blogspot.com">abdulrs89.blogspot.com</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 47 | <a href="http://docobook.com">docobook.com</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 48 | <a href="http://lifeskill.staff.ub.ac.id">lifeskill.staff.ub.ac.id</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 49 | <a href="http://padasukaprinting.co.id">padasukaprinting.co.id</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 50 | <a href="http://repository.unj.ac.id">repository.unj.ac.id</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 51 | <a href="http://repository.unja.ac.id">repository.unja.ac.id</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 52 | <a href="http://www.repository.trisakti.ac.id">www.repository.trisakti.ac.id</a><br>Internet Source  | <1 % |
| 53 | <a href="http://laskarimpiansite.files.wordpress.com">laskarimpiansite.files.wordpress.com</a><br>Internet Source  | <1 % |

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

