

**TUGAS AKHIR - CS234801**

**PERENCANAAN TIMBUNAN RINGAN SEBAGAI ALTERNATIF  
PENGANTI OPRIT STRUKTUR FLYOVER**

**STUDI KASUS: STRUKTUR PILE SLAB PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN FLYOVER *PENGGANTI JPL 64 STA 275 - STA  
325 LINTAS SURABAYA - SOLO***

**Muhammad Zaky Raihan**

**NRP 5012201055**

**Dosen Pembimbing**

**Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 195107081977032001**

**Dosen Ko Pembimbing**

**Ir. Suwarno, M.Eng**

**NIP. 195909271986031003**

**Program Studi Sarjana**

**Departemen Teknik Sipil**

**Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2024**



**TUGAS AKHIR - CS234801**

**PERENCANAAN TIMBUNAN RINGAN SEBAGAI ALTERNATIF  
PENGANTI OPRIT STRUKTUR FLYOVER**

**STUDI KASUS: STRUKTUR PILE SLAB PADA PROYEK  
PEMBANGUNAN FLYOVER PENGANTI JPL 64 STA 275 -  
STA 325 LINTAS SURABAYA - SOLO**

**Muhammad Zaky Raihan**

**NRP. 5012201055**

**Dosen Pembimbing**

**Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 195107081977032001**

**Ir. Suwarno, M.Eng**

**NIP. 195909271986031003**

**Program Studi Teknik Sipil**

**Departemen Teknik Sipil**

**Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2024**



**FINAL PROJECT - CS234801**

**LIGHT EMBANKMENT PLANNING AS AN ALTERNATIVE TO REPLACE  
THE FLYOVER STRUCTURE RAMPCASE**

**STUDY: PILE SLAB STRUCTURE ON THE REPLACEMENT FLYOVER  
CONSTRUCTION PROJECT JPL 64 STA 275 - STA 325 SURABAYA -  
SOLO ROUTE**

**MUHAMMAD ZAKY RAIHAN**

**NRP. 5012201055**

**Advisor**

**Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 195107081977032001**

**Ir. Suwarno, M.Eng**

**NIP. 195909271986031003**

**Undergraduate Program**

**Departement of Civil Engineering**

**Faculty of Civil, Planning and Geo Engineering**

**Sepuluh Nopember Institute of Technology**

**Surabaya**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERENCANAAN TIMBUNAN RINGAN SEBAGAI ALTERNATIF**  
**PENGGANTI OPRIT STRUKTUR FLYOVER**  
**STUDI KASUS: STRUKTUR PILE SLAB PADA PROYEK**  
**PEMBANGUNAN FLYOVER PENGGANTI JPL 64 STA 275 – STA 325**  
**LINTAS SURABAYA – SOLO**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi Sarjana  
Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **MUHAMMAD ZAKY RAIHAN**


NRP. **5012201055**

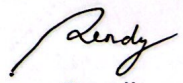
Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. **Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.**  
195107081977032001
2. **Ir. Suwarno, M.Eng.**  
195909271986031003
3. **Dr. Trihanyndio Rendy Satria, S.T., M.T.**  
198410102008121004
4. **Mustain Arif, S.T., M.T.**  
197003272005011001



  
Pembimbing

  
Ko – Pembimbing

  
Penguji

  
Penguji

**SURABAYA**

**Juli, 2024**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**APPROVAL SHEET**  
**LIGHT EMBANKMENT PLANNING AS AN ALTERNATIVE  
TO REPLACE THE FLYOVER STRUCTURE RAMPCASE  
STUDY: PILE SLAB STRUCTURE ON THE REPLACEMENT  
FLYOVER CONSTRUCTION PROJECT JPL 64 STA 275 –  
STA 325 SURABAYA – SOLO ROUTE**  
**FINAL PROJECT**

Submitted to fulfill one of the requirements  
for obtaining a Bachelor Degree at  
Undergraduate Program  
Department of Civil Engineering  
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering  
Institute of Technology Sepuluh Nopember

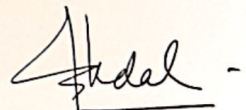
Oleh : **MUHAMMAD ZAKY RAIHAN**

NRP. **5012201055**

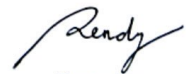
Approved by Final Project Examiner Team:

1. **Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.**  
195107081977032001
2. **Ir. Suwarno, M.Eng.**  
195909271986031003
3. **Dr. Trihanyndio Rendy Satrya, S.T., M.T.**  
198410102008121004
4. **Mustain Arif, S.T., M.T**  
197003272005011001



  
Advisor

  
Co - Advisor

  
Examiner

  
Examiner

**SURABAYA**

**July, 2024**

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Muhammad Zaky Raihan / 5012201055  
Departemen : Teknik Sipil  
Dosen Pembimbing/NIP : Prof.Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D. /  
195107081977032001  
Ir. Suwarno, M.Eng. / 195909271986031003

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “PERENCANAAN TIMBUNAN RINGAN SEBAGAI ALTERNATIF PENGGANTI OPRIT STRUKTUR FLYOVER

STUDI KASUS: STRUKTUR PILE SLAB PADA PROYEK PEMBANGUNAN FLYOVER PENGGANTI JPL 64 STA 275 – STA 325 LINTAS SURABAYA – SOLO” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

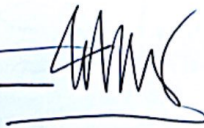
Mengetahui  
Pembimbing



Prof. Ir. Noor Endah,  
M.Sc., Ph.D.

195107081977032001

Mengetahui  
Ko – Pembimbing



Ir. Suwarno, M.Eng.

195909271986031003

Surabaya, 20 Juli 2024  
Mahasiswa



Muhammad Zaky Raihan

5012201055



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## STATEMENT OF ORIGINALITY

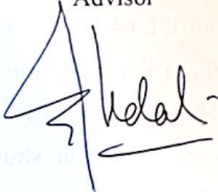
The undersigned below:

Name of student/NRP : Muhammad Zaky Raihan / 5012201055  
Departement : Civil Engineering  
Advisor/NIP : Prof.Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D. /  
195107081977032001  
Ir. Suwarno, M.Eng. / 195909271986031003

hereby declare that the Final Project with the title of "LIGHT EMBANKMENT PLANNING AS AN ALTERNATIVE TO REPLACE THE FLYOVER STRUCTURE RAMPCASE STUDY: PILE SLAB STRUCTURE ON THE REPLACEMENT FLYOVER CONSTRUCTION PROJECT JPL 64 STA 275 – STA 325 SURABAYA – SOLO ROUTE" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

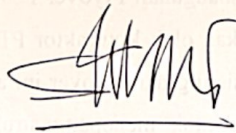
Acknowledged  
Advisor



Prof. Ir. Noor Endah,  
M.Sc., Ph.D.

195107081977032001

Acknowledged  
Co – Advisor



Ir. Suwarno, M.Eng.

195909271986031003

Surabaya, 30 July 2024  
Student



Muhammad Zaky Raihan

5012201055

**PERENCANAAN TIMBUNAN RINGAN SEBAGAI ALTERNATIF  
STRUKTUR PILE SLAB PADA PROYEK PEMBANGUNAN FLYOVER  
PENGGANTI JPL 64 KM 38+897 LINTAS SURABAYA – SOLO**

**Nama Mahasiswa / NRP : Muhammad Zaky Raihan / 5012201055**

**Departemen : Teknik Sipil FTSPK - ITS**

**Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.**

**Ir. Suwarno, M.Eng.**

**Abstrak**

Kepadatan penduduk di Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur seringkali menimbulkan kemacetan. Salah satu titik yang menjadi titik kemacetan adalah di antara Jalan Raya Moh. Yamin, Jalan Kyai Mojo, dan Jalan Setiabudi, dimana kemacetan pada titik tersebut bisa mengular sepanjang dua kilometer di tiap sisinya. Kemacetan di posisi tersebut diakibatkan oleh sungai, bangunan liar, bangunan penduduk, perempatan, dan perlintasan kereta api. Untuk mengatasi kemacetan tersebut pemerintah setempat dengan membangun Flyover pada lokasi tersebut. Pembangunan Flyover tersebut juga didukung dengan adanya rekayasa lalu lintas untuk mengendalikan lalu lintas.

Pada Proyek Pembangunan Flyover Pengganti JPL 64 KM38+897 Lintas Surabaya – Solo dikerjakan oleh kontraktor PT. Wijaya Karya – Dhamba KSO. Dimana perencanaan eksisting dari flyover ini adalah menggunakan struktur pile slab dan struktur pier. Untuk menopang struktur pile slab dan struktur pier digunakan Concrete Spun Pile sebanyak 30 titik dengan kedalaman 30 meter. Tempat Proyek Pembangunan Flyover Pengganti JPL 64 Km38+897 Lintas Surabaya – solo berada diatas tanah lunak yang memiliki ketebalan variatif antara 4 – 16 meter. Pada tugas akhir ini, penggunaan Concrete Spun Pile perlu dievaluasi dikarenakan dalam pelaksanaannya pemancangan Concrete Spun Pile dengan menggunakan Diesel Hammer berdampak kerusakan pada rumah warga sekitar proyek. Selain itu, terdapat Concrete Spun Pile yang tidak bisa dipancang sesuai

dengan kedalaman rencana. Oleh karena itu, perlu direncanakan pengganti pondasi yang aman, stabil, dan lebih efisien dalam aspek biaya.

Alternatif pengganti pondasi yang direncanakan adalah dengan menggunakan timbunan tanah sirtu, timbunan mortar busa, timbunan kombinasi tanah sirtu dan mortar busa dan merencanakan pondasi Bored Pile pada titik Pier 7 dan Pier 8. Alternatif pondasi yang direncanakan dilakukan dengan memerhatikan stabilitas timbunan, rate of settlement dengan menggunakan perkuatan pada timbunannya. Dengan demikian, tugas akhir ini diharapkan dapat menghasilkan luaran berupa efisiensi biaya pondasi alternatif spun pile pada STA 275-STA325 serta desain timbunan dan perkuatan yang paling efisien sebagai pengganti struktur slab on pile dari segi efisiensi biaya.

**Kata Kunci: Pondasi Bored Pile, Timbunan Tanah Sirtu, Timbunan Mortar Busa, Timbunan Kombinasi Tanah Sirtu dengan Mortar Busa**

**LIGHT EMBANKMENT PLANNING AS AN ALTERNATIVE TO  
REPLACE THE FLYOVER STRUCTURE RAMPCASE**

**STUDY: PILE SLAB STRUCTURE ON THE REPLACEMENT FLYOVER  
CONSTRUCTION PROJECT JPL 64 STA 275 – STA 325 SURABAYA –  
SOLO ROUTE**

**Student Name / NRP : Muhammad Zaky Raihan / 5012201055**

**Departement : Teknik Sipil FTSPK - ITS**

**Advisor : Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.**

**Ir. Suwarno, M.Eng.**

**ABSTRACT**

Population density in Krian District, Sidoarjo Regency, East Java Province often causes traffic jams. One of the points of congestion is between Jalan Raya Moh. Yamin, Jalan Kyai Mojo, and Jalan Setiabudi, where traffic jams at these points can stretch for two kilometers on each side. Congestion at this position is caused by rivers, illegal buildings, residential buildings, intersections and railway crossings. To overcome this congestion, the local government built a flyover at that location. The construction of the Flyover is also supported by traffic engineering to control traffic.

The JPL 64 KM38+897 Lintas Surabaya - Solo Flyover Construction Project was carried out by the contractor PT. Wijaya Karya – Dhamba KSO. Where the existing planning for this flyover is to use a pile slab structure and a pier structure. To support the pile slab structure and pier structure, 30 points of Concrete Spun Pile were used with a depth of 30 meters. The location for the Flyover Construction Project to Replace JPL 64 Km38+897 Lintas Surabaya - Solo is on soft ground which varies in thickness between 4 - 16 meters. In this final project, the use of Concrete Spun Pile needs to be evaluated because in its implementation the erection of Concrete Spun Pile using a Diesel Hammer results in damage to the homes of residents around the project. Apart from that, there are Concrete Spun Pile

which cannot be driven according to the planned depth. Therefore, it is necessary to plan a replacement foundation that is safe, stable and more cost efficient.

The planned alternative replacement for the foundation is to use a pile of sirtu soil, a pile of foam mortar, a combination of pile of sirtu soil and foam mortar and planning a Bored Pile foundation at Pier 7 and Pier 8. The planned alternative foundation is carried out by paying attention to the stability of the embankment, the rate of settlement with use reinforcement in the embankment. Thus, this final project is expected to produce outcomes in the form of evaluation, safety and cost efficiency of alternative spun pile foundations on Pier 7 and Pier 8 as well as the most efficient embankment and reinforcement design as a substitute for slab on pile structures in terms of safety during implementation and cost efficiency .

**Keywords: Bored Pile Foundation, Sirtu Soil Embankment, Foam Mortar Embankment, Sirtu Soil Combination Embankment with Foam Mortar**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Perencanaan Timbunan Ringan Sebagai Alternatif Struktur Pile Slab Pada Proyek Pembangunan Flyover Pengganti JPL 64+38+897 Lintas Surabaya – Solo". Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan anugerah-Nya
2. Kedua orang tua, Bapak Dedy Suhandoyo dan Ibu Yogi Krisna Herdiana serta kakak Rafli Adam Handoyo yang telah memberikan dukungan moril dan materiil
3. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D. dan Bapak Ir. Suwarno, M.Eng. selaku dosen pembimbing dan ko-pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam pembuatan Tugas Akhir ini
4. Ida Ayu Gayatri Alycia Vikranta yang senantiasa selalu memberikan semangat dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Teman Teman Warga GONDZ yang selalu membantu dalam segala situasi.
6. Teman-teman S-1 angkatan 2020 (S63) dan seluruh mahasiswa Teknik Sipil ITS
7. Seluruh dosen dan tendik Teknik Sipil ITS yang sudah memberikan tempat belajar yang nyaman bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, Penulis mengharapkan dan menerima kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua orang yang membaca.

## DAFTAR ISI

|  |                     |
|--|---------------------|
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b>   | <b><i>i</i></b>     |
| <b>APPROVAL SHEET</b>  | <b><i>iii</i></b>   |
| <b>LIGHT EMBANKMENT PLANNING AS AN ALTERNATIVE TO REPLACE THE FLYOVER STRUCTURE RAMPCASE</b>                                     | <b><i>iii</i></b>   |
| <b>STUDY: PILE SLAB STRUCTURE ON THE REPLACEMENT FLYOVER CONSTRUCTION PROJECT JPL 64 STA 275 – STA 325 SURABAYA – SOLO ROUTE</b> | <b><i>iii</i></b>   |
| <b>(Halaman ini sengaja dikosongkan)</b>   | <b><i>iv</i></b>    |
| <b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b>   | <b><i>v</i></b>     |
| <b>(Halaman ini sengaja dikosongkan)</b>   | <b><i>vi</i></b>    |
| <b>STATEMENT OF ORIGINALITY</b>  | <b><i>vii</i></b>   |
| <b>KATA PENGANTAR</b>  | <b><i>xii</i></b>   |
| <b>DAFTAR ISI</b>  | <b><i>xiii</i></b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>   | <b><i>xvi</i></b>   |
| <b>DAFTAR TABEL</b>  | <b><i>xviii</i></b> |
| <b>BAB I</b>   | <b><i>1</i></b>     |
| <b>PENDAHULUAN</b>   | <b><i>1</i></b>     |
| <b>1.1 Latar Belakang</b>  | <b><i>1</i></b>     |
| <b>1.2 Rumusan Masalah</b>   | <b><i>8</i></b>     |
| <b>1.3 Batasan Masalah</b>   | <b><i>8</i></b>     |
| <b>1.4 Tujuan Penelitian</b>   | <b><i>8</i></b>     |
| <b>1.5 Manfaat Penelitian</b>  | <b><i>9</i></b>     |
| <b>BAB II</b>  | <b><i>9</i></b>     |
| <b>DASAR TEORI</b>   | <b><i>10</i></b>    |
| <b>2.1 Tanah dan Karakteristik Tanah</b>   | <b><i>10</i></b>    |
| <b>2.2 Analisa Parameter Tanah</b>   | <b><i>10</i></b>    |
| 2.2.1 Klasifikasi Tanah  | <i>10</i>           |
| 2.2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data N-SPT   | <i>11</i>           |
| <b>2.3 Distribusi Tegangan pada Tanah Dasar</b>  | <b><i>13</i></b>    |
| 2.3.1 Beban Timbunan   | <i>13</i>           |
| 2.3.2 Beban Pavement   | <i>14</i>           |
| 2.3.3 Beban Lalu Lintas  | <i>15</i>           |
| <b>2.4 Perhitungan Tinggi Timbunan</b>   | <b><i>15</i></b>    |



|  |   |            |
|--|---|------------|
| 2.4.1  | Tinggi Timbunan Awal (Hinitial) dan Tinggi Timbunan Akhir (Hfinal) pada Variasi Menggunakan Mortar Busa               | 17         |
| <b>2.5</b>                                       | <b>Pemampatan Tanah Dasar</b>   | <b>18</b>  |
| 2.5.1  | Pemampatan Konsolidasi / <i>Consolidation Settlement</i>  | 18         |
| 2.5.2  | Pemampatan Segera / <i>Immediate Settlement</i>   | 20         |
| <b>2.6</b>                                       | <b>Waktu Pemampatan Tanah Dasar</b>   | <b>21</b>  |
| <b>2.7</b>                                       | <b>Percepatan Waktu Pemampatan Tanah Dasar</b>  | <b>22</b>  |
| 2.7.1  | PVD (Prefabricated Vertical Drain)  | 23         |
| <b>2.8</b>                                       | <b>Peningkatan Daya Dukung Tanah</b>  | <b>24</b>  |
| <b>2.9</b>                                       | <b>Pemampatan Tanah Akibat Timbunan Bertahap</b>  | <b>25</b>  |
| <b>2.10</b>                                      | <b>Cerucuk</b>  | <b>26</b>  |
| <b>2.10</b>                                      | <b>Timbunan Material Ringan Mortar Busa</b>   | <b>30</b>  |
| 2.10.1   | Karakteristik Material Ringan Mortar Busa   | 31         |
| 2.10.2   | Kriteria dan Persyaratan Bahan Campuran   | 31         |
| <b>2.11</b>                                      | <b>Perencanaan Stabilitas Lereng dengan <i>Geoforce Segmental Retaining Wall</i> (GSRW)</b>                           | <b>34</b>  |
| <b>2.13</b>                                      | <b>Program Bantu</b>  | <b>39</b>  |
| <b><i>BAB III</i></b>                            |   | <b>41</b>  |
| <b><i>METODOLOGI</i></b>                         |   | <b>41</b>  |
| 3.1  | Diagram Alir  | 41         |
| 3.2  | Uraian Tahapan Pelaksanaan  | 42         |
| 3.3  | Rencana Luaran Tugas Akhir  | 44         |
| <b><i>BAB IV</i></b>                             |   | <b>46</b>  |
| <b><i>DATA PERENANAAN DAN ANALISA TANAH</i></b>  |   | <b>46</b>  |
| 4.1  | Data Tanah  | 46         |
| 4.1.1  | Data Tanah Dasar  | 46         |
| 4.2  | Data Analisis dan Desain Perencanaan  | 51         |
| <b><i>BAB V</i></b>                              |   | <b>63</b>  |
| <b><i>PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERKUATAN</i></b> |   | <b>63</b>  |
| 5.3.1  | Besar dan Lama Waktu Pemampatan untuk Lapisan Tanah Dasar Eksisting   | 88         |
| 5.3.2  | Besar dan Lama Waktu Pemampatan untuk Kondisi Lapisan Tanah Dasar Diganti Setebal 1 meter                             | 90         |
| <b>5.5</b>                                       | <b>Perencanaan Perkuatan Sisi Tegak Timbunan Menggunakan <i>Geoforce Segmental Retaining Wall and Pile</i> (GSRW)</b> | <b>111</b> |
| <b>5.6</b>                                       | <b>Perhitungan Volume dan Biaya Material</b>  | <b>116</b> |
| <b><i>BAB VI</i></b>                             |   | <b>124</b> |
| <b><i>KESIMPULAN</i></b>                         |   | <b>124</b> |
| <b><i>DAFTAR PUSTAKA</i></b>                     |   | <b>130</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar 1. 1</b> Lokasi Proyek Pembangunan Flyover Pengganti JPL 64 KM38+897 Lintas Surabaya – Solo (Paket : FOMS 1).....                                    | 2  |
| <b>Gambar 1. 2</b> Pembagian Zona dan Detail Pekerjaan Proyek Pembangunan Flyover Pengganti JPL 64 KM38+897 lintas Surabaya – Solo (Paket : FOMS 1) .....      | 3  |
| <b>Gambar 1. 3</b> Detail perencanaan struktur pile slab.....  | 4  |
| <b>Gambar 1. 4</b> Detail perencanaan struktur pier .....  | 4  |
| <b>Gambar 1. 5</b> Hasil Uji <i>Boring</i> pada Section 1 .....  | 5  |
| <b>Gambar 1. 6</b> Potongan Melintang STA 275 .....  | 6  |
| <b>Gambar 1. 7</b> Potongan Melintang STA 300.....   | 6  |
| <b>Gambar 1. 8</b> Potongan Melintang STA 325.....   | 7  |
| <br>   |    |
| <b>Gambar 2. 1</b> Rumusan distribusi pembebanan timbunan bentuk trapesium.....  | 13 |
| <b>Gambar 2. 2</b> Grafik faktor distribusi beban merata bentuk persegi (Sumber: Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, Noor Endah Mochtar, 2012).....             | 15 |
| <b>Gambar 2. 3</b> Kedudukan Timbunan Saat Mengalami Penampatan .....  | 16 |
| <b>Gambar 2. 4</b> Pemasangan Vertical Drain.....  | 23 |
| <b>Gambar 2. 5</b> Asumsi Gaya yang Diterima Cerucuk .....   | 26 |
| <b>Gambar 2. 6</b> Grafik Nilai F (NAVFAC DM-7, 1971).....   | 28 |
| <b>Gambar 2. 7</b> Grafik Nilai Fm (NAVFAC DM-7, 1971).....  | 30 |
| <b>Gambar 2. 8</b> Grafik lolos saringan.....  | 33 |
| <b>Gambar 2. 9</b> Ilustrasi Pemasangan GSRW .....   | 35 |
| <b>Gambar 2. 10</b> GSRW Tipe 1 .....  | 36 |
| <b>Gambar 2. 11</b> Dimensi Panel GSRW Tipe 1 .....  | 36 |
| <br>   |    |
| <b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir .....  | 42 |
| <br>   |    |
| <b>Gambar 4. 1</b> Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 tahun.....  | 61 |
| <br>   |    |
| <b>Gambar 5. 1</b> Sketsa Kombinasi Timbunan dengan Mortar Busa.....   | 66 |
| <b>Gambar 5. 2</b> Ilustrasi Variable Dimensi Timbunan.....  | 68 |
| <b>Gambar 5. 3</b> Hubungan Hinitial dan Hfinal pad Timbunan Penuh Tanah pada STA 275 82   |    |
| <b>Gambar 5. 4</b> Hubungan Hinitial dan Hfinal pad Timbunan Penuh Tanah pada STA 275 83   |    |
| <b>Gambar 5. 5</b> Hubungan Hinitial dan Hfinal pad Timbunan Penuh Tanah pada STA 275 84   |    |
| <b>Gambar 5. 6</b> Hubungan Hinitial dan Hfinal pad Timbunan Penuh Tanah pada STA 275 85   |    |
| <b>Gambar 5. 7</b> Hubungan Hinitial dan Hfinal pad Timbunan Penuh Tanah pada STA 275 86   |    |
| <b>Gambar 5. 8</b> Grafik Rate of Settlement Timbunan Full Tanah Pada STA 275 .....  | 89 |
| <b>Gambar 5. 9</b> Grafik Hubungan Sc Tahun Pertama, Sc Tahun Kedua dan Sc Tahun Ketiga dengan Tinggi Mortar Busa Pada setiap Kombinasi Timbunan STA 275 ..... | 90 |
| <b>Gambar 5. 10</b> Grafik Rate of Settlement Timbunan Full Tanah Pada STA 275 .....   | 91 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Gambar 5. 11</b> Grafik Hubungan Sc Tahun Pertama, Sc Tahun Kedua dan Sc Tahun ketiga dengan Tinggi Mortar Busa Pada setiap Kombinasi Timbunan STA 275 dengan penggantian lapisan tanah setebal 1 meter. .... | 92  |
| <b>Gambar 5. 12</b> Grafik Perbandingan Sc Tahun Pertama Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah pada STA 275 .....   | 93  |
| <b>Gambar 5. 13</b> Grafik Perbandingan Sc Tahun Kedua Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah pada STA 275 .....   | 94  |
| <b>Gambar 5. 14</b> Grafik Perbandingan Sc Tahun Ketiga Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah pada STA 275 .....  | 95  |
| <b>Gambar 5. 15</b> Grafik antara SF dengan Tinggi Mortar Busa pada Timbunan tanah penuh STA 275 sisi trapesium .....  | 98  |
| <b>Gambar 5. 16</b> Diagram Tegangan Horizontal pada STA 325 .....   | 112 |
| <b>Gambar 5. 17</b> Hasil Analisa Overall Stability GSRW STA 325 .....   | 116 |

## DAFTAR TABEL

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabel 2. 1</b> Konsistensi Tanah (Tanah Dominan Lanau dan Lempung).....  | 12  |
| <b>Tabel 2. 2</b> Konsistensi Tanah (Tanah Dominan Pasir).....  | 12  |
| <b>Tabel 2. 3</b> Rumus Penambahan Tegangan Efektif $U < 100\%$ .....   | 25  |
| <b>Tabel 2. 4</b> Tabel ukuran saringan dan berat lolos saringan.....   | 33  |
|   |     |
| Tabel 4. 1 .....  | 47  |
| <b>Tabel 4. 2</b> Parameter Data Tanah pada STA 0-300 BH 03 (a) Data Tanah Volumetric dan Gravimetric (b) Data Tanah Consolidation (c) Data Tanah Kekuatan Tanah dan Atterberg Limits ..... | 48  |
| <b>Tabel 4. 3</b> Parameter Data Tanah pada STA 0-325 BH 05 (a) Data Tanah Volumetric dan Gravimetric (b) Data Tanah Consolidation (c) Data Tanah Kekuatan Tanah dan Atterberg Limits ..... | 49  |
| <b>Tabel 4. 4</b> Spesifikasi Material Timbunan.....  | 50  |
| <b>Tabel 4. 5</b> Rekap Perhitungan Pembebanan Timbunan .....   | 54  |
| <b>Tabel 4. 6</b> Rekap Beban Timbunan dan Kombinasi Mortar Busa pada STA 300 .....   | 57  |
| <b>Tabel 4. 7</b> Rekap Beban Timbunan dan Kombinasi Mortar Busa pada STA 325 .....   | 60  |
| <b>Tabel 4. 8</b> Tabel Nilai FPGA .....  | 61  |
|   |     |
| <b>Tabel 5. 1</b> .....   | 86  |
| <b>Tabel 5. 2</b> Rekapitulasi Hasil Perhitungan Hincial dan Sc Dengan Pergantian Tanah Dasar setebal 1 meter .....   | 87  |
| <b>Tabel 5. 3</b> Perhitungan Sc Per Tahun Pada Timbunan Full Tanah Pada STA 275 ...  | 89  |
| <b>Tabel 5. 4</b> Rekap Sc Pada Semua Kombinasi Timbunan STA 275.....   | 90  |
| <b>Tabel 5. 5</b> Perhitungan Sc Per Tahun Pada Timbunan Full Tanah Pada STA 275 tanpa Lapisan paling atas.....   | 91  |
| <b>Tabel 5. 6</b> Rekap Sc Pada Semua Kombinasi Timbunan STA 275 Dengan Penggantian Lapisan Dasar Setebal 1 meter.....  | 92  |
| <b>Tabel 5. 7</b> Rekap Sc Tahun Pertama pada Kombinasi Timbunan Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah Pada STA 275.....   | 93  |
| <b>Tabel 5. 8</b> Rekap Sc Tahun Kedua pada Kombinasi Timbunan Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah Pada STA 275 .....  | 94  |
| <b>Tabel 5. 9</b> Rekap Sc Tahun Ketiga pada Kombinasi Timbunan Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah Pada STA 275 .....   | 95  |
| <b>Tabel 5. 10</b> Hasil Iterasi Analisa Stabilitas Timbunan Tanah pada STA 275.....  | 96  |
| <b>Tabel 5. 11</b> Hasil Iterasi Analisa Stabilitas Miring sisi Trapesium pada Setiap Kombinasi Timbunan STA 275 .....  | 96  |
| <b>Tabel 5. 12</b> Hasil Iterasi Analisa Stabilitas Timbunan sisi Tegak pada Setiap Kombinasi Timbunan STA 275 .....  | 97  |
| <b>Tabel 5. 13</b> Tabel Jumlah Kebutuhan Cerucuk Tiap STA pada sisi Timbunan Trapesium .....   | 110 |
| <b>Tabel 5. 14</b> Tabel Jumlah Kebutuhan Cerucuk pada tiap STA sisi tegak .....  | 111 |
| <b>Tabel 5. 15</b> Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Internal GSRW STA 325, STA 300 dan STA 375 .....   | 114 |
| <b>Tabel 5. 16</b> Rekapitulasi Stabilitas GSRW Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa....  | 116 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Tabel 5. 17</b> Tabel Rekapitulasi Perhitungan Biaya Variasi Timbunan.....                     | 120        |
| <b>Tabel 5. 18</b> Rekapitulasi Biaya Cerucuk .....   | 121        |
| <b>Tabel 5. 19</b> Rekapitulasi Perhitungan Volume dan Biaya GSRW Setiap STA .....                | 122        |
| <b>Tabel 5. 20 Rekapitulasi Volume dan Biaya Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Pada STA 275.....</b>  | <b>123</b> |
| <b>Tabel 5. 21</b> Rekapitulasi Volume dan Biaya Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Pada STA 300 ..... | <b>123</b> |
| <b>Tabel 5. 22</b> Rekapitulasi Volume dan Biaya Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Pada STA 325 ..... | <b>123</b> |

*(Halaman sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Krian merupakan salah satu kecamatan yang terletak di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, lebih pastinya berada 20 km sebelah barat daya Surabaya. Jika dilihat dari segi geografis, Krian merupakan kecamatan yang terletak pada lokasi yang strategis karena berada di antara Kota Surabaya (Timur), Sidoarjo (Selatan), Gresik (Utara), dan Mojokerto (Barat). Hal tersebut menyebabkan Krian menjadi kecamatan yang sangat strategis dari segi transportasi karena merupakan salah satu Jalan Negara dari Surabaya – Jakarta via Jalur Selatan (Surabaya – Madiun – Solo – Semarang / Jogja – Bandung – Jakarta). Karena lokasinya yang strategis, Krian mampu menarik perhatian perusahaan – perusahaan untuk membangun pabrik mereka di Krian. Akhirnya roda perekonomian masyarakat Krian tergerak karena banyak pabrik – pabrik besar yang berdiri disana. Dengan banyaknya pabrik yang berada di Krian dibutuhkan akses jalan raya yang memadai untuk. Oleh karena itu, Pemerintah Kabupaten Sidoarjo berupaya untuk menyediakan jalan yang bisa memfasilitasi kebutuhan di Krian dengan membangun *Flyover* di pusat Kecamatan Krian.

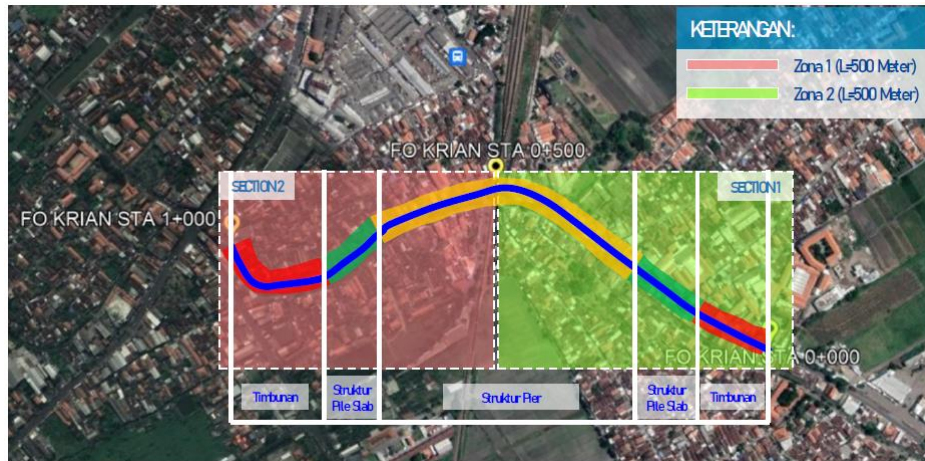
Titik tempat dibangunnya *flyover* berada di antara Jalan Raya Moh. Yamin, Jalan Kyai Mojo, dan Jalan Setiabudi (Gambar 1.1), dimana pada titik tersebut kerap dihiasi dengan kemacetan yang cukup parah sampai bisa mengular sepanjang dua kilometer di tiap sisinya. Kemacetan tersebut terjadi akibat di lokasi proyek (Gambar 1.2) terdapat sungai, bangunan liar, bangunan penduduk, perempatan, dan perlintasan kereta api. *Flyover* yang dibangun pada perlintasan sebidang ini merupakan rencana tepat upaya penanganan kemacetan secara menyeluruh serta berkelanjutan yang didukung dengan adanya rekayasa lalu lintas sebagai pengendalian kemacetan dan juga upaya untuk meningkatkan keselamatan perlintasan sebidang pada jalur ganda antara Mojokerto – Sepanjang.





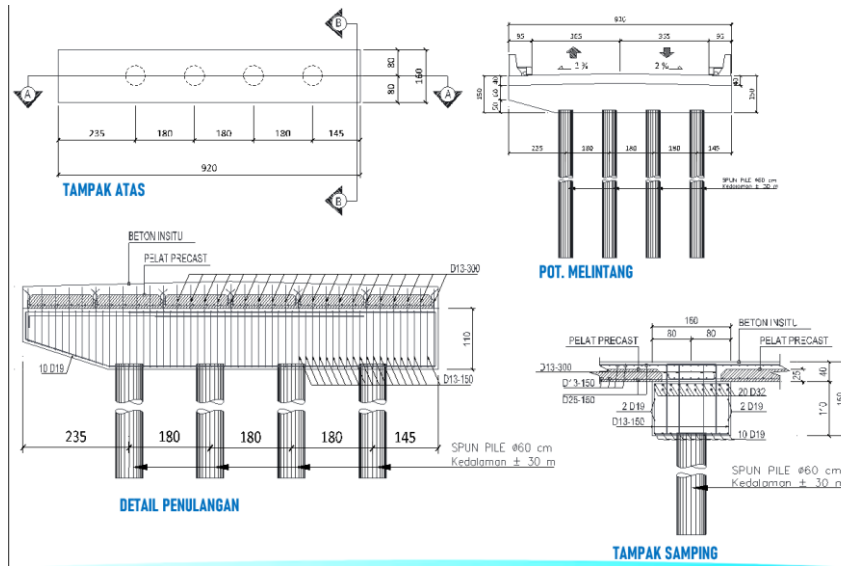
**Gambar 1. 1** Lokasi Proyek Pembangunan Flyover Pengganti JPL 64 KM38+897 Lintas Surabaya – Solo (Paket : FOMS 1)  
(Sumber: PT. Wijaya Karya – Dhamba KSO)

Paket pekerjaan pembangunan Flyover Pengganti JPL 64 KM 38+897 Lintas Surabaya – Solo (Paket: FOMS-1) merupakan proyek yang sangat diperhatikan oleh Pemerintah Kabupaten Sidoarjo karena dianggap bisa menjadi solusi dari kemacetan di Krian. Proyek ini memiliki nilai sebesar Rp157.113.547.000 dengan kontraktor PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. – PT. DAMBHA PRIMA UTAMA KSO. Pekerjaan dimulai pada tanggal 28 Juli 2022 dengan masa konstruksi 522 hari kalender dan masa pemeliharaan 365 hari kalender. Pekerjaan pada proyek ini dibagi menjadi 2 zona (Gambar 1.3) dan masing2 zona mencakup pekerjaan umum, pekerjaan sipil, pekerjaan bangunan jembatan, dan pembangunan atas jembatan.



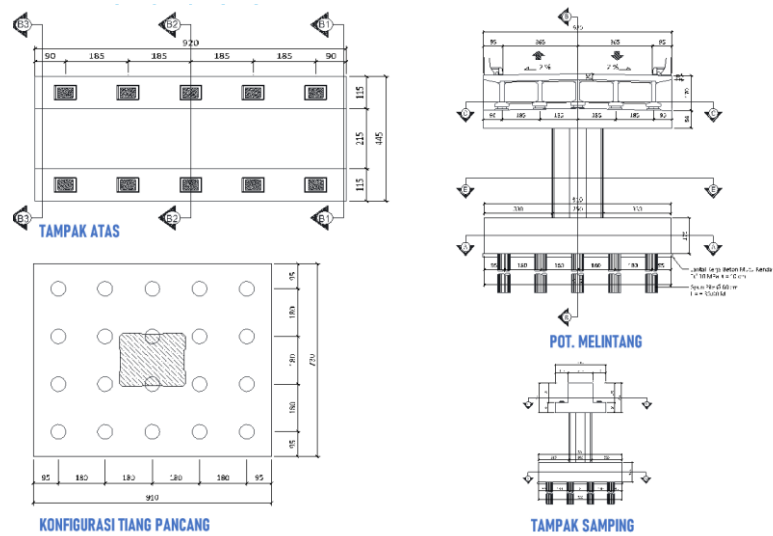
**Gambar 1. 2** Pembagian Zona dan Detail Pekerjaan Proyek Pembangunan Flyover Pengganti JPL 64 KM38+897 lintas Surabaya – Solo (Paket : FOMS 1)  
(Sumber: PT. Wijaya Karya – Dhamba KSO)

Perencanaan eksisting dari flyover ini adalah stuktur pile slab dan struktur pier. Untuk struktur pile slab, Pilehead Beton K-350 setebal 110 mm digunakan pada struktur atas; sedangkan untuk struktur bawahnya digunakan *Concrete Spun Pile* sebanyak empat titik yang dipasang sampai dengan kedalaman 42 meter (**Gambar 1.4**).—Struktur Pier direncanakan menggunakan PCI Girder K-600 sepanjang 21,8 m dan In-Situ Slab K-300 dengan ketinggian 25 cm. Untuk menopang struktur atas, digunakan *Concrete Spun Pile* sebanyak 30 titik dengan kedalaman m. Selain itu, digunakan juga Footing Pier K-350, Kolom Pier K-350 dan Pierhead K-350 dengan detail pada **Gambar 1.5**. Dasar perencanaan menggunakan pondasi dalam pada proyek flyover ini adalah adanya lapisan tanah lunak yang ketebalannya variatif, berkisar antara 4-16 m, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.6.



**Gambar 1. 3** Detail perencanaan struktur pile slab

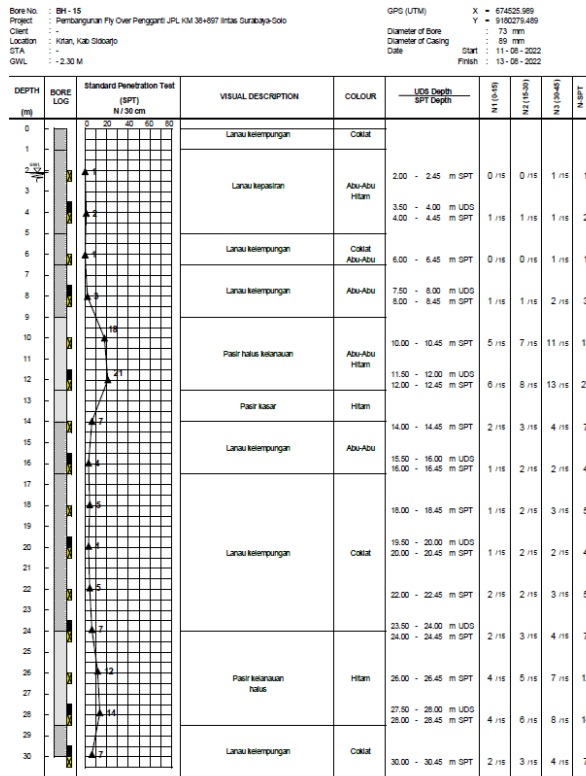
(Sumber : PT Wijaya Karya – DHAMBA KSO)



**Gambar 1. 4** Detail perencanaan struktur pier

(Sumber : PT. Wijaya Karya – DHAMBA KSO)

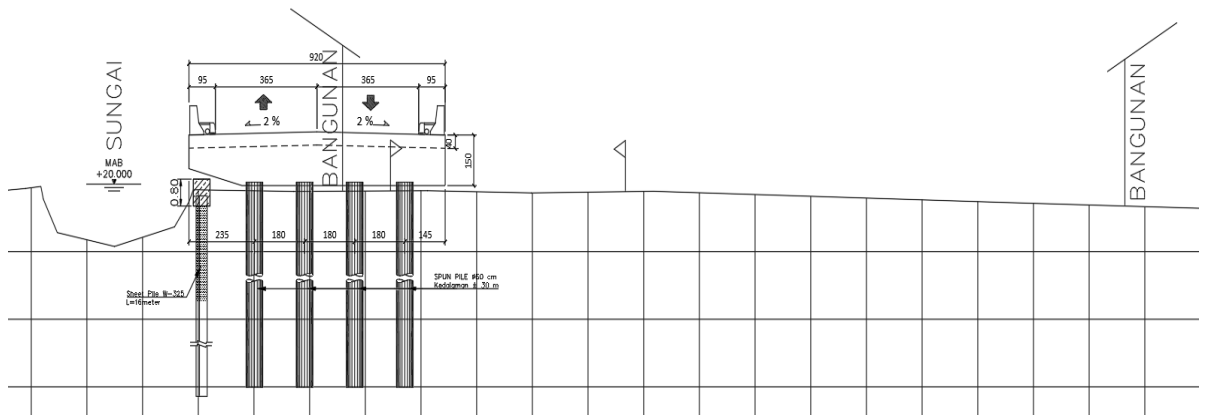
**BORE LOG**



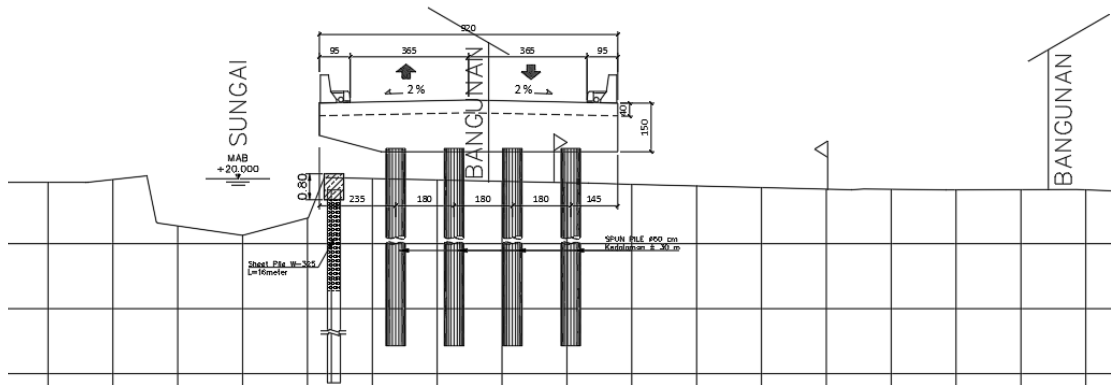
**Gambar 1.5** Hasil Uji *Boring* pada Section 1

(Sumber : PT. Wijaya Karya – Dhamba KSO)

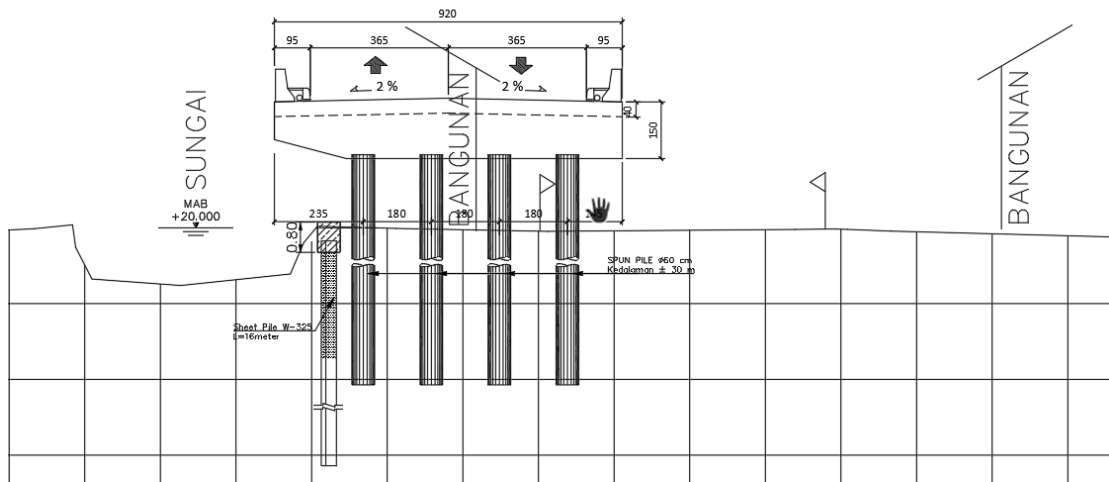
Pemasangan pondasi *Concrete Spun Pile* dilakukan dengan menggunakan *Diesel Hammer* yang guncangannya mengakibatkan banyak rumah warga mengalami kerusakan. Sebagai akibatnya, kontraktor harus bertanggung jawab atas kerusakan tersebut dengan cara memperbaiki kerusakan setelah semua tahap pemancangan berakhir. Selain itu, pada proses pemancangan *Concrete Spun Pile* pada titik Pile slab 8, *Concrete Spun Pile* yang dipancang hanya mampu terpancang sedalam 30 m, yang seharusnya sedalam 42 m sehingga tiang harus dipotong sepanjang 12 m. Untuk detail potongan melintang STA 275 dapat dilihat pada **Gambar 1.6**, STA 300 pada **Gambar 1.7** dan STA 325 pada **Gambar 1.8**. Sedangkan untuk lokasi yang ditinjau dapat dilihat pada Gambar 1.9



**Gambar 1. 6** Potongan Melintang STA 275  
 (Sumber : PT. Wijaya Karya Tbk., 2022)

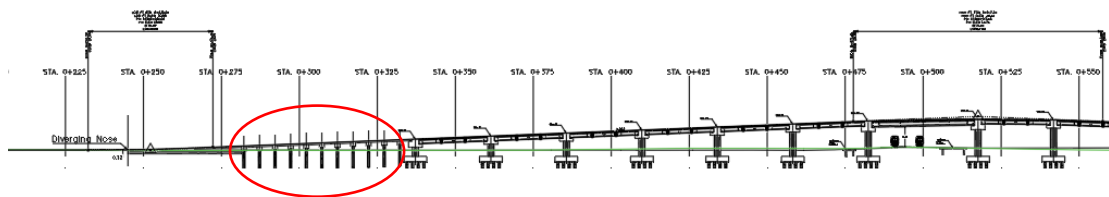


**Gambar 1. 7** Potongan Melintang STA 300  
 (Sumber : PT. Wijaya Karya., 2022)



**Gambar 1. 8** Potongan Melintang STA 325

(Sumber : PT. Wijaya Karya Tbk., 2022)



**Gambar 1. 9** Titik Lokasi yang Ditinjau

(Sumber : PT. Wijaya Karya Tbk., 2022)

Berdasarkan uraian —diatas, dapat disimpulkan bahwa pelaksanaan pemancangan *Concrete Spun Pile* sangat berdampak terhadap rumah warga yang ada di sekitar proyek. Oleh sebab itu, sangat perlu direncanakan struktur alternatif sebagai pengganti dari struktur pile slab, dengan menggunakan timbunan tanah sirtu sepenuhnya atau timbunan material ringan mortar busa atau timbunan kombinasi material ringan mortar busa dengan tanah sirtu. Selain merencanakan alternatif pondasi dengan timbunan juga dilakukan perhitungan biaya, waktu pelaksanaan dan keamanan pada ketiga alternatif tersebut. Kemudian nantinya akan digunakan alternatif timbunan yang paling efektif dari segi kekuatan, biaya, waktu

pelaksanaan dan kemanaan. Setelah itu alternatif timbunan yang paling efektif akan dibandingkan dengan pondasi eksisting yang digunakan pada pelaksanaan proyek.

Selain itu juga direncanakan GSRW. Dimana GSRW digunakan pada sisi approach yang bersebelahan langsung dengan sungai

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian diatas, permasalahan utama yang harus diselesaikan adalah merencanakan struktur alternatif pengganti struktur pile slab dengan material timbunan ringan (*mortar busa*) merencanakan alternatif pondasi dalam berupa *bored pile* sehingga tidak memerlukan pemancangan saat konstruksi. Adapun rincian masalah yang perlu diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perencanaan timbunan tanah sirtu sepenuhnya?
2. Bagaimana perencanaan dengan timbunan mortar busa sepenuhnya?
3. Bagaimana perencanaan dengan timbunan kombinasi tanah sirtu dan mortar busa dan perencanaan perkuatannya?
4. Bagaimana perkuatan timbunan tegak dengan GSRW?
5. Bagaimana dengan biaya alternatif perencanaan?
6. Mana perencanaan alternatif timbunan yang paling efektif dari segi biaya?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah diperlukan agar pembahasan dalam tugas akhir ini tidak meluas. Berikut adalah batasan masalah dalam tugas akhir ini:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder.
2. Geometri dan perkerasan jalan dari jembatan tidak direncanakan.
3. Letak pondasi *slab on pile* yang ditinjau berada pada titik PS 1 – PS 15 STA 0+250 sampai STA 0+350
4. Perhitungan biaya hanya untuk kebutuhan material saja dan tidak memperhitungkan mengenai metode pelaksanaan.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dibuatnya tugas akhir ini adalah merencanakan alternatif pengganti struktur *pile slab* dengan material timbunan ringan (*mortar busa*) dan untuk menentukan alternatif timbunan mana yang paling efektif dari segi biaya, pelaksanaan, dan keamanan pada Proyek Pembangunan Flyover Pengganti JPL 64 KM 38+897 Lintas Surabaya – Solo.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak, sebagai berikut:

1. Sebagai metode alternatif pengganti *concrete spun pile* yang lebih optimal dalam aspek biaya dan kesejahteraan penduduk sekitar proyek pada Proyek Pembangunan *Flyover* Pengganti JPL 64 KM 38+897 Lintas Surabaya – Solo.
2. Sebagai salah satu referensi literatur untuk merencanakan metode pembangunan jembatan utamanya *flyover*.

## **BAB II**



## DASAR TEORI

### 2.1 Tanah dan Karakteristik Tanah

Tanah dasar akan menerima beban pada bangunan di atasnya seperti beban timbunan, jalan, struktur bangunan, dll. Dalam hal ini tanah dasar harus mampu menahan seluruh beban yang terjadi. Material tanah tersusun dari campuran butiran – butiran mineral dan kandungan bahan organik disertai dengan endapan. Pada umumnya tanah terdiri dari 3 (tiga) komponen yaitu air, udara, dan partikel padat dimana air dan udara ini akan saling mengisi ruang kosong di antara partikel padat tersebut. Terdapat beberapa jenis tanah yang ada pada lapisan tanah dasar seperti tanah Lempung dan Pasir.

Tanah lempung merupakan tanah yang dapat mengalami penyusutan (Shrinkage) dan pengembangan (Swelling). Tanah lempung memiliki sifat pemampatan yang besar dan memerlukan waktu yang lama. Hal ini yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi bangunan di atas tanah dasar seiring dengan berjalannya waktu

### 2.2 Analisa Parameter Tanah

#### 2.2.1 Klasifikasi Tanah

Penggolongan tanah menurut ciri karakteristik yang membuat perbedaan setiap jenis tanah. Sistem klasifikasi tanah yang ada di dunia ini terdapat berbagai jenis, karena banyak negara yang mengembangkan sendiri sistem klasifikasi tanah, berikut adalah beberapa sistem klasifikasi tanah yang digunakan yaitu :

- a. Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)
- b. AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

Beberapa jenis tanah dibagi menjadi tiga kelompok utama berdasarkan ukuran butirannya yaitu :

- a. Partikel kasar kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*)
- b. Partikel halus seperti lanau (*silt*) dan lempung (*clay*)
- c. Tanah dengan kadar organik tinggi seperti tanah gambut

Tanah memiliki parameter – parameter penting yaitu berat volume ( $\gamma$ ), sudut geser tanah, dan kohesi tanah ( $C$ ). Kohesi tanah adalah kemampuan daya rekat antar partikel tanah dengan partikel tanah lainnya. Sifat lekat tanah juga dibedakan menjadi tanah kohesif dan tanah non – kohesif. Tanah kohesif merupakan tanah yang memiliki sifat lekat antara butirannya seperti lanau dan lempung. Sedangkan tanah non – kohesif tidak memiliki kemampuan lekat seperti kerikil dan pasir.

Sudut geser tanah adalah sudut yang terbentuk pada partikel – partikel dalam tanah akibat adanya beban yang muncul. Tanah kohesif cenderung tidak memiliki sudut geser tanah, sedangkan tanah non – kohesif memiliki sudut geser tanah. Perilaku dan konsistensi tanah dari jenis ini pula berbeda satu sama lainnya.

### 2.2.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data N-SPT

Dalam perencanaan suatu pekerjaan perbaikan tanah dibutuhkan data tanah yang memadai. Tetapi pada saat pengumpulan data dapat terjadi kekurangan data tanah, sehingga perlu dilakukan koreksi nilai dari parameternya untuk menentukan parameter – parameter lainnya.

Dari nilai  $N$  – SPT akan dilakukan koreksi nilai  $N$  untuk tanah lempung atau pasir berlanau di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi  $N'$  berdasarkan perumusan sebagai berikut: (Terzhagi dan Peck)

$$N' = 15 + 0.5 (N-15), \text{ untuk } N > 15 \quad (2.1)$$

$$N' = 1,25 \text{ untuk gravel atau sandy gravel} \quad (2.2)$$

Dimana:

$N$  : Jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah

Untuk menentukan konsistensi tanah dengan menggunakan harga tahanan konus/ $N$ -SPT dapat menggunakan **Tabel 2.1**. Hubungan antara konsistensi terhadap tekanan konus, *undrained cohesion* dan *internal friction* sebanding dimana semakin tinggi nilai  $c$ ,  $\phi$  dan  $q_c$  maka semakin keras tanah tersebut.

**Tabel 2. 1** Konsistensi Tanah (Tanah Dominan Lanau dan Lempung)

| Konsistensi Tanah        | Taksiran Harga Kekuatan Geser Undrained, Cu |                    | Taksiran an Harga SPT, harga N | Taksiran Harga Tahanan Conus, qc (Dari Sondir) |              |
|--------------------------|---|--------------------|--------------------------------|--|--------------|
|                          | Kpa   | ton/m <sup>2</sup> |                                | kg/cm <sup>2</sup>                             | Kpa          |
| Sangat Lunak (Very Soft) | 0 – 12.5                                    | 0 – 1.25           | 0 – 2.5                        | 0 – 10   | 0 – 1000     |
| Lunak (Soft)             | 12.5 – 25                                   | 1.25 – 2.5         | 2.5 – 5                        | 10 – 20  | 1000 – 2000  |
| Menengah (Medium)        | 25 – 50                                     | 2.5 – 5            | 5 – 10                         | 20 – 40  | 2000 – 4000  |
| Kaku (Stiff)             | 50 – 100                                    | 5 – 10             | 10 – 20                        | 40 – 75  | 4000 – 7500  |
| Sangat Kaku (Very Stiff) | 100 – 200                                   | 10 – 20            | 20 – 40                        | 75 – 150                                       | 7500 – 15000 |
| Keras (Hard)             | > 200                                       | > 20               | > 40                           | > 150  | > 15000      |

Sumber : Mochtar (2006)

Begitu pula dengan hubungan antara kepadatan dengan *relative density*, nilai N-SPT, qc dan  $\phi$  adalah sebanding. Hal ini dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2. 2** Konsistemi Tanah (Tanah Dominan Pasir)

| Kondisi Kepadatan           | Relative Density (Kepadatan Dr (%) | Density Relatif | Taksiran Harga SPT, harga N | Perkiraan an Harga $\phi$ (°) | Perkiraan n Berat Volume Jenuh ysat t/m <sup>3</sup> |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|--|
| Sangat Renggang (Very Lose) | 0 – 15                             |                 | 0–4                         | 0 – 28                        | < 1.6  |
| Renggang (Loose)            | 15 – 35                            |                 | 4 – 10                      | 28 – 30                       | 1.5 – 2  |
| Menengah (Medium)           | 35 – 65                            |                 | 10 – 30                     | 30 – 36                       | 1.75 – 2.1   |
| Rapat (Dense)               | 65– 85                             |                 | 30 – 50                     | 36 – 41                       | 1.75 – 2.25  |
| Sangat Rapat (Very Dense)   | 85 – 100                           |                 | > 60                        | 41                            |  |

Sumber: Mochtar (2009)

Rumus empiris yang digunakan adalah rumus untuk mencari nilai dari indeks pemampatan ( $C_c$ ) dan indeks mengembang ( $C_s$ ). Indeks pemampatan dan indeks mengembang ini digunakan untuk menghitung besarnya pemampatan yang terjadi di lapangan sebagai akibat dari konsolidasi. Rumus empiris yang digunakan berdasarkan dari penelitian yang dikembangkan oleh Rendon-Herrero (1980) yaitu sebagai berikut:

$$C_c = 0,30 (e_0 - 0,27) \quad (2.3)$$

$$C_s = 1/5 \text{ sampai } 1/10 C_c \quad (2.4)$$

Keterangan :

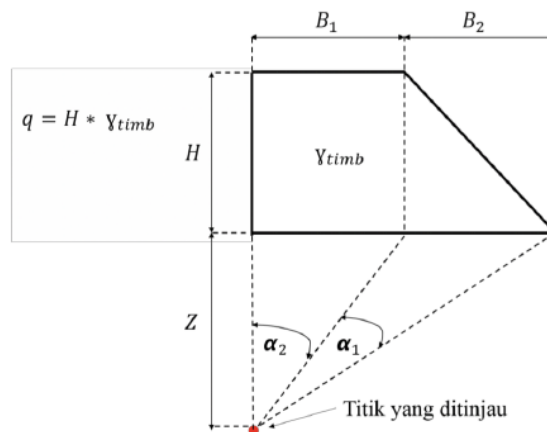
- Cc = Indeks kompresi
- Cs = Indeks mengembang
- e0 = Angka pori

### 2.3 Distribusi Tegangan pada Tanah Dasar

Beban yang digunakan antara lain adalah beban timbunan, beban pavement, dan beban lalu lintas yang nanti akan diletakkan diatas tanah dasar akan mengakibatkan tambahan tegangan yang terdistribusi secara berbeda pada tiap lapisan tanah dasar.

#### 2.3.1 Beban Timbunan

Perhitungan beban timbunan pada **Gambar 2.1** dapat menggunakan rumusan Braja Das (1990) dan **Gambar 2.1**.



**Gambar 2. 1** Rumusan distribusi pembebanan timbunan bentuk trapesium

(Sumber : Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, Noor Endah Mochtar, 2012)

$$\Delta\sigma = \frac{q}{\pi} \times \left[ \left\{ \frac{(B1+B2)}{B2} \times (\alpha1 + \alpha2) \right\} - \frac{B1}{B2} \times \alpha2 \right] \quad (2.5)$$

dengan:

$\Delta\sigma$  : besar tegangan pada titik yang ditinjau (ton/m<sup>2</sup>)

Q : beban timbunan = H timbunan x  $\gamma$  timbunan  
(ton/m<sup>2</sup>)

$\pi$  : 180°

B1 : ½ lebar timbunan  
(m)

B2 : Panjang proyeksi horizontal kemiringan lereng  
(m)

$\alpha_1$  :  $\arctan^{-1} \left( \frac{B_1+B_2}{Z} \right) - \alpha_2$   
(Derajat)

$\alpha_2$  :  $\arctan^{-1} \left( \frac{B_1}{Z} \right)$   
(Derajat)

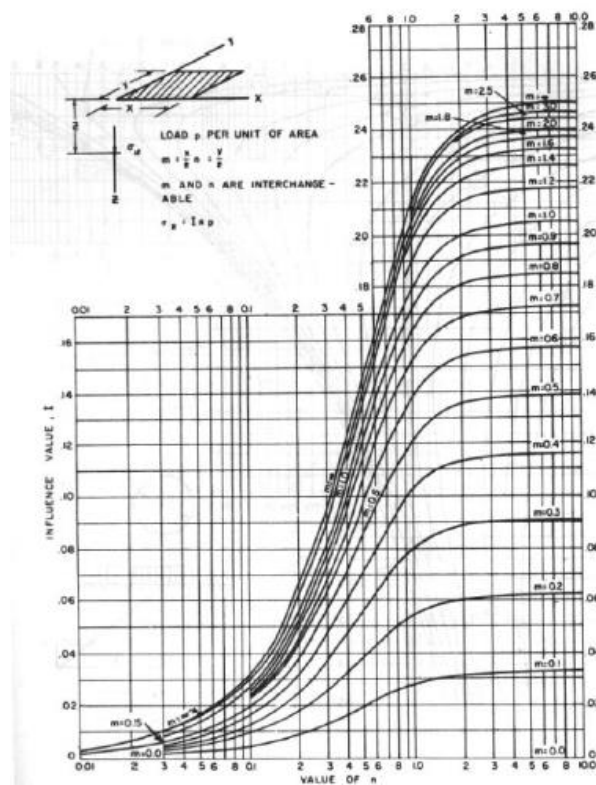
Perlu diperhatikan yaitu  $\Delta\sigma$  yang diperoleh adalah untuk ½ dari bentuk timbunan sehingga bentuk timbunan yang simetris maka nilai  $\Delta\sigma$  yang diperoleh harus dikali dua sehingga berubah menjadi :

$$2\Delta\sigma = 2 \times \Delta\sigma$$

(2.6)

### 2.3.2 Beban Pavement

Perhitungan beban pavement pada **Gambar 2.2** yang merata dapat menggunakan grafik dari NAVFAC DM-7 (1970)



**Gambar 2. 2** Grafik faktor distribusi beban merata bentuk persegi (Sumber: Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, Noor Endah Mochtar, 2012)

$$\Delta\sigma = 4 \times I \times q$$

dengan :

$\Delta\sigma$  : besar tegangan pada titik yang ditinjau (ton/m<sup>2</sup>)

Q : beban pavement =  $\gamma_t$  pavement x H pavement (ton/m<sup>2</sup>)

I : faktor distribusi beban merata bentuk persegi < 0,25

### 2.3.3 Beban Lalu Lintas

Perhitungan beban lalu lintas diasumsikan memiliki beban  $q = 1.5 \text{ t/m}^2$

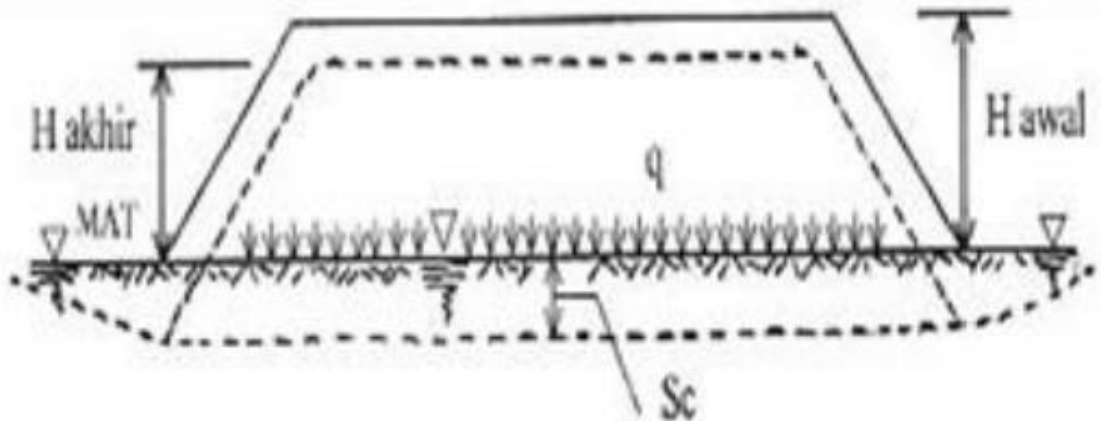
### 2.4 Perhitungan Tinggi Timbunan

Dalam menghitung tinggi timbunan salah satu faktor yang memengaruhi adalah pemampatan. Pemampatan sendiri bisa dipercepat jika menggunakan pra-

pembebanan (*pre-loading*) dan beban tambahan (*surcharge*). Dua metode *preloading* yang umum digunakan adalah :

- Meningkatkan tegangan efektif tanah
- Menurunkan tegangan air pori

. . Sedangkan untuk menghitung tinggi timbunan awal (*Hinitial*) dicari dengan menggunakan persamaan 2.



**Gambar 2.3** Kedudukan Timbunan Saat Mengalami Penampatan

Sumber: (Mochtar,2013)

$$q = (H_{initial} - S_c) * \gamma_{timb} + S_c * \gamma_{timb}$$

$$q = (H_{initial} * \gamma_{timb}) - (S_c * \gamma_{timb}) + (S_c * \gamma'_{timb})$$

$$H_{initial} = \frac{(q + (S_c * (\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})))}{\gamma_{timb}} \quad (2.7)$$

$$H_{akhir} = H_{initial} - S_c \quad (2.8)$$

Dimana

$H_{initial}$  = tinggi timbunan awal

$H_{akhir}$  = tinggi timbunan akhir

$S_c$  = total penurunan tanah akibat timbunan setinggi H

$\gamma'_{timb}$  = berat volume efektif material timbunan

Bila  $\gamma'_{sat} = \gamma'_{timb}$ , maka :

$$q = (H_{initial} * \gamma'_{timb}) - (Sc * \gamma_w)$$

$$H_{initial} = \frac{(q + (Sc * \gamma_w))}{\gamma_{timb}} \quad (2.9)$$

#### 2.4.1 Tinggi Timbunan Awal ( $H_{initial}$ ) dan Tinggi Timbunan Akhir ( $H_{final}$ ) pada Variasi Menggunakan Mortar Busa

Tinggi timbunan awal ( $H_{initial}$ ) pada variasi timbunan dengan menggunakan material mortar busa. Dalam variasi material timbunan direncanakan 5 variasi setiap STA, terdapat 3 lapis material yaitu : tanah sirtu, subbase mortar busa, base mortar busa.

$$\begin{aligned} H1 &= 0,2 \\ H2 &= (X \times H_{awal} - 0,2) \\ H3 &= H_{awal} - Sc - 0,2 - H2 \\ H4 &= Sc \end{aligned} \quad (2.10)$$

Keterangan :

- H1 : Tinggi timbunan base mortar busa
- H2 : Tinggi timbunan subbase mortar busa
- H3 : Tinggi timbunan tanah sirtu
- H4 : Tinggi pemampatan yang terjadi
- q1 =  $0,2 \times \gamma$  base mortar busa
- q2 =  $H2 \times \gamma$  subbase mortar busa
- q3 =  $H3 \times \gamma$  timbunan
- q4 =  $Sc \times \gamma'$  timbunan

(2.11)



## 2.5 Pemampatan Tanah Dasar

Pembebanan di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan tanah dasar mengalami pemampatan. Pemampatan (*settlement*) pada lapisan tanah dapat dibagi dalam dua kelompok yaitu:

a. Pemampatan Konsolidasi (*consolidation settlement*)

Merupakan hasil dari perubahan pada volume tanah yang jenuh air yang merupakan hasil dari keluarnya air yang berada di ruang pori tanah. Pemampatan konsolidasi umumnya dibagi menjadi konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder.

b. Pemampatan Segera (*immediate settlement*)

Akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh tanpa adanya perubahan kadar air.

Wahyudi (1997) menjelaskan bahwa besar pemampatan tanah total ( $S_{tot}$ ) adalah:

$$S_{tot} = S_i + S_{cp} + S_{cs} + S_{lat} \quad (2.12)$$

Keterangan:

$S_{tot}$  : Pemampatan total / *total settlement*

$S_i$  : Pemampatan segera / *immediate settlement*

$S_{cp}$  : Pemampatan konsolidasi primer

$S_{cs}$  : Pemampatan konsolidasi sekunder

$S_{lat}$  : Pemampatan akibat gaya tanah lateral

Pada perhitungan penurunan tanah,  $S_{cs}$  umumnya diabaikan (relatif sangat kecil) dan  $S_{lat}$  jarang dihitung.

### 2.5.1 Pemampatan Konsolidasi / *Consolidation Settlement*

Tekanan air pori meningkat dikarenakan beban di atas lapisan tanah dasar terutama yang jenuh air sehingga air akan berusaha keluar dari pori – pori tanah. Pemampatan tanah tersebut disebut sebagai pemampatan konsolidasi primer. Tanah pada titik kedalaman tertentu biasanya telah mengalami tegangan efektif pra

konsolidasi, yaitu tegangan efektif terbesar yang pernah dialami di masa lalu. Tegangan efektif pra – konsolidasi dapat bernilai lebih kecil atau sama dengan tegangan *overburden* efektif saat ini. Ada 2 kategori jenis tanah berdasarkan pada sejarah tegangan yang dimiliki yaitu :

a. NC (*Normally Consolidated*) Soil

Tegangan *overburden* efektif saat ini merupakan tegangan terbesar yang pernah dialami oleh tanah tersebut.

b. OC (*Over Consolidated*) Soil

Tegangan *overburden* efektif saat ini lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah sebelumnya. Kategori tersebut bergantung dari angka *Over Consolidation Ratio (OCR)* yang didefinisikan sebagai berikut:

$$OCR = \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \quad (2.13)$$

Keterangan:

$\sigma_c'$  : Tegangan efektif pra – konsolidasi

$\sigma_o'$  : Tegangan *overburden* efektif

NC – Soil mempunyai angka  $OCR = 1$  dan OC – Soil mempunyai angka  $OCR > 1$ . Secara umum besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah lunak setebal H meter dapat dihitung dengan persamaan (Das, 1985) yaitu :

a. Besar pemampatan untuk tanah NC :

$$S_{ci} = \frac{H}{1+e_0} \left[ Cc \log \left( \frac{\sigma' + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \right) \right] \quad (2.14)$$

b. Besar pemampatan untuk tanah OC :

Bila  $(\sigma' + \Delta\sigma) \leq \sigma'_oc$

$$S_{ci} = \frac{H}{1+e_0} \left[ Cs \log \left( \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \right) \right] \quad (2.15)$$

Bila  $(\sigma' + \Delta\sigma) \geq \sigma'_oc$

$$S_{ci} = \left[ \frac{H}{1+e_0} Cs \log \left( \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} \right) \right] + \left[ \frac{H}{1+e_0} Cc \log \left( \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \right) \right] \quad (2.16)$$

Keterangan :

- Sci : Besar Pemampatan
- Hi : Tebal lapisan tanah ke-i
- e0 : Angka pori awal
- Cc : Indeks pemampatan dari lapisan ke-i
- Cs : Indeks mengembang dari lapisan ke-i
- $\sigma'o$  : Tegangan *overburden* efektif (*effective overburden pressure*)
- $\sigma c'$  : Tegangan pra – konsolidasi
- $\Delta\sigma$  : Penambahan tegangan vertikal

Tegangan *overburden* efektif adalah tegangan vertikal efektif dari lapisan tanah asli akibat beban / lapisan tanah di atas titik tanah asli yang ditinjau. Tegangan *overburden* efektif didapatkan dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma'o = \gamma'x H \quad (2.17)$$

Keterangan:

- $\gamma'$  : berat jenis efektif tanah ( $\gamma_{sat} - \gamma_w$ )
- H : kedalaman lapisan tanah hingga titik yang ditinjau

Semua persamaan pemampatan konsolidasi berlaku untuk lapisan tanah yang *compressible* / mudah mampat.

### 2.5.2 Pemampatan Segera / *Immediate Settlement*

Dalam perhitungan pemampatan segera, Biarez menyajikan suatu formula sederhana untuk menghitung besarnya pemampatan segera dari tanah yang berlapis – lapis sesuai dengan persamaan (2.43) berikut:

$$S_i = q \sum_i \left( \frac{h_i}{E_i'} \right) \quad (2.18)$$

Keterangan:

- Q : Tegangan di permukaan tanah akibat *surchage*
- Hi : Tebal lapisan tanah ke-i
- E'I : Modulus oedometrik pada lapisan ke-i

## 2.6 Waktu Pemampatan Tanah Dasar

Proses pemampatan dari tanah lempung yang tebal cenderung berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Perbandingan antara pemampatan tanah yang terjadi pada saat  $t$  dengan pemampatan total yang terjadi disebut dengan derajat konsolidasi. Nilai derajat konsolidasi antara 0 – 100 % yang diformulasikan yaitu :

$$U = \frac{St}{S} \times 100\% \quad (2.19)$$

Keterangan :

U : Derajat konsolidasi

St : Pemampatan pada saat  $t$

S : Pemampatan total yang terjadi

Derajat konsolidasi (U) juga dapat diperoleh dengan persamaan yaitu:

a. Untuk U antara 0 – 60%

$$Uv = \left( \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \right) \times 100\% \quad (2.20)$$

b. Untuk  $U > 60\%$

$$Uv = (100 - a)\% \quad (2.21)$$

dimana nilai  $a$  yaitu :

$$a = \frac{1.781 - Tv}{0.993} \quad (2.22)$$

Keterangan :

Uv : Derajat konsolidasi vertikal pada umur rencana

Tv : Faktor waktu konsolidasi

Sebaliknya, jika diketahui derajat konsolidasi U maka faktor waktu Tv dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

a. Untuk U antara 0 – 60%

$$Tv = \frac{\pi}{4} \left( \frac{U\%}{100} \right)^2 \quad (2.23)$$

b. Untuk  $U > 60\%$

$$Tv = 1,781 - 0.933 \log(100 - U\%) \quad (2.24)$$

Pemampatan konsolidasi pada tanah dasar yang terjadi disebabkan karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous, yaitu ke atas atau ke bawah saja (single drainage) atau ke atas dan ke bawah (double drainage). Waktu konsolidasi (Terzaghi dalam Das, 1985) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$t = \frac{T(Hdr)^2}{Cv} \quad (2.25)$$

Keterangan :

$H_i$  : Tebal lapisan tanah ke – i

$T$  : Faktor waktu

$Hdr$  : Panjang aliran air (drainage)

$Cv$  : Koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal

Dalam kasus yang lain untuk tanah yang memiliki banyak lapis dengan ketebalan yang berbeda – beda, harga  $Cv$  gabungan dapat ditentukan dengan formula berikut :

$$Cv_{gabungan} = \frac{[H_1+H_2+\dots+H_n]^2}{\left[ \frac{H_1}{\sqrt{Cv_1}} + \frac{H_2}{\sqrt{Cv_2}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{Cv_n}} \right]^2} \quad (2.26)$$

Keterangan :

$H_i$  : Tebal lapisan tanah ke – i

$Cv$  : Nilai  $Cv$  pada lapisan ke – i

## 2.7 Percepatan Waktu Pemampatan Tanah Dasar

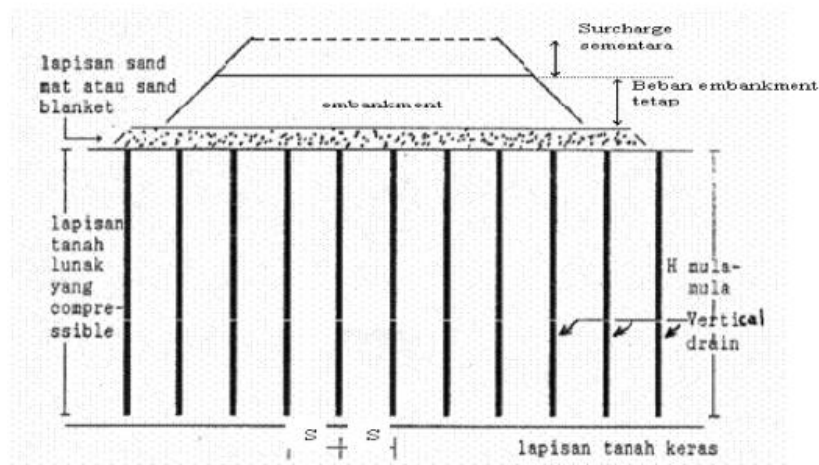
Pemampatan yang terjadi dapat membutuhkan waktu yang sangat lama, terutama lapisan tanah dasarnya merupakan lapisan kohesif yang memiliki sudut

geser yang sangat kecil, sehingga dibutuhkan percepatan waktu pemampatan dalam proses

konsolidasi tanah. Metode untuk mempercepat waktu konsolidasi adalah dengan memakai PVD (*Prefabricated vertical drain*) dan *Vacuum Pre-loading*

### 2.7.1 PVD (Prefabricated Vertical Drain)

Pemasangan vertical drain mempunyai tujuan untuk mempercepat waktu pemampatan tanah dasar dengan cara mengeluarkan air dari dalam tanah sehingga tanah lebih cepat memadat. Hal ini dilakukan karena pemampatan konsolidasi yang terjadi pada tanah lunak berlangsung sangat lama. Dengan adanya vertical drain, maka air pori tanah tidak hanya mengalir keluar ke arah vertikal, tetapi juga ke arah horizontal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12 di bawah ini



**Gambar 2. 4** Pemasangan Vertical Drain

*Vertical drain* umumnya terbuat dari:

- a. Kolom Pasir (*sand drain*)

*Vertical drain* yang terbuat dari tiang – tiang pasir yang dimasukkan ke dalam tanah dengan bantuan pipa getar.

- b. *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

PVD umumnya terbuat dari bahan geosintetik yang diproduksi terlebih dahulu di tempat fabrikasi. PVD ini terbuat dari bahan yang dapat mengalirkan air dengan baik, walaupun masa efektif PVD hanya selama 6

bulan. PVD lebih umum dipakai dibandingkan kolom pasir karena kolom pasir cenderung lebih mahal dan pemasangannya jauh lebih rumit.

Waktu pemampatan konsolidasi yang dibutuhkan dengan memakai PVD menurut Baron (1948) adalah:

$$t = \left( \frac{D^2}{8ch} \right) (2F(n)) \ln \left( \frac{1}{1-U_h} \right) \quad (2.27)$$

Keterangan:

- t : Waktu yang diperlukan untuk mencapai  $U_h$
- D : Diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari PVD
- Ch : Koefisien konsolidasi tanah akibat aliran pori arah radial
- F(n) : Faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD
- $U_h$  : Derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

Dengan menggunakan nilai t dapat dicari  $U_h$  pada lapisan tanah yang terdapat PVD. Selain konsolidasi akibat aliran pori arah horizontal, juga terjadi konsolidasi akibat aliran pori arah vertikal  $U_v$ . Derajat konsolidasi rata – rata U dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$U = [1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)] \times 100\% \quad (2.28)$$

## 2.8 Peningkatan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dasar dapat mengalami peningkatan karena beban timbunan. Menurut hasil penelitian oleh Ardana dan Mochtar (1999), dapat diketahui bahwa terhadap vertikal efektif ( $\sigma'_v$ ). Meningkatnya daya dukung tanah dasar akibat terjadinya proses pemampatan dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

a. Untuk harga *plasticity Index* ,  $PI < 120\%$  :

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.1899 - 0.0016 PI) \sigma'_v \quad (2.29)$$

b. Untuk harga *Plasticity Index* ,  $PI > 120\%$  :

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.0454 - 0.00004 PI) \sigma'_v \quad (2.30)$$

Dimana harga  $\sigma'_v$  dalam kg/cm<sup>2</sup>

Untuk tanah yang mengalami proses konsolidasi, harga  $\sigma p'$  berubah sesuai dengan waktu. Menurut Ardana dan Mochtar (1999) harga  $\sigma p'$  dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma p' = \left( \frac{p_0' + \Delta p'}{p_0'} \right)^u p_0' \quad (2.31)$$

Apabila :

$$U = 100\% = 1, \text{ maka } \sigma p' = p_0' + \Delta p' \quad (2.32)$$

$$U < 100\% \text{ maka } \sigma p' < p_0' + \Delta p' \quad (2.33)$$

Menghitung penambahan tegangan efektif akibat beban timbunan dengan derajat konsolidasi ( $U < 100\%$ ) dapat dilihat pada **Tabel 2.3** berikut ini.

**Tabel 2.3** Rumus Penambahan Tegangan Efektif  $U < 100\%$

| Tahapan Penimbunan (meter) | Umur Timbunan (minggu) | Derajat konsolidasi PVD U (%) | $\Delta p$ pada $U < 100\%$  |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------|--|
| Tanah Asli                 |                        | 100                           |  |
| h1                         | 4                      | U PVD 4 minggu                | $\left\{ \left( \frac{\sigma_1'}{\sigma_0'} \right)^{U4} \cdot p_0' \right\} - p_0'$           |
| h2                         | 3                      | U PVD 3 minggu                | $\left\{ \left( \frac{\sigma_2'}{\sigma_1'} \right)^{U3} \cdot \sigma_1' \right\} - \sigma_1'$ |
| h3                         | 2                      | U PVD 2 minggu                | $\left\{ \left( \frac{\sigma_3'}{\sigma_2'} \right)^{U2} \cdot \sigma_2' \right\} - \sigma_2'$ |
| h4                         | 4                      | U PVD 1 minggu                | $\left\{ \left( \frac{\sigma_4'}{\sigma_3'} \right)^{U1} \cdot \sigma_3' \right\} - \sigma_3'$ |

(Sumber : Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

## 2.9 Pemampatan Tanah Akibat Timbunan Bertahap

Timbunan yang diletakkan secara bertahap mempengaruhi persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung besar pemampatan konsolidasi. Dalam perhitungan pemampatan konsolidasi disesuaikan dengan besar beban dan pemakaian nilai  $C_c$  dan  $C_s$ .

Perumusan untuk menghitung pemampatan konsolidasi yang terjadi adalah

:

- Apabila  $p_0' + \Delta p_1 \leq p_c$  :



$$S_c = \frac{C_s \times H}{1+e_0} \log\left(\frac{p'_{o+\Delta P1}}{p'_{o}}\right)$$

(2.34)

- Apabila  $p'_{o} + \Delta p1 + \Delta p2 > p_c$  :

$$S_c = \frac{C_s \times H}{1+e_0} \log\left(\frac{p'_c}{p'_{o+\Delta P1}}\right) + \frac{C_c \times H}{1+e_0} \log\left(\frac{p'_{o+\Delta P1+\Delta P2}}{p'_c}\right)$$

(2.35)

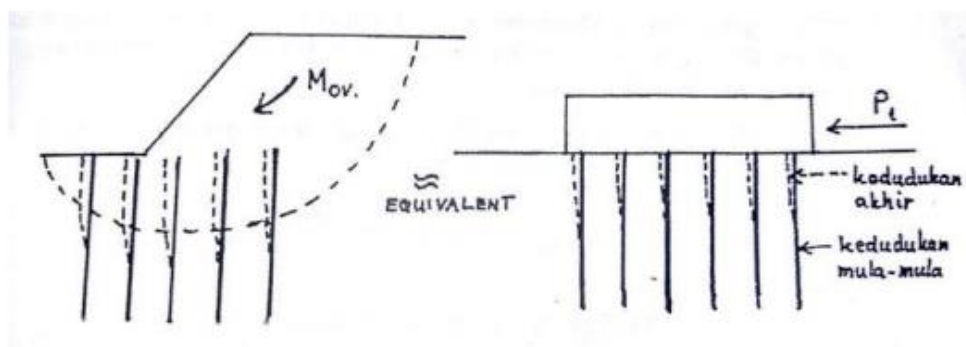
- Apabila  $p'_{o} + \Delta p1 + \Delta p2 + \Delta p3 > p_c$  :

$$S_c = \frac{C_s \times H}{1+e_0} \log\left(\frac{p'_{o+\Delta P1+\Delta P2+\Delta P3}}{p'_{o+\Delta P1+\Delta P2}}\right)$$

(2.36)

## 2.10 Cerucuk

Cerucuk adalah suatu pondasi pada daerah dengan kondisi lapisan yang kurang stabil dengan permukaan air yang cukup tinggi. Cerucuk berfungsi untuk meningkatkan tahanan geser tanah. Jika kekuatan tahanan terhadap geser meningkat, maka daya dukung tanah juga akan meningkat. Beberapa konstruksi cerucuk yang dapat dipakai meliputi, cerucuk beton (*micropile*), cerucuk kayu, dan lain lain. Agar bisa mengetahui kebutuhan cerucuk per-meter, terlebih dahulu menentukan kekuatan suatu tiang/cerucuk untuk menahan gaya horizontal. Asumsi gaya yang diterima cerucuk dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Asumsi Gaya yang Diterima Cerucuk

Sumber: (Mochtar, 2000)

Terdapat harga keamanan lereng yang digunakan yaitu, harga keamanan yang sekurang – kurangnya bernilai 1,1 untuk kondisi beban sementara atau kendaraan dan sekurang – kurangnya bernilai 1,5 untuk kondisi beban timbunan saja. Berikut ini rumusan kekuatan satu cerucuk atau kekuatan faktor relatif yang dijelaskan dalam NAVFAC DM 7 1971 yaitu :

$$T = \left(\frac{El}{f}\right)^{\frac{1}{5}} \quad (2.37)$$

Dimana :

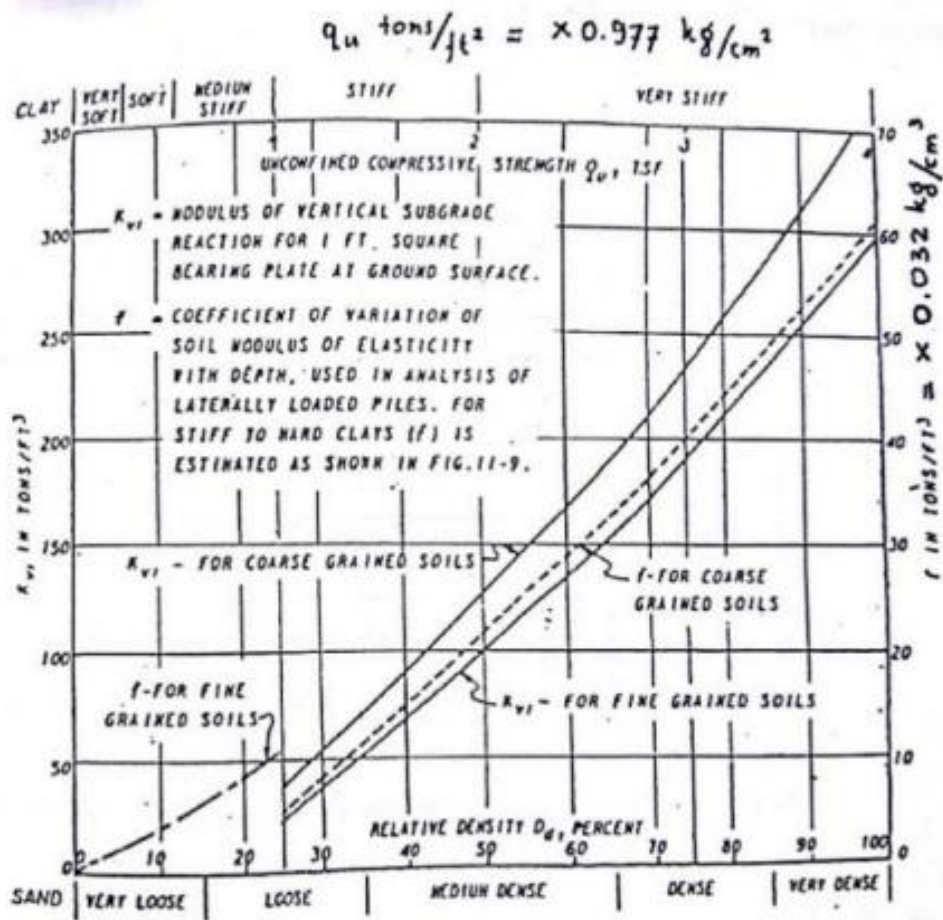
E = modulus elastisitas tiang/cerucuk (kg/cm<sup>2</sup>)

I = momen inersia tiang/cerucuk (cm<sup>2</sup>)

f = koefisien variasi modulus tanah (kg/cm<sup>3</sup>)

T = faktor kekuatan relatif (cm)

Untuk grafik nilai dari koefisien variasi modulus tanah (f) dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2. 6** Grafik Nilai F (NAVFAC DM-7, 1971)

Nilai T yang telah diperoleh, digunakan untuk menghitung gaya horizontal (P) yang mampu ditahan oleh satu cerucuk. Perhitungan tersebut dilakukan dengan rumus berikut ini:

$$P = \frac{M_p}{F_M \times T} \quad (2.38)$$

Dimana:

$M_p$  = momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat beban P (kg/cm)

$F_m$  = koefisien momen akibat gaya lateral P

P = gaya horizontal cerucuk (kg)

T = factor kekuatan relative (cm)

$$P_{maks} - 1 \text{ cerucuk} = \frac{M_{pmax} \text{ 1 cerucuk}}{FM \times T} \cdot Fk \quad (2.39)$$

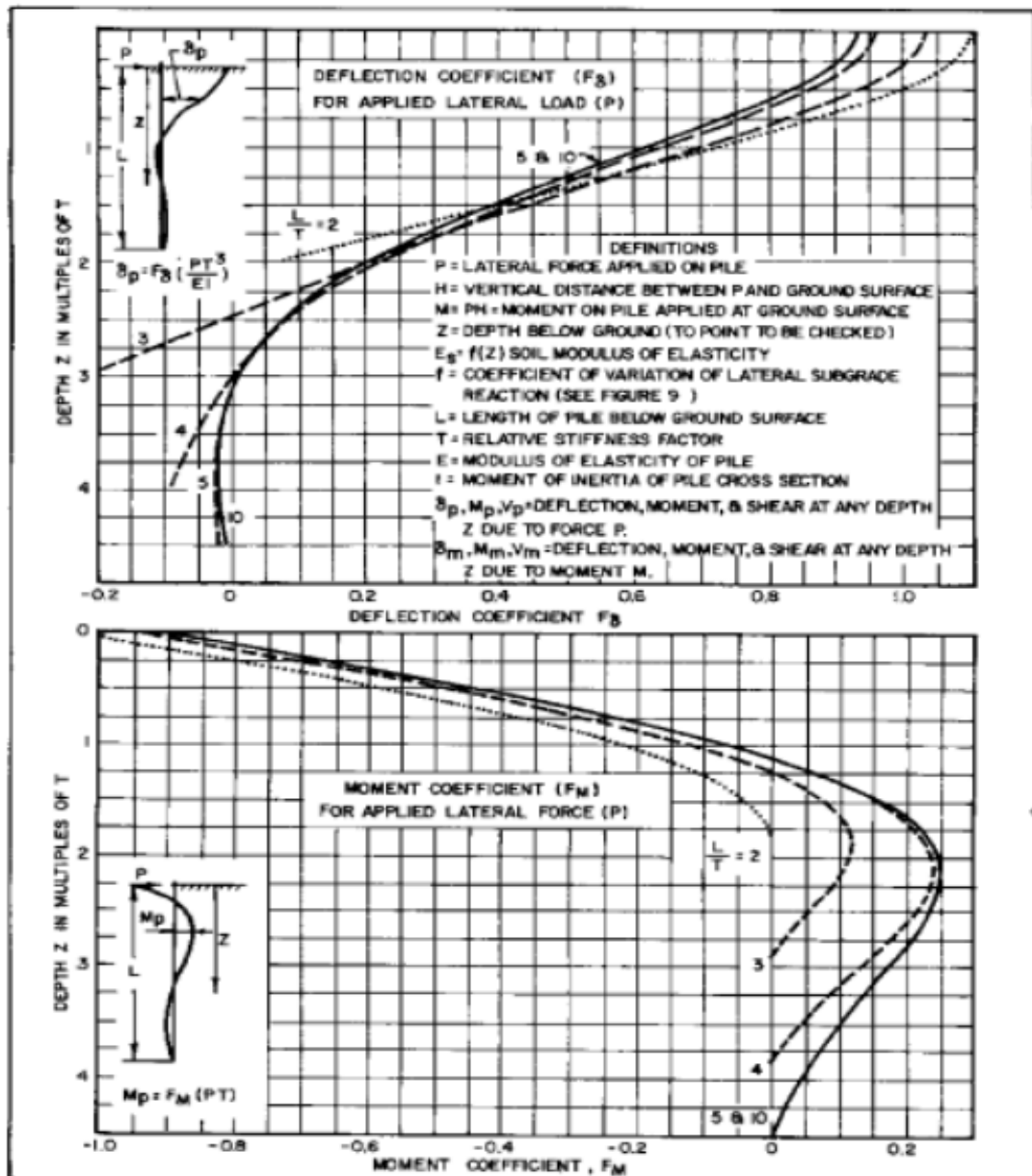
Dimana menurut Mochtar dan Arya (2002),

$$Fk = \left[ \frac{0.89 + 0.12 \frac{L}{D}}{2.69} \right] \times \left[ \frac{0.855 Cu^{-0.392}}{2.865} \right] \quad (2.40)$$

Dengan

L = pancang cerucuk dibawah bidang gelincir

D = diameter cerucuk



**Gambar 2. 7** Grafik Nilai  $F_m$  (NAVFAC DM-7, 1971)

Dimana :

$\sigma_{maks}$  = tegangan tarik/tekan maksimum dari bahan cerucuk

$I_n$  = momen inersia penampang cerucuk terhadap garis netral penampang

$D$  = diameter cerucuk

## 2.10 Timbunan Material Ringan Mortar Busa

### 2.10.1 Karakteristik Material Ringan Mortar Busa

Material ringan yang dimaksud pada timbunan adalah "*foamed mortar embankment*" atau disebut juga "*high grade soil*" karena mempunyai beberapa fungsi optimal, diantaranya sebagai berikut (Febrijanto, 2008) :

- Kekuatannya tinggi untuk tanah dasar (*subgrade*) namun memiliki berat yang ringan juga kuat untuk pondasi perkerasan jalan. Kuat tekan dan berat volume tanah campurannya juga dapat direncanakan sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat mengurangi tekanan lateral tanah atau mengurangi berat timbunan.
- Bersifat tahan terhadap perubahan karakteristik properti akibat proses kimia maupun fisika dan memiliki daya dukung kekuatan yang cukup memadai sebagai proses perkuatan jalan.

Berbagai pemanfaatan material ringan mortar busa digunakan untuk mengatasi berbagai macam masalah geoteknik, diantaranya :

- Konstruksi stabilitas lereng dimana diperlukan lereng tegak
- Timbunan di belakang konstruksi abutmen jembatan
- Timbunan di atas tanah sehingga diperoleh timbunan yang beratnya relatif ringan dan tidak menimbulkan dampak tekanan tanah akibat beban timbunan itu sendiri

Berdasarkan kajian literatur JICA *Expert* perihal pemanfaatan busa (*foam*) untuk membentuk bahan timbunan jalan dengan mortar busa diperoleh kriteria – kriteria sebagai berikut (Handayani, 2007) :

- Terdiri dari material campuran yang memiliki kemampuan mengeras/memadat dengan sendirinya sesuai dengan waktu *curing* yang ditetapkan karena berperilaku seperti mortar beton.
- Memiliki kuat tekan minimum di angka 600 kPa – 2000 kPa
- Nilai daya alir atau *flow (flowability)* sebesar  $180 \pm 20$  mm
- Mempunyai berat yang ringan sehingga nilai berat volume (*density*) antara  $6 \text{ kN/m}^3 - 12 \text{ kN/m}^3$

### 2.10.2 Kriteria dan Persyaratan Bahan Campuran

Timbunan mortar busa yang dibahas menggunakan teknologi metode campuran material dengan rasio tertentu. Pembuatan rancangan campuran diperoleh melalui perhitungan *mix design* dan percobaan di laboratorium. Di dalam pelaksanaan perancangan campuran material mortar busa, bahan – bahan yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut :

### 1. Semen

Menurut SNI 15-2049-2004, SNI 15-7064-2004, dan SNI 15-0302-2004 semen yang digunakan dalam pembuatan mortar busa adalah sement poertland, semen komposit, atau semen pozzolan.

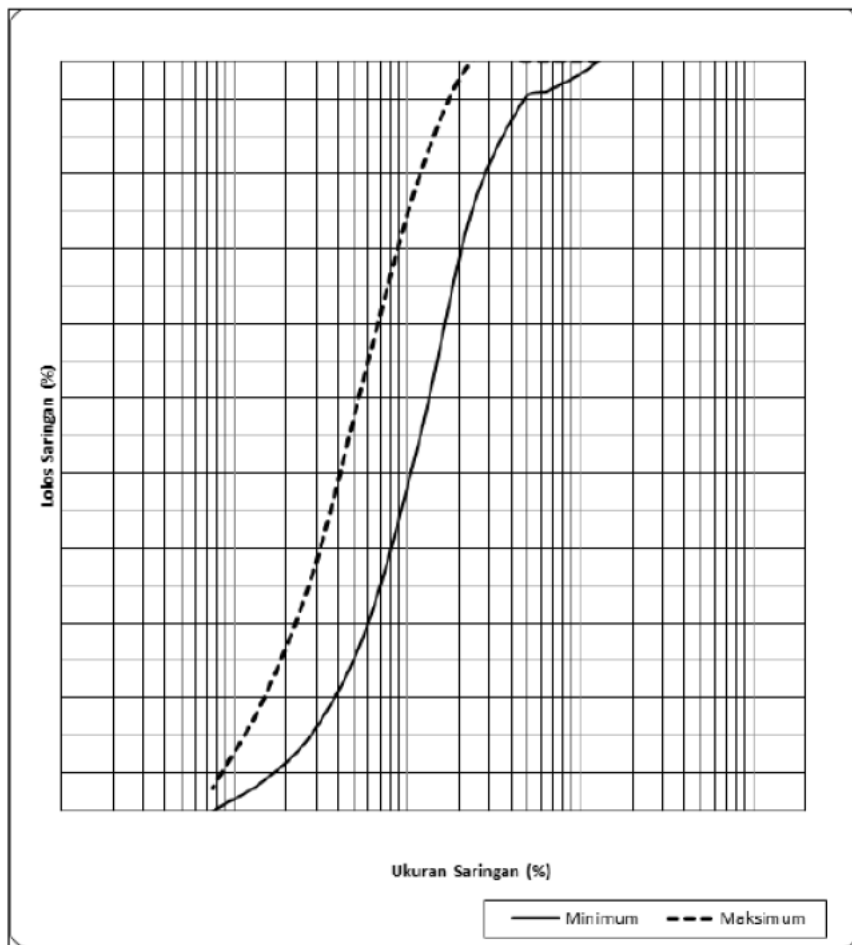
### 2. Pasir

Pasir yang dimaksud adalah pasir alam yang berasal dari sungai maupun galian yang memiliki kualitas baik dan memenuhi beberapa persyaratan berikut :

1. Memenuhi gradasi pasir sesuai **Tabel** dan **Gambar**
2. Harus mempunyai butiran – butiran keras dan awet (*durable*)
3. Tidak boleh terdapat kandungan tanah liat, lumpur dan material yang mudah hancur (*clay lumps and friable particles*) lebih dari 3% (SNI 03-6819-2002)
4. Harus bebas dari kotoran organik, arang, dan kayu.

**Tabel 2. 4** Tabel ukuran saringan dan berat lolos saringan

| No. | Ukuran Saringan (ASTM) |       | % Berat Lolos Saringan |          |
|-----|------------------------|-------|------------------------|----------|
|     | Inc / No               | mm    | Minimum                | Maksimum |
| 4   | No. 4                  | 4,76  | 95                     | 100      |
| 5   | No. 8                  | 2,36  | 80                     | 100      |
| 6   | No. 16                 | 1,19  | 50                     | 85       |
| 7   | No. 30                 | 0,595 | 25                     | 60       |
| 8   | No. 50                 | 0,297 | 11                     | 33       |
| 9   | No. 100                | 0,149 | 4                      | 15       |
| 10  | No. 200                | 0,075 | 0                      | 3        |



**Gambar 2. 8** Grafik lolos saringan

Pasir yang diizinkan untuk dipakai adalah pasir dengan ukuran maksimum 4,75 mm lolos saringan 4 Material pasir yang digunakan dapat merupakan material tanah sirtu maupun diambil dari lokasi lain.



### 3. Busa (Foam Agent)

Dalam cairan pembentukan *foam* terdapat tiga senyawa kimia yang teridentifikasi yaitu 1- *Dodecanol*, *Methoxyacetic grcidtridecyl ester* dan 1- *Tetradecanol*. Busa yang digunakan harus menggunakan protein nabati atau sejenisnya yang mampu menghasilkan gelembung terpisah yang stabil sehingga dapat menghasilkan campuran material ringan yang memenuhi spesifikasi teknis. Dalam pengujian laboratorium, berat isi standar untuk busa adalah  $0,055 \pm 0,085$  t/m<sup>3</sup>.

### 4. Air

Pada SNI 7974 : 2013 terdapat spesifikasi khusus untuk air yang digunakan untuk mencampur adonan material ringan mortar busa. Air yang digunakan dalam pencampuran adonan haruslah air bersih, air tawar dengan pH air > 5,5, bebas dari minyak dan bahan organik lainnya. Air yang digunakan untuk adukan pada timbunan jalan yang memakai material mortar busa tidak boleh mengandung butiran zat padat melebihi 0,20% dan larutan garam melebihi 1,5%.

Campuran bahan mortar busa terdiri dari campuran pasir, semen, air, dan busa yang memiliki sifat memadat sendiri. Densitas dan kuat tekan minimum material ringan mortar busa harus merujuk pada spesifikasi teknik (Kementerian PU, 2011) sebagaimana diperlihatkan pada **Tabel** untuk *base* dan **Tabel** untuk *subbase*.

#### 2.11 Perencanaan Stabilitas Lereng dengan *Geoforce Segmental Retaining Wall* (GSRW)

Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW) adalah konstruksi dinding penahan tanah yang dibuat dari lapisan-lapisan tanah timbunan yang dipadatkan dan menggunakan perkuatan sabuk (Gambar 2.12). Sabuk (*friction tie*) ini merupakan perpaduan antara polyester dan polypropylene dengan desain khusus yang menghasilkan sabuk perkuatan dengan kuat tarik dan koefisien gesek yang tinggi. Sehingga, dinding penahan ini didesain dengan mengandalkan gesekan antara sabuk perkuatan dengan tanah timbunannya (Bernardi, 2010). Ilustrasi pemasangan GSRW dapat dilihat pada **Gambar 2.9**

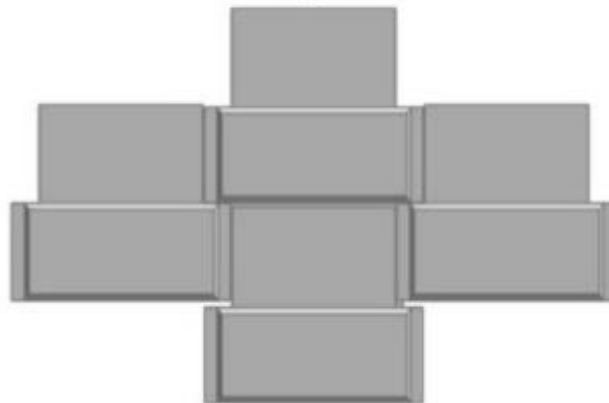


**Gambar 2. 9** Ilustrasi Pemasangan GSRW

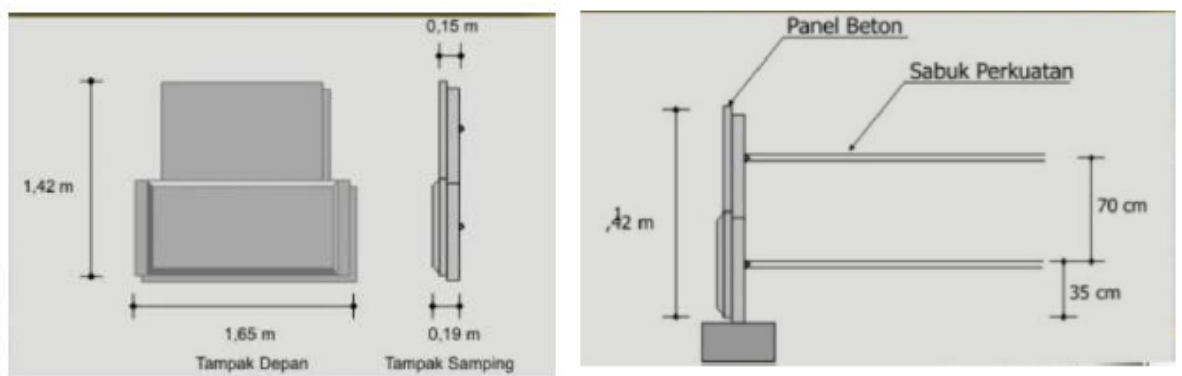
Ada beberapa hal yang harus diperhatikan jika menggunakan GSRW yaitu Internal stability dan External stability. Internal stability mencakup panjang sabuk di depan bidang longsor (LR) dan panjang sabuk di belakang bidang longsor ( $L_e$ ), serta pemasangan sabuk secara vertical (Sv) maupun secara horizontal (SH) dipasang menurut spesifikasi yang digunakan. Sedangkan external stability meliputi kontrol stabilitas dinding terhadap daya dukung dan stabilitas terhadap geser.

Terdapat dua tipe panel dari GSRW yang disediakan oleh PT. Geoforce Indonesia yaitu GSRW tipe 1 beserta dimensi panel dan potongannya masing-masing dapat dilihat pada **Gambar 2.10**, **Gambar 2.11**, dan **Gambar 2.12**. Selanjutnya untuk GSRW tipe 2 beserta dimensi panel dan potongannya masing-masing dapat dilihat pada **Gambar 2.13**, **Gambar 2.14**, dan **Gambar 2.15**.

**Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW)  
Tipe 1**



**Gambar 2. 10** GSRW Tipe 1  
(Sumber : PT. Geoforce Indonesia)



**Gambar 2. 11** Dimensi Panel GSRW Tipe 1  
(Sumber : PT. Geoforce Indonesia)

1. *Internal Stability*

*Internal stability* yang harus diperhatikan adalah panjang sabuk yang akan dipasang untuk perkuatan. Berikut merupakan persamaan untuk menentukan panjang sabuk yang akan digunakan

$$L = L_R + L_e \quad (2.41)$$

Dimana

$$L_R = (H - z) \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad (2.42)$$

Dan

$$L_e = \frac{S_v \times \sigma \times SF}{2 (C_a + \gamma Z \tan \delta)}$$

(2.43)

Keterangan:

- L = Panjang total sabuk pengaman (m)
- Le = panjang sabuk pengaman di belakang bidang longsor (minimum 1m)
- LR = panjang sabuk pengaman di depan bidang longsor
- H = tinggi dinding panel GSRW
- Z = kedalaman yang ditinjau
- $\Phi$  = sudut geser tanah
- Sv = jarak pemasangan antar sabuk -pengaman
- $\sigma_h$  = tegangan horizontal
- SF = angka keamanan
- Ca = kohesi antara tanah dan sabuk pengaman
- $\gamma$  = berat volume tanah
- $\delta$  = sudut geser antara tanah dan material geotekstil

## 2. *External Stability*

Perencanaan dinding penahan dengan perkuatan GSRW juga diperlukan kontrol terhadap stabilitas dinding itu sendiri, berikut ini merupakan beberapa kontrol yang harus dilakukan:

a. Stabilitas terhadap *bearing capacity*

Stabilitas terhadap *bearing capacity* dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$\sigma_{\max} > \frac{q_{ult}}{SF}$$

(2.44)

$$q_{ult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_\gamma$$

(2.45)

Keterangan:

SF = angka keamanan terhadap daya dukung tanah

$q_{ult}$  = tekanan *ultimate* penahan

c = kohesi tanah dasar

$N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor daya dukung tanah

q = beban luar

B = panjang *friction tie* lapisan paling bawah

$\gamma$  = berat volume tanah dasar

Perhitungan tegangan maksimum ( $s_{\max}$ ) dihitung berdasarkan perbandingan antara  $V/A$  dan  $M/W$ . Dimana terdapat 2 kondisi untuk menentukan persamaan yang digunakan untuk menghitung  $s_{\max}$  sebagai berikut.

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{V}{A} \pm \frac{M}{W} ; \text{jika } \frac{V}{A} > \frac{M}{W}$$

(2.46)

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{4V}{3 \times (B - 2e)} ; \text{jika } \frac{V}{A} < \frac{M}{W}$$

(2.47)

Keterangan:

V = gaya vertikal yang terjadi

A = luas penampang

M = momen yang terjadi

W = section modulus

- B = lebar penampang
- e = eksentrisitas

b. Stabilitas Gaya geser

Stabilitas terhadap geser dapat diitung berdasarkan persamaan berikut.

$$SFs = \Sigma \frac{\text{Gaya penahan}}{\text{Gaya penggerak}}$$

(2.48)

$$SFs = \Sigma \frac{Ca \times L + (Wi) \tan \delta}{Pa \cos \delta}$$

(2.48)

Keterangan:

- SFs = angka keamanan terhadap geser
- Wi = berat tanah diatas sabuk pengaman
- Pa = gaya horizontal tanah
- $\delta$  = sudut geser antara tanah dengan sabuk pengaman

### 2.13 Program Bantu

Program bantu yang digunakan dalam menganalisis stabilitas lereng pada tugas akhir ini adalah *software* analisis geoteknik dengan menggunakan dasar analisis *Finite Element Method* (FEM). Program ini dapat memodelkan dan menganalisa beberapa permasalahan geoteknik seperti stabilitas lereng, kekuatan dinding penahan tanah, kekuatan turap, pemampatan tanah, dan yang lainnya.

Program yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah program *slope stability* yang bertujuan untuk menganalisis stabilitas kelongsoran lereng eksisting beserta kelongsoran lereng dengan adanya kekuatan yang sudah direncanakan. Luaran (*output*) dari program ini berupa angka keamanan (*safety factor*), momen penahan, momen pendorong, dan letak jari-26 jari kelongsoran pada lereng.

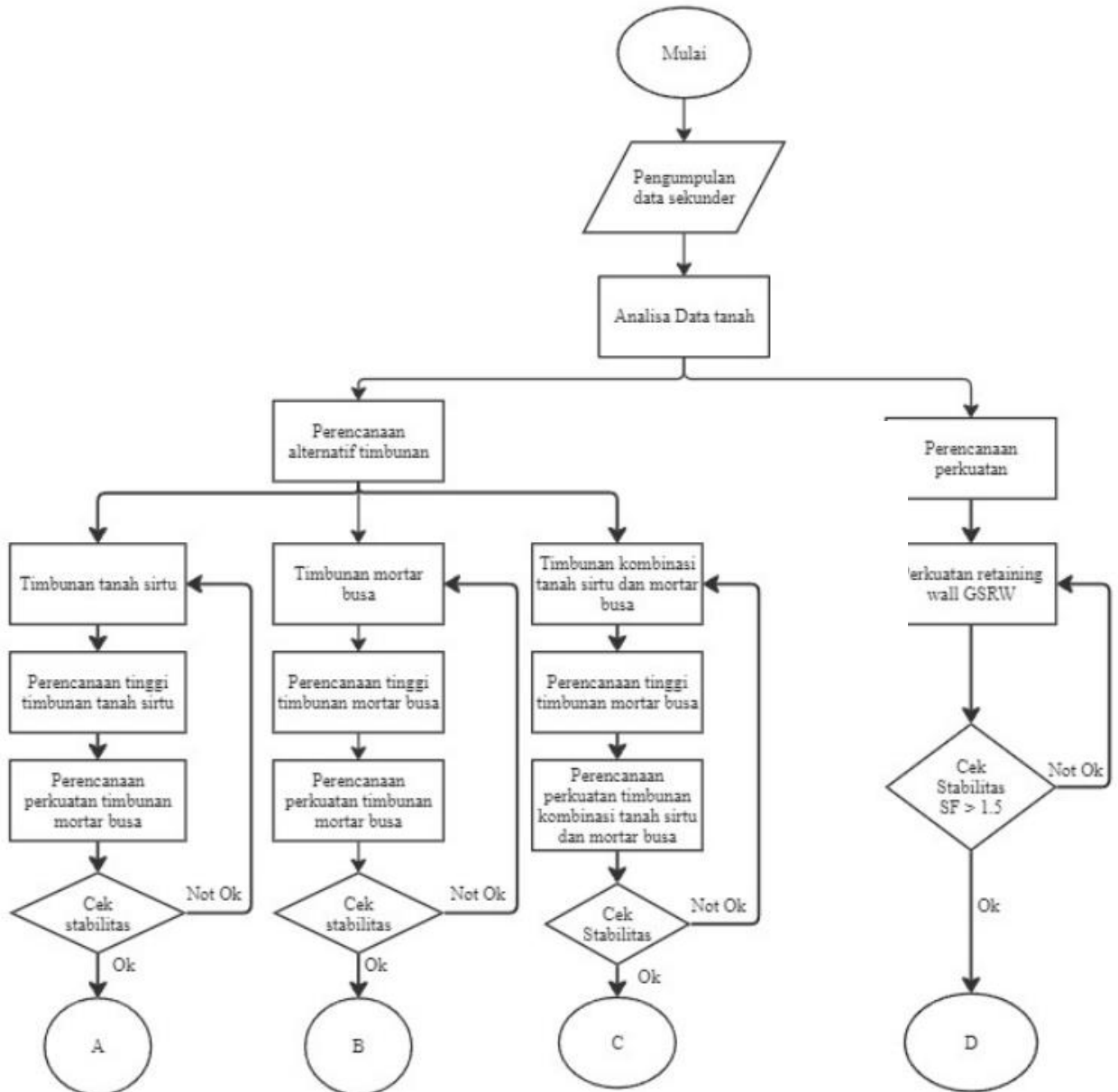
Parameter-parameter yang dimasukkan ke dalam program bantu adalah data-data tanah seperti berat jenis tanah, sudut geser tanah, dan kohesi dari tanahnya.

# BAB III

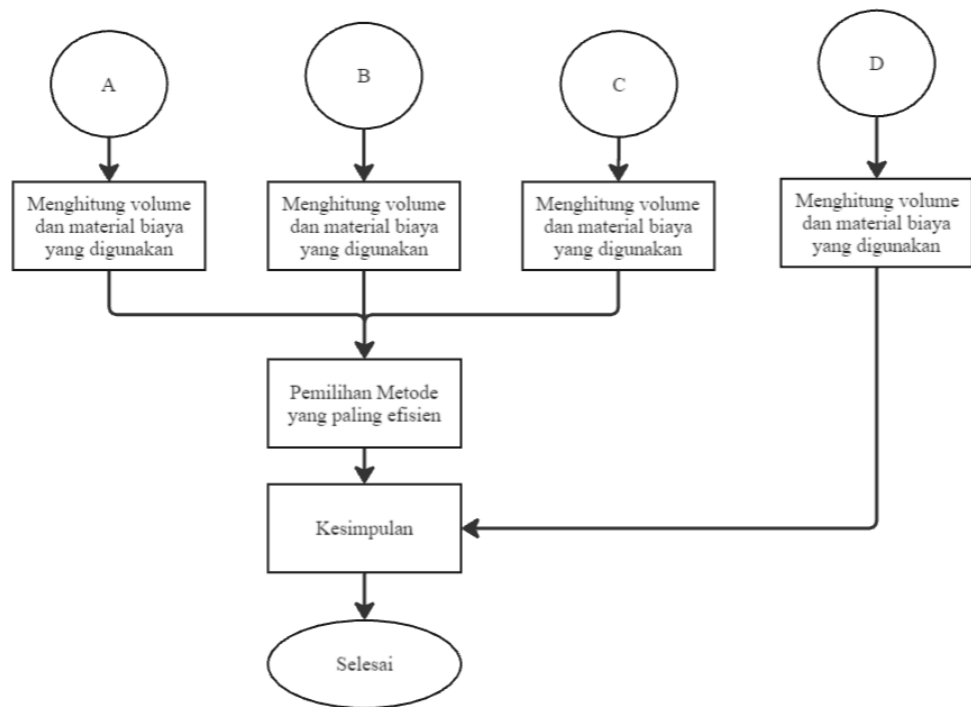
## METODOLOGI

### 3.1 Diagram Alir

Tugas akhir ini akan diselesaikan dengan rencana pelaksanaan/tahapan – tahapan seperti pada diagram alir di bawah ini :







**Gambar 3. 1** Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

### 3.2 Uraian Tahapan Pelaksanaan

Berikut adalah uraian dan penjelasan mengenai tahapan pelaksanaan pada diagram alir di atas :

#### 1. Pengumpulan Data.

Data – data yang digunakan dalam perencanaan dan penyusunan tugas akhir ini adalah data sekunder yang meliputi:

- a. Data umum proyek
- b. *Site Layout*
- c. Gambar desain perencanaan eksisting
- d. Hasil pengujian *boring*
- e. Gambar detail *bored pile*

#### 2. Studi Literatur

Proses analisi dan perencanaan alternatif pada tugas akhir ini diperlukan adanya studi literatur. Proses studi literatur itu sendiri dengan membaca dan mengambil pokok dari buku, jurnal, *website*, dan materi – materi perkuliahan yang

berhubungan dengan tugas akhir ini. Hal tersebut dilakukan untuk mendukung pemahaman melalui studi yang ada sehingga dapat dilakukan evaluasi yang baik dan benar serta ditemukan alternatif perencanaan yang paling optimal.

### **3. Analisis Pembebanan**

Analisis pembebanan yang dilakukan dalam tugas akhir ini adalah semua beban yang bekerja diatas pondasi *fly over*, diantaranya struktur bangunan bawah, struktur bangunan atas dan beban maksimum kendaraan yang akan melewati *fly over* tersebut.

### **4. Analisis Data Tanah**

Analisis data tanah dilakukan pada data yang didapat dari *Boring Test* dan *Pile Driven Analysis* (PDA). Analisa – analisis tersebut nantinya akan digunakan dalam proses evaluasi pondasi eksisting juga proses perencanaan pondasi alternatif.

### **5. Perencanaan Alternatif Timbunan**

Perhitungan timbunan dilakukan untuk mengetahui tinggi timbunan rencana yang akan digunakan. Perencanaan alteernatif timbunan dilakukan dengan melakukan merencanakan perkuatan timbunan, pengecekan stabilitas timbunan dan analisa biaya serta waktu pelaksanaan.

### **6. Perencanaan Perkuatan**

Dinding penahan tanah merupakan struktur yang digunakan untuk mencegah material agar tidak longsor menurut kemiringan alamnya. Struktur dinding biasanya digunakan untuk menopang tanah, air, material tambang dan lain sebagainya.

### **7. Cek Stabilitas Perkuatan**

Kontrol stabilitas dinding penahan tanah idealnya mencakup :

#### 1. Internal Stability

- a. Stabilitas terhadap tegangan tarik.
- b. Stabilitas terhadap cabut.

#### 2. Eksternal Stability

- a. Kontrol terhadap geser.
- b. Kontrol terhadap guling.
- c. Kontrol terhadap Daya dukung sebagai fondasi.

Untuk menganalisa kestabilan dinding penahan tanah, pada Tugas Akhir ini digunakan program bantu Geo5.

## **8. Analisa Biaya dan Material**

Analisa dilakukan untuk pelaksanaan pondasi pada STA 275, STA 300 dan STA 325 dan tiga alternatif timbunan. Luaran yang dihasilkan dari tahapan ini adalah total biaya material, waktu pelaksanaan dan keamanan yang diperlukan untuk alternatif pondasi dan timbunan yang direncanakan. Selain itu, dilakukan analisa keamanan pada rumah warga sekitar.

## **9. Perbandingan Pondasi Alternatif Timbunan**

Proses perbandingan pondasi alternatif timbunan dikhususkan hanya untuk alternatif timbunan yang telah direncanakan. Perbandingan dilakukan dengan memperhatikan faktor daya dukung, total biaya, waktu pelaksanaan dan kemanan. Kemudian akan dipilih salah satu alternatif timbunan yang paling efisien.

## **10. Kesimpulan**

Pada tahap kesimpulan ini berisikan kesimpulan dari proses evaluasi dan perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya, dimana kesimpulan akan disajikan dalam bentuk perbandingan antara masing – masing pondasi dan timbunan tanah. Selain itu, juga terdapat saran – saran yang diperoleh penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.

### **3.3 Rencana Luaran Tugas Akhir**

Adapun rencana luaran dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan biaya material yang paling murah dari beberapa metode kombinasi perencanaan yang ada.
2. Perbandingan perhitungan antara timbunan material tanah sirtu, timbunan material mortar busa dan timbunan kombinasi tanah sirtu dengan mortar busa.
3. Perhitungan perkuatan timbunan tegak dengan GSRW

4. Desain timbunan dan perkuatannya yang paling efisien sebagai pengganti struktur *slab on pile*.

## BAB IV

### DATA PERENANAAN DAN ANALISA TANAH

#### 4.1 Data Tanah

##### 4.1.1 Data Tanah Dasar

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data *borelog* pada lokasi Proyek Pembangunan *Flyover* Pengganti JPL 64 KM 38+897 Lintas Surabaya – Solo. Data *borelog* yang diambil yaitu pada STA 0-275, STA 0-300 dan STA 0-325 karena merupakan letak dari oprit *flyover*. Pada STA 275, STA 300, dan STA 325 memiliki variasi timbunan dengan tinggi 1,75 meter pada STA 275, tinggi 2,5 meter pada STA 300 dan tinggi 3,75 meter pada STA 300. Tanah merupakan tanah asli (*Undisturbed Soil*) yang kemudian akan dicari nilai parameter tanah dengan pendekatan korelasi.

Parameter tanah dasar tersebut antara lain : *specific gravity* ( $G_s$ ), *void ratio* ( $e$ ), *water content* ( $W_c$ ), berat volume/densitas tanah ( $\gamma$ ), batas cair (LL), batas plastis (PL), indeks plastis (IP), nilai kohesi tanah ( $C$ ), sudut geser tanah ( $\phi$ ), indeks pemampatan ( $C_c$ ), indeks mengembang ( $C_s$ ), koefisien konsolidasi vertikal ( $C_v$ ), dan nilai koefisien konsolidasi horizontal ( $C_h$ ).

Nilai  $C_c$  dan  $C_s$  didapatkan dari rumus empiris terhadap void ratio (Rendon-Herrero 1980). Nilai  $C_v$  didapatkan dengan memakai tabel korelasi Biarez. Nilai  $C_h$  berkisar 2-5 kali nilai  $C_v$ . Untuk nilai LL menggunakan grafik korelasi terhadap nilai  $C_v$ . Kemudian nilai IP menggunakan grafik korelasi terhadap nilai LL. Hasil rekap data parameter tanah dapat dilihat pada **Tabel 4.1** , dan selengkapnya pada lampiran 1.

**Tabel 4. 1** Parameter Data Tanah pada STA 0-275 BH 02 (a) Data Tanah Volumetric dan Gravimetric (b) Data Tanah Consolidation (c) Data Tanah Kekuatan Tanah dan Atterberg Limits

| Kedalaman | Ketebalan | Jenis Tanah | N-SPT | Volumetric + Gravimetric |                                   |                                       |
|-----------|-----------|-------------|-------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
|           |           |             |       | e                        | $\gamma_t$<br>(t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat}$<br>(t/m <sup>3</sup> ) |

|      |   |      |     |                        |             |    |       |        |       |
|------|---|------|-----|------------------------|-------------|----|-------|--------|-------|
| 0.0  | - | 1.0  | 1   | Lanau Berpasir         | Kohesif     | 2  | 2.109 | 1.430  | 1.550 |
| 1.0  | - | 2.0  | 1   | Pasir Kelanauan        | Non Kohesif | 2  | 0.545 | 2.050  | 2.100 |
| 2.0  | - | 3.5  | 1.5 | Pasir Kasar            | Non Kohesif | 8  | 1.127 | 16.803 | 1.803 |
| 3.5  | - | 4.0  | 0.5 | Lempung Berpasir       | Kohesif     | 10 | 1.058 | 1.829  | 1.829 |
| 4.0  | - | 7.5  | 3.5 | Pasir Kasar            | Non Kohesif | 11 | 1.046 | 1.774  | 1.834 |
| 7.5  | - | 9.5  | 2   | Pasir Halus            | Non Kohesif | 14 | 0.979 | 1.866  | 1.860 |
| 9.5  | - | 10.5 | 1   | Lanau Berpasir         | Kohesif     | 5  | 1.279 | 1.740  | 1.750 |
| 10.5 | - | 12.0 | 1.5 | Lanau Sedikit Berpasir | Kohesif     | 5  | 1.279 | 1.740  | 1.750 |
| 12.0 | - | 16.5 | 4.5 | Lanau Kelempungan      | Kohesif     | 7  | 1.160 | 1.786  | 1.792 |
| 16.5 | - | 17.5 | 1   | Lanau Sedikit Berpasir | Kohesif     | 13 | 0.795 | 1.850  | 1.945 |

Tabel 4. 1

(a)

| Kedalaman |   |      | Ketebalan | N-SPT | Consolidation |        |        |
|-----------|---|------|-----------|-------|---------------|--------|--------|
|           |   |      |           |       | Cc            | Cs     | Cv     |
| 0.0       | - | 1.0  | 1.0       | 2     | 1.2023        | 0.2904 | 0.0003 |
| 1.0       | - | 2.0  | 1.0       | 2     | 0.0000        | 0.0000 | 0.0080 |
| 2.0       | - | 3.5  | 1.5       | 8     | 0.0000        | 0.0000 | 0.0008 |
| 3.5       | - | 4.0  | 0.5       | 10    | 0.4660        | 0.1226 | 0.0008 |
| 4.0       | - | 7.5  | 3.5       | 11    | 0.0000        | 0.0000 | 0.0008 |
| 7.5       | - | 9.5  | 2.0       | 14    | 0.0000        | 0.0000 | 0.0009 |
| 9.5       | - | 10.5 | 1.0       | 5     | 0.5557        | 0.1404 | 0.0007 |
| 10.5      | - | 12.0 | 1.5       | 5     | 0.5557        | 0.1404 | 0.0007 |
| 12.0      | - | 16.5 | 4.5       | 7     | 0.4937        | 0.1265 | 0.0008 |
| 16.5      | - | 17.5 | 1.0       | 13    | 0.3332        | 0.0897 | 0.0012 |

(b)

| Kedalaman |   |      | Ketebalan | N-SPT | Strength |       | LL     |
|-----------|---|------|-----------|-------|----------|-------|--------|
|           |   |      |           |       | C'       | Cu    |        |
| 0.0       | - | 1.0  | 1         | 2     | 0.556    | 0.833 | 125.71 |
| 1.0       | - | 2.0  | 1         | 2     | 0.000    | 1.000 | 0.00   |
| 2.0       | - | 3.5  | 2         | 8     | 0.000    | 3.833 | 0.00   |
| 3.5       | - | 4.0  | 1         | 10    | 3.389    | 5.083 | 75.10  |
| 4.0       | - | 7.5  | 4         | 11    | 0.000    | 5.357 | 0.00   |
| 7.5       | - | 9.5  | 2         | 14    | 0.000    | 6.875 | 0.00   |
| 9.5       | - | 10.5 | 1         | 5     | 1.667    | 2.500 | 78.86  |
| 10.5      | - | 12.0 | 2         | 5     | 1.667    | 2.500 | 78.86  |
| 12.0      | - | 16.5 | 5         | 7     | 2.365    | 3.547 | 74.81  |
| 16.5      | - | 17.5 | 1         | 13    | 4.185    | 6.278 | 73.01  |

(c)

(Sumber Analisa)

**Tabel 4. 2** Parameter Data Tanah pada STA 0-300 BH 03 (a) Data Tanah Volumetric dan Gravimetric (b) Data Tanah Consolidation (c) Data Tanah Kekuatan Tanah dan Atterberg Limits

| Kedalaman |   |      | Ketebalan | Jenis Tanah           |             | N-SPT | Volumetric + Gravimetric |                                   |                                       |
|-----------|---|------|-----------|-----------------------|-------------|-------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
|           |   |      |           |                       |             |       | e                        | $\gamma_t$<br>(t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat}$<br>(t/m <sup>3</sup> ) |
| 0         | - | 2    | 2         | Lanau Kepasiran       | Kohesif     | 2     | 2.092                    | 1.450                             | 1.553                                 |
| 2         | - | 5    | 3         | Pasir Halus Kelanauan | Non Kohesif | 5     | 1.293                    | 1.737                             | 1.745                                 |
| 5         | - | 9    | 4         | Pasir Kasar           | Non Kohesif | 16    | 0.938                    | 1.820                             | 1.877                                 |
| 9         | - | 11   | 2         | Pasir Kelanauan       | Non Kohesif | 13    | 0.990                    | 1.824                             | 1.856                                 |
| 11        | - | 14.5 | 3.5       | Lempung Kelanauan     | Kohesif     | 7     | 1.171                    | 1.770                             | 1.788                                 |

(a)

| Kedalaman |   |      | Ketebalan | N-SPT | Consolidation |        |        |
|-----------|---|------|-----------|-------|---------------|--------|--------|
|           |   |      |           |       | Cc            | Cs     | Cv     |
| 0         | - | 2    | 2         | 2     | 1.1882        | 0.2873 | 0.0003 |
| 2         | - | 5    | 3         | 5     | 0.0000        | 0.0000 | 0.0007 |
| 5         | - | 9    | 4         | 16    | 0.0000        | 0.0000 | 0.0009 |
| 9         | - | 11   | 2         | 13    | 0.0000        | 0.0000 | 0.0009 |
| 11        | - | 14.5 | 3.5       | 7     | 0.4994        | 0.1880 | 0.0007 |

(b)

| Kedalaman |   |      | Ketebalan | N-SPT | Strength |        | LL       |
|-----------|---|------|-----------|-------|----------|--------|----------|
|           |   |      |           |       | C'       | Cu     |          |
| 0         | - | 2    | 2         | 2     | 0.6      | 0.9    | 124.8571 |
| 2         | - | 5    | 3         | 5     | 0        | 2.375  | 0        |
| 5         | - | 9    | 4         | 16    | 0        | 7.8125 | 0        |
| 9         | - | 11   | 2         | 13    | 0        | 6.625  | 0        |
| 11        | - | 14.5 | 3.5       | 7     | 2.3      | 3.45   | 75.2     |

(c)

(Sumber : Hasil Analisa)

**Tabel 4. 3** Parameter Data Tanah pada STA 0-325 BH 05 (a) Data Tanah Volumetric dan Gravimetric (b) Data Tanah Consolidation (c) Data Tanah Kekuatan Tanah dan Atterberg Limits

| Kedalaman |   |      | Ketebalan | Jenis Tanah                        |             | N-SPT | Volumetric + Gravimetric |                                   |                                       |
|-----------|---|------|-----------|------------------------------------|-------------|-------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
|           |   |      |           |                                    |             |       | e                        | $\gamma_t$<br>(t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_{sat}$<br>(t/m <sup>3</sup> ) |
| 0.0       | - | 3.0  | 3.0       | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | Kohesif     | 5     | 16.250                   | 1.740                             | 1.750                                 |
| 3.0       | - | 8.0  | 5.0       | Pasir Kasar                        | Non Kohesif | 11    | 32.280                   | 1.835                             | 1.840                                 |
| 8.0       | - | 9.5  | 1.5       | Pasir Halus                        | Non KOhesif | 10    | 21.146                   | 1.825                             | 1.826                                 |
| 9.5       | - | 10.5 | 1.0       | Pasir Kasar                        | Non Kohesif | 8     | 26.333                   | 2.008                             | 2.100                                 |
| 10.5      | - | 11.5 | 1.0       | Pasir Halus                        | Non Kohesif | 9     | 20.781                   | 1.805                             | 1.821                                 |
| 11.5      | - | 13.5 | 2.0       | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | Kohesif     | 10    | 21.055                   | 1.823                             | 1.825                                 |
| 13.5      | - | 17.5 | 4.0       | Lanau Kelempungan                  | Kohesif     | 7     | 18.750                   | 1.784                             | 1.790                                 |

(a)



| Kedalaman |   |      | Ketebalan | N-SPT | Consolidation |        |        |
|-----------|---|------|-----------|-------|---------------|--------|--------|
|           |   |      |           |       | Cc            | Cs     | Cv     |
| 0.0       | - | 3.0  | 3.0       | 5     | 0.5557        | 0.1404 | 0.0007 |
| 3.0       | - | 8.0  | 5.0       | 11    | 0.0000        | 0.0000 | 0.0008 |
| 8.0       | - | 9.5  | 1.5       | 10    | 0.0000        | 0.0000 | 0.0008 |
| 9.5       | - | 10.5 | 1.0       | 8     | 0.0000        | 0.0000 | 0.0080 |
| 10.5      | - | 11.5 | 1.0       | 9     | 0.0000        | 0.0000 | 0.0008 |
| 11.5      | - | 13.5 | 2.0       | 10    | 0.3231        | 0.1223 | 0.0008 |
| 13.5      | - | 17.5 | 4.0       | 7     | 0.3200        | 0.1227 | 0.0008 |

(b)

| Kedalaman |   |      | Ketebalan | N-SPT | Strength |       | LL     |
|-----------|---|------|-----------|-------|----------|-------|--------|
|           |   |      |           |       | C'       | Cu    |        |
| 0.0       | - | 3.0  | 3.0       | 5     | 1.667    | 2.500 | 78.857 |
| 3.0       | - | 8.0  | 5.0       | 11    | 0.000    | 5.700 | 0.000  |
| 8.0       | - | 9.5  | 1.5       | 10    | 0.000    | 4.917 | 0.000  |
| 9.5       | - | 10.5 | 1.0       | 8     | 0.000    | 4.000 | 0.000  |
| 10.5      | - | 11.5 | 1.0       | 9     | 0.000    | 4.625 | 0.000  |
| 11.5      | - | 13.5 | 2.0       | 10    | 3.229    | 4.844 | 75.523 |
| 13.5      | - | 17.5 | 4.0       | 7     | 2.333    | 3.500 | 75.000 |

(c)

(Sumber : Hasil Analisa)

#### 4.1.2 Data Timbunan

Dalam Tugas Akhir ini, akan dilakukan perencanaan dengan variasi 2 (dua) material timbunan yang berbeda, yaitu timbunan material tanah sirtu dan timbunan material ringan mortar busa pada STA 275, STA 300, dan STA 325

Spesifikasi teknis dari dua material timbunan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dibawah ini :

**Tabel 4. 4** Spesifikasi Material Timbunan

| Parameter Timbunan |                     | Tanah Sirtu | Mortar Busa |         |
|--------------------|---------------------|-------------|-------------|---------|
|                    |                     |             | Base        | Subbase |
| $\gamma$           | (t/m <sup>3</sup> ) | 1,9         | 0,8         | 0,6     |
| C                  | (t/m <sup>3</sup> ) | 0           | 0           | 0       |
| $\Phi$             | o                   | 30          | 40          | 45      |

Direncanakan untuk timbunan mortar busa menggunakan base setinggi 20 cm

## 4.2 Data Analisis dan Desain Perencanaan

### 4.2.1 Data Beban

Pembangunan *Flyover* Pengganti JPL 64 KM 38+897 Lintas Surabaya – Solo. Merupakan proyek *Flyover* dimana beban – beban yang diperhitungkan antara lain : beban akibat berat timbunan sendiri, beban pekerasan jalan (*pavement*), dan beban lalu lintas (qLL).

#### c. Beban Perkerasan Jalan (*Pavement*)

Beban perkerasan jalan direncanakan memakai perkerasan lentur / aspal dengan ketebalan sebesar 32 cm dan berat volume sebesar 2.2 t/m<sup>3</sup>.

#### d. Beban Lalu Lintas (qLL)

Penentuan perencanaan beban lalu lintas dianggap memiliki berat volume sebesar 1 t/m.

#### e. Beban Akibat Timbunan

Beban akibat timbunan direncanakan dari beban akhir timbunan yang mengakibatkan terjadinya penurunan tanah.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan pembebanan pada STA 0-300 pada titik BH 02, BH 03 dan BH 05 yang memiliki variasi timbunan material tanah sirtu dan timbunan material ringan mortar busa.

### Timbunan STA 275

#### BH – 02 (1,75 m)

- Full Mortar Busa

$$\gamma \text{ timb Base} = 0.8 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma \text{ timb Subbase} = 0.6 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ Base} = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H \text{ Subbase} &= \text{Hintial} - H \text{ Base} \\ &= 1,75 - 0,3 \\ &= 1,45 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ timbunan base} &= \gamma \text{ timb Base} \times H \text{ base} \\ &= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \\ &= 0.24 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ timbunan subbase} &= \gamma \text{ timb Subbase} \times H \text{ subbase} \\ &= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 1.45 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 0.87 \text{ t/m}^2$$

- **75% Mortar Busa 25% Timbunan**

$$\gamma \text{ timb Base} = 0.8 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma \text{ timb Subbase} = 0.6 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ Base} = 0.3 \text{ m}$$

$$H \text{ subbase} = (\text{Tinggi timbunan} \times \frac{3}{4}) - H \text{ base}$$

$$= (1.75 \text{ m} \times \frac{3}{4}) - 0.3 \text{ m}$$

$$= 1.0125 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan base} = \gamma \text{ timb Base} \times H \text{ base}$$

$$= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 3 \text{ m}$$

$$= 0.24 \text{ t/m}^2$$

$$q \text{ timbunan subbase} = \gamma \text{ timb Subbase} \times H \text{ subbase}$$

$$= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 1.0125 \text{ m}$$

$$= 0.6075 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma \text{ timb tanah} = 1.9 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ timbunan tanah} = \text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{4}$$

$$= 1,75 \times \frac{1}{4}$$

$$= 0.4375 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan tanah} = H \text{ timbunan tanah} \times \gamma \text{ timb tanah}$$

$$= 0.4375 \text{ m} \times 1.9 \text{ t/m}^3$$

$$= 0.83125 \text{ t/m}^2$$

- **50% Mortar Busa 50% Tanah**

$$\gamma \text{ timb Base} = 0.8 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma \text{ timb Subbase} = 0.6 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ Base} = 0.3 \text{ m}$$

$$H \text{ subbase} = (\text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{2}) - H \text{ base}$$

$$= (1.75 \text{ m} \times \frac{1}{2}) - 0.3 \text{ m}$$

$$= 0.575 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan base} = \gamma \text{ timb Base} \times H \text{ base}$$

$$= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 3 \text{ m}$$

$$= 0.24 \text{ t/m}^2$$

$$q \text{ timbunan subbase} = \gamma \text{ timb Subbase} \times H \text{ subbase}$$

$$= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 0.575 \text{ m}$$

$$= 0.345 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma \text{ timb tanah} = 1.9 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ timbunan tanah} = \text{Tinggi timbunan} : 2$$

$$= 1,75 : 2$$

$$= 0.875 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan tanah} = H \text{ timbunan tanah} \times \gamma \text{ timb tanah}$$

$$= 0,875 \text{ m} \times 1.9 \text{ t/m}^3$$

$$= 1.6625 \text{ t/m}^2$$

- **25% Mortar Busa 75% Timbunan Tanah**

$$\gamma \text{ timb Base} = 0.8 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma \text{ timb Subbase} = 0.6 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ Base} = 0.3 \text{ m}$$

$$H \text{ subbase} = (\text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{4}) - H \text{ base}$$

$$= (1.75 \text{ m} \times \frac{1}{2}) - 0.3 \text{ m}$$

$$= 0.1375 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan base} = \gamma \text{ timb Base} \times H \text{ base}$$

$$= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 3 \text{ m}$$

$$= 0.24 \text{ t/m}^2$$

$$q \text{ timbunan subbase} = \gamma \text{ timb Subbase} \times H \text{ subbase}$$

$$= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 0.1375 \text{ m}$$

$$= 0.0825 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma \text{ timb tanah} = 1.9 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ timbunan tanah} = \text{Tinggi timbunan} \times \frac{3}{4}$$

$$= 1,75 \times \frac{3}{4}$$

$$= 1.3125 \text{ m}$$

$$q \text{ timbunan tanah} = H \text{ timbunan tanah} \times \gamma \text{ timb tanah}$$

$$= 1.3125 \text{ m} \times 1.9 \text{ t/m}^3$$

$$= 2.5 \text{ t/m}^2$$

- **Timbunan Tanah Full**

$$\begin{aligned} \gamma \text{ timb tanah} &= 1.9 \text{ t/m}^3 \\ H \text{ timbunan tanah} &= 1.75 \text{ m} \\ q \text{ timbunan tanah} &= \gamma \text{ timb tanah} \times H \text{ timbunan tanah} \\ &= 1.9 \text{ t/m}^3 \times 1.75 \text{ m} \\ &= 3.325 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 5** Rekap Perhitungan Pembebanan Timbunan

| Kombinasi        | qpave            | qbeban | qtimb   | qtot    |
|------------------|------------------|--------|---------|---------|
|                  | t/m <sup>2</sup> |        |         |         |
| Full Mortar Busa | 0.68             | 1.5054 | 1.11    | 3.2954  |
| 3/4 Mortar Busa  | 0.68             | 1.5054 | 1.67875 | 3.86415 |
| 1/2 Mortar Busa  | 0.68             | 1.5054 | 2.2475  | 4.4329  |
| 1/4 Mortar Bussa | 0.68             | 1.5054 | 2.81625 | 5.00165 |
| Full Tanah       | 0.68             | 1.5054 | 3.325   | 5.5104  |

**Timbunan STA 300**

**BH – 03 (2,5 m)**

- **Full Mortar Busa**

$$\begin{aligned} \gamma \text{ timb Base} &= 0.8 \text{ t/m}^3 \\ \gamma \text{ timb Subbase} &= 0.6 \text{ t/m}^3 \\ H \text{ Base} &= 0.3 \text{ m} \\ H \text{ Subbase} &= \text{Hintial} - H \text{ Base} \\ &= 2.5 \text{ m} - 0,3 \text{ m} \\ &= 2.2 \text{ m} \\ q \text{ timbunan base} &= \gamma \text{ timb Base} \times H \text{ base} \\ &= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \\ &= 0.24 \text{ t/m}^2 \\ q \text{ timbunan subbase} &= \gamma \text{ timb Subbase} \times H \text{ subbase} \\ &= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 2.5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 1.32 \text{ t/m}^2$$

- **$\frac{3}{4}$  Mortar Busa  $\frac{1}{4}$  Timbunan**

$$\gamma \text{ timb Base} = 0.8 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma \text{ timb Subbase} = 0.6 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ Base} = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H \text{ subbase} &= (\text{Tinggi timbunan} \times \frac{3}{4}) - H \text{ base} \\ &= (2.5 \text{ m} \times \frac{3}{4}) - 0.3 \text{ m} \\ &= 1.575 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ timbunan base} &= \gamma \text{ timb Base} \times H \text{ base} \\ &= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \\ &= 0.24 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ timbunan subbase} &= \gamma \text{ timb Subbase} \times H \text{ subbase} \\ &= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 1.575 \text{ m} \\ &= 0.945 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\gamma \text{ timb tanah} = 1.9 \text{ t/m}^3$$

$$\begin{aligned} H \text{ timbunan tanah} &= \text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{4} \\ &= 2.5 \times \frac{1}{4} \\ &= 0.625 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ timbunan tanah} &= H \text{ timbunan tanah} \times \gamma \text{ timb tanah} \\ &= 0.625 \text{ m} \times 1.9 \text{ t/m}^3 \\ &= 1.1875 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

- **$\frac{1}{2}$  Mortar Busa  $\frac{1}{2}$  Tanah**

$$\gamma \text{ timb Base} = 0.8 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma \text{ timb Subbase} = 0.6 \text{ t/m}^3$$

$$H \text{ Base} = 0.3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H \text{ subbase} &= (\text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{2}) - H \text{ base} \\ &= (2.5 \text{ m} \times \frac{1}{2}) - 0.3 \text{ m} \\ &= 1.575 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q \text{ timbunan base} &= \gamma \text{ timb Base} \times H \text{ base} \\ &= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0.24 \text{ t/m}^2 \\
 \text{q timbunan subbase} &= \gamma \text{ timb Subbase} \times \text{H subbase} \\
 &= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 1.575 \text{ m} \\
 &= 0.513 \text{ t/m}^2 \\
 \gamma \text{ timb tanah} &= 1.9 \text{ t/m}^3 \\
 \text{H timbunan tanah} &= \text{Tinggi timbunan} : 2 \\
 &= 2.5 : 2 \\
 &= 1.25 \text{ m} \\
 \text{q timbunan tanah} &= \text{H timbunan tanah} \times \gamma \text{ timb tanah} \\
 &= 1.25 \text{ m} \times 1.9 \text{ t/m}^3 \\
 &= 2.375 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

• **¼ Mortar Busa ¾ Timbunan Tanah**

$$\begin{aligned}
 \gamma \text{ timb Base} &= 0.8 \text{ t/m}^3 \\
 \gamma \text{ timb Subbase} &= 0.6 \text{ t/m}^3 \\
 \text{H Base} &= 0.3 \text{ m} \\
 \text{H subbase} &= (\text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{4}) - \text{H base} \\
 &= (2.5 \text{ m} \times \frac{1}{2}) - 0.3 \text{ m} \\
 &= 0.325 \text{ m} \\
 \text{q timbunan base} &= \gamma \text{ timb Base} \times \text{H base} \\
 &= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \\
 &= 0.24 \text{ t/m}^2 \\
 \text{q timbunan subbase} &= \gamma \text{ timb Subbase} \times \text{H subbase} \\
 &= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 0.325 \text{ m} \\
 &= 0.195 \text{ t/m}^2 \\
 \gamma \text{ timb tanah} &= 1.9 \text{ t/m}^3 \\
 \text{H timbunan tanah} &= \text{Tinggi timbunan} \times \frac{3}{4} \\
 &= 2.5 \times \frac{3}{4} \\
 &= 1.875 \text{ m} \\
 \text{q timbunan tanah} &= \text{H timbunan tanah} \times \gamma \text{ timb tanah} \\
 &= 1.875 \text{ m} \times 1.9 \text{ t/m}^3 \\
 &= 3.563 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Timbunan Tanah Full**

$$\begin{aligned} \gamma \text{ timb tanah} &= 1.9 \text{ t/m}^3 \\ H \text{ timbunan tanah} &= 2.5 \text{ m} \\ q \text{ timbunan tanah} &= \gamma \text{ timb tanah} \times H \text{ timbunan tanah} \\ &= 1.9 \text{ t/m}^3 \times 2.5 \text{ m} \\ &= 4.75 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

**tabel 4. 6** Rekap Beban Timbunan dan Kombinasi Mortar Busa pada STA 300

| Kombinasi        | qpave            | qbeban | qtimb  | qtot   |
|------------------|------------------|--------|--------|--------|
|                  | t/m <sup>2</sup> |        |        |        |
| Full Mortar Busa | 0.68             | 1.5054 | 1.56   | 3.7454 |
| 3/4 Mortar Busa  | 0.68             | 1.5054 | 2.3725 | 4.5579 |
| 1/2 Mortar Busa  | 0.68             | 1.5054 | 3.185  | 5.3704 |
| 1/4 Mortar Bussa | 0.68             | 1.5054 | 3.9975 | 6.1829 |
| Full Tanah       | 0.68             | 1.5054 | 4.75   | 6.9354 |

**Timbunan STA 325**

**BH – 05 (3.75 m)**

- **Full Mortar Busa**

$$\begin{aligned} \gamma \text{ timb Base} &= 0.8 \text{ t/m}^3 \\ \gamma \text{ timb Subbase} &= 0.6 \text{ t/m}^3 \\ H \text{ Base} &= 0.3 \text{ m} \\ H \text{ Subbase} &= H_{\text{intial}} - H \text{ Base} \\ &= 3.75 \text{ m} - 0,3 \text{ m} \\ &= 3.45 \text{ m} \\ q \text{ timbunan base} &= \gamma \text{ timb Base} \times H \text{ base} \\ &= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \\ &= 0.24 \text{ t/m}^2 \\ q \text{ timbunan subbase} &= \gamma \text{ timb Subbase} \times H \text{ subbase} \\ &= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 3.45 \text{ m} \\ &= 2.07 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$



- **$\frac{3}{4}$  Mortar Busa  $\frac{1}{4}$  Timbunan**

$$\begin{aligned} \gamma \text{ timb Base} &= 0.8 \text{ t/m}^3 \\ \gamma \text{ timb Subbase} &= 0.6 \text{ t/m}^3 \\ \text{H Base} &= 0.3 \text{ m} \\ \text{H subbase} &= (\text{Tinggi timbunan} \times \frac{3}{4}) - \text{H base} \\ &= (3.75 \text{ m} \times \frac{3}{4}) - 0.3 \text{ m} \\ &= 2.52 \text{ m} \\ q \text{ timbunan base} &= \gamma \text{ timb Base} \times \text{H base} \\ &= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \\ &= 0.24 \text{ t/m}^2 \\ q \text{ timbunan subbase} &= \gamma \text{ timb Subbase} \times \text{H subbase} \\ &= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 2.52 \text{ m} \\ &= 1.5075 \text{ t/m}^2 \\ \gamma \text{ timb tanah} &= 1.9 \text{ t/m}^3 \\ \text{H timbunan tanah} &= \text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{4} \\ &= 3.75 \times \frac{1}{4} \\ &= 0.9375 \text{ m} \\ q \text{ timbunan tanah} &= \text{H timbunan tanah} \times \gamma \text{ timb tanah} \\ &= 0.9375 \text{ m} \times 1.9 \text{ t/m}^3 \\ &= 1.78125 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

- **$\frac{1}{2}$  Mortar Busa  $\frac{1}{2}$  Tanah**

$$\begin{aligned} \gamma \text{ timb Base} &= 0.8 \text{ t/m}^3 \\ \gamma \text{ timb Subbase} &= 0.6 \text{ t/m}^3 \\ \text{H Base} &= 0.3 \text{ m} \\ \text{H subbase} &= (\text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{2}) - \text{H base} \\ &= (3.75 \text{ m} \times \frac{1}{2}) - 0.3 \text{ m} \\ &= 1.575 \text{ m} \\ q \text{ timbunan base} &= \gamma \text{ timb Base} \times \text{H base} \\ &= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \\ &= 0.24 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q \text{ timbunan subbase} &= \gamma \text{ timb Subbase} \times H \text{ subbase} \\
 &= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 1.575 \text{ m} \\
 &= 0.945 \text{ t/m}^2 \\
 \gamma \text{ timb tanah} &= 1.9 \text{ t/m}^3 \\
 H \text{ timbunan tanah} &= \text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{2} \\
 &= 3.75 \times \frac{1}{2} \\
 &= 1.875 \text{ m} \\
 q \text{ timbunan tanah} &= H \text{ timbunan tanah} \times \gamma \text{ timb tanah} \\
 &= 1.875 \text{ m} \times 1.9 \text{ t/m}^3 \\
 &= 3.5625 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

•  **$\frac{1}{4}$  Mortar Busa  $\frac{3}{4}$  Timbunan Tanah**

$$\begin{aligned}
 \gamma \text{ timb Base} &= 0.8 \text{ t/m}^3 \\
 \gamma \text{ timb Subbase} &= 0.6 \text{ t/m}^3 \\
 H \text{ Base} &= 0.3 \text{ m} \\
 H \text{ subbase} &= (\text{Tinggi timbunan} \times \frac{1}{4}) - H \text{ base} \\
 &= (3.75 \text{ m} \times \frac{1}{2}) - 0.3 \text{ m} \\
 &= 0.6375 \text{ m} \\
 q \text{ timbunan base} &= \gamma \text{ timb Base} \times H \text{ base} \\
 &= 0.8 \text{ t/m}^3 \times 0.3 \text{ m} \\
 &= 0.24 \text{ t/m}^2 \\
 q \text{ timbunan subbase} &= \gamma \text{ timb Subbase} \times H \text{ subbase} \\
 &= 0.6 \text{ t/m}^3 \times 0.6375 \text{ m} \\
 &= 0.3825 \text{ t/m}^2 \\
 \gamma \text{ timb tanah} &= 1.9 \text{ t/m}^3 \\
 H \text{ timbunan tanah} &= \text{Tinggi timbunan} \times \frac{3}{4} \\
 &= 3.75 \times \frac{3}{4} \\
 &= 2.8125 \text{ m} \\
 q \text{ timbunan tanah} &= H \text{ timbunan tanah} \times \gamma \text{ timb tanah} \\
 &= 2.8125 \text{ m} \times 1.9 \text{ t/m}^3 \\
 &= 5.34375 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

- **Timbunan Tanah Full**

$$\begin{aligned} \gamma \text{ timb tanah} &= 1.9 \text{ t/m}^3 \\ H \text{ timbunan tanah} &= 3.75 \text{ m} \\ q \text{ timbunan tanah} &= \gamma \text{ timb tanah} \times H \text{ timbunan tanah} \\ &= 1.9 \text{ t/m}^3 \times 3.75 \text{ m} \\ &= 7.125 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

**Tabel 4. 7** Rekap Beban Timbunan dan Kombinasi Mortar Busa pada STA 325

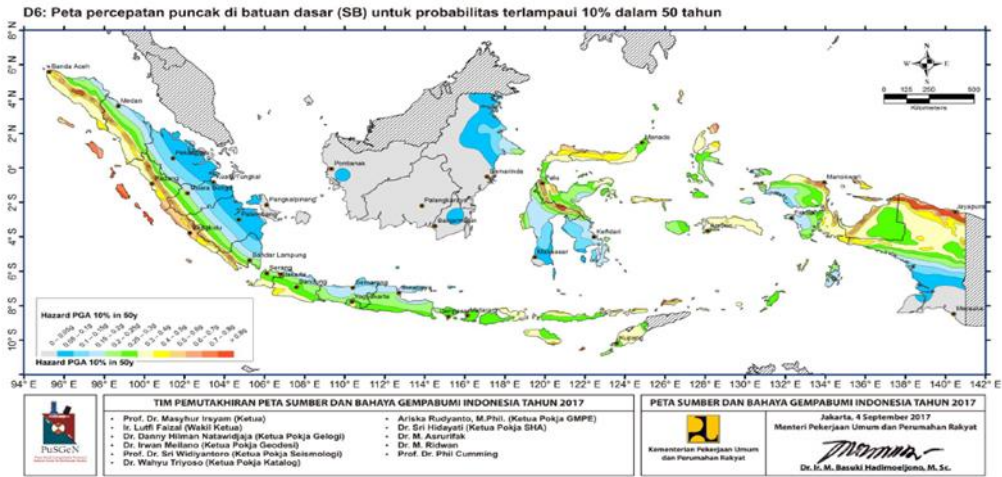
| Kombinasi        | qpave            | qbeban | qtimb   | qtot    |
|------------------|------------------|--------|---------|---------|
|                  | t/m <sup>2</sup> |        |         |         |
| Full Mortar Busa | 0.68             | 1.5054 | 2.31    | 4.4954  |
| 3/4 Mortar Busa  | 0.68             | 1.5054 | 3.52875 | 5.71415 |
| 1/2 Mortar Busa  | 0.68             | 1.5054 | 4.7475  | 6.9329  |
| 1/4 Mortar Bussa | 0.68             | 1.5054 | 5.96625 | 8.15165 |
| Full Tanah       | 0.68             | 1.5054 | 7.125   | 9.3104  |

#### 4.2.2 Koefisien Gempa

Untuk melakukan analisa kestabilan lereng menggunakan metode pseudostatic diperlukan suatu koefisien pseudostatic atau koefisien gempa horizontal (Kh). Fungsi koefisien gempa horizontal adalah untuk mengontrol gaya pseudostatic yang bekerja pada tanah. Perhitungan koefisien gempa pada setiap STA dengan NSPT rata – rata tiap zona dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

| STA     | N-SPT RATA – RATA<br>(KEDALAMAN 30 m) | KONSISTENSI RATA -<br>RATA |
|---------|---------------------------------------|----------------------------|
| STA 275 | 11.55                                 | Stiff                      |
| STA 300 | 11.9                                  | Stiff                      |
| STA 325 | 12.1                                  | Stiff                      |

Dari hasil rata – rata N-SPT tabel diatas kemudian untuk perhitungan digunakan rata – rata N-SPT paling kritis yaitu N-SPT rata – rata 11.55 dengan konsistensi stiff.



**Gambar 4. 1** Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 10% dalam 50 tahun

(Sumber: Kementerian PUPR, 2017)

Menurut peta percepatan diketahui bahwa lokasi proyek *Flyover* Krian STA 0-275, STA 0-300 dan STA 0-325 memiliki nilai SPGA yaitu 0,2 – 0,25 g dengan mengambil nilai terendah maka digunakan 0,2 g.

**Tabel 4. 9** Tabel Nilai FPGA

| Kelas situs | Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, S <sub>s</sub> |                      |                       |                      |                       |
|-------------|---|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|             | S <sub>s</sub> ≤ 0,25   | S <sub>s</sub> = 0,5 | S <sub>s</sub> = 0,75 | S <sub>s</sub> = 1,0 | S <sub>s</sub> ≥ 1,25 |
| SA          | 0,8   | 0,8                  | 0,8                   | 0,8                  | 0,8                   |
| SB          | 1,0   | 1,0                  | 1,0                   | 1,0                  | 1,0                   |
| SC          | 1,2   | 1,2                  | 1,1                   | 1,0                  | 1,0                   |
| SD          | 1,6   | 1,4                  | 1,2                   | 1,1                  | 1,0                   |
| SE          | 2,5   | 1,7                  | 1,2                   | 0,9                  | 0,9                   |
| SF          | SS <sup>b</sup>   |                      |                       |                      |                       |

(Sumber: ASCE 7-10)

Zona 1 memiliki tanah yang lunak sehingga untuk nilai SPGA 0,20 g nilai FPGA dari proses interpolasi diperoleh:

$$\begin{aligned}
 \text{PGAM} &= \text{SPGA} \times \text{FPGA} \\
 &= 0,2 \times 1,2 \\
 &= 0,24 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\text{Kh} = 0,5 \times \text{PGAM}$$

$$= 0,5 \times 0,24$$

$$= 0,12 \text{ g}$$

Kv

$$= 0,5 \times Kh$$

$$= 0,5 \times 0,12$$

$$= 0,06 \text{ g}$$

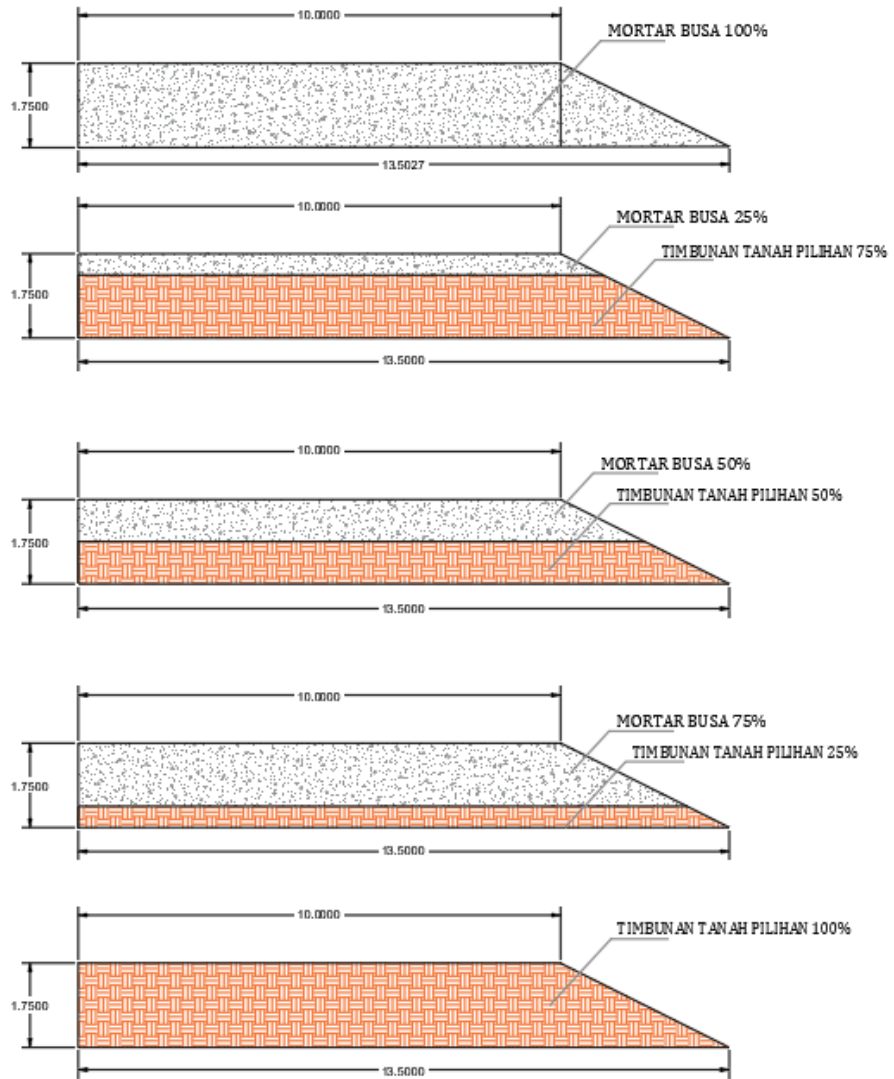
**BAB V**  
**PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERKUATAN**

**5.1 Perhitungan Besar Pemampatan Tanah ( $S_c$ ), Tinggi Timbunan Awal ( $H_{initial}$ ), dan Tinggi Timbunan Akhir ( $H_{final}$ ) Tanah Dasar Tanpa Penggantian**

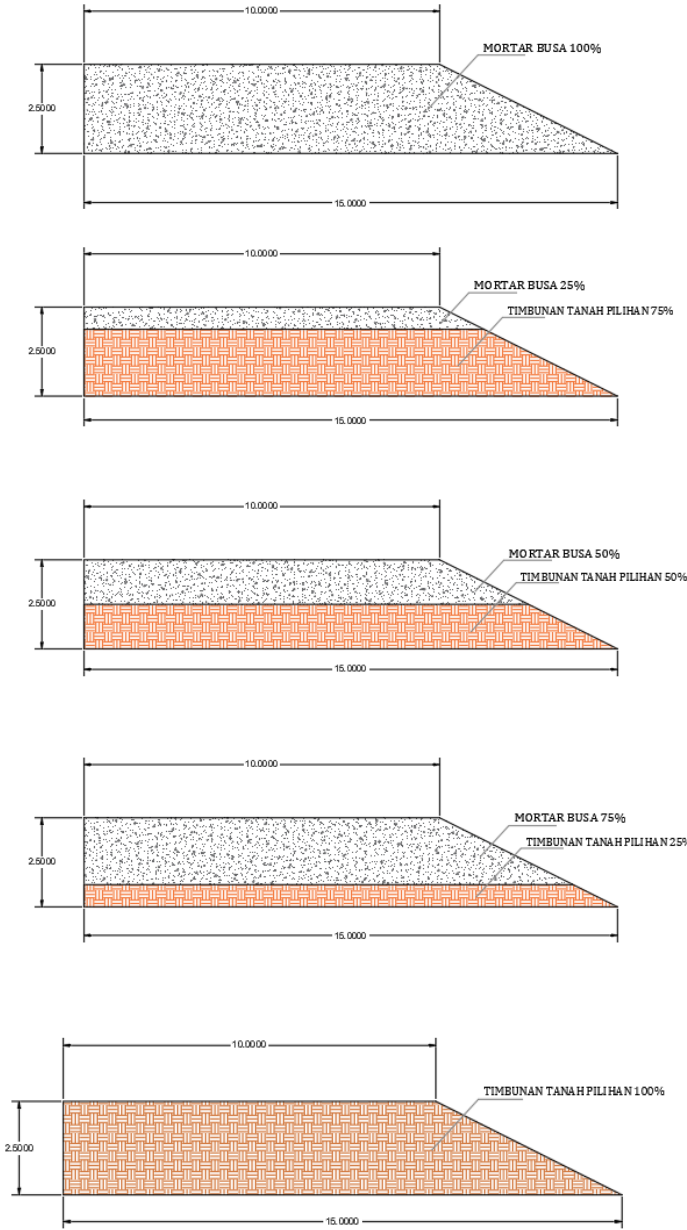
Pemampatan tanah dasar dapat dihitung dari hasil analisis data tanah serta perencanaan pembebanan untuk *flyover*. Pemampatan tanah dasar bisa terjadi akibat dari pemampatan segera (*immidiate settlement*) maupun pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*) yaitu pada saat tanah berada dalam kondisi *overconsolidated* dengan pertimbangan kondisi tanah yang dipengaruhi oleh fluktuasi muka air. Pengaruh dari fluktuasi muka air. Pengaruh dari fluktuasi muka air tersebut menyebabkan terjadinya tegangan sebesar 1,5 t/m<sup>2</sup>.

Dari perhitungan pemampatan ini akan diperoleh nilai besar pemampatan ( $S_c$ ), tinggi timbunan awal ( $H_{initial}$ ), dan tinggi timbunan akhir ( $H_{final}$ ). Untuk sketsa kombinasi timbunan dapat dilihat pada **Gambar 5.1**

# STA 0-275

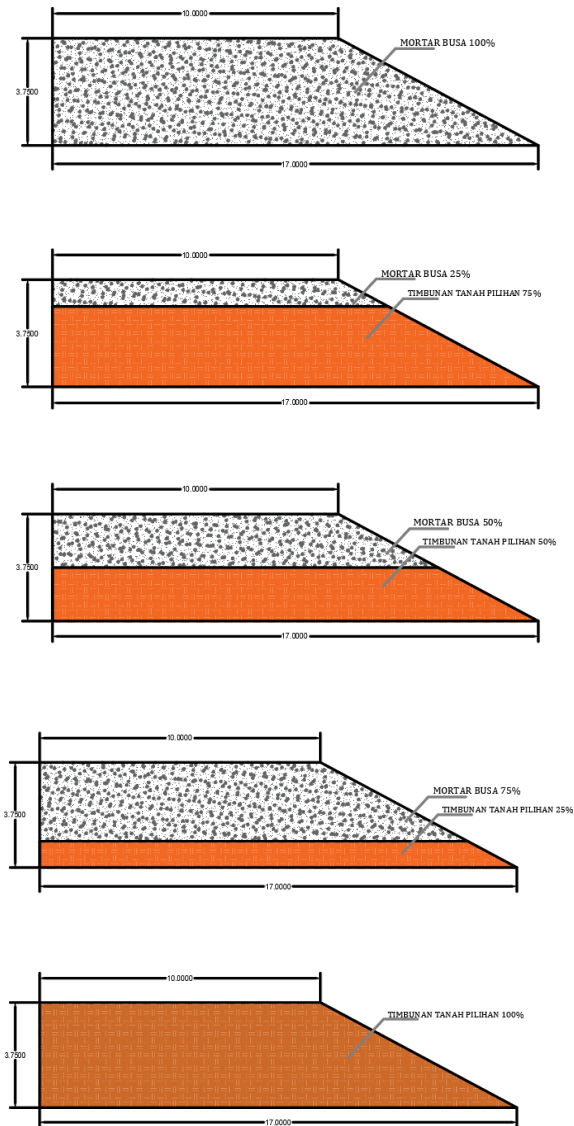


# STA 0-300





## STA 0-325



**Gambar 5. 1** Sketsa Kombinasi Timbunan dengan Mortar Busa

### 5.1.1 Pemampatan Tanah ( $S_c$ ) Di Bawah Timbunan

#### a. Timbunan Tanah Sirtu

Berikut ini contoh perhitungan pemampatan tanah dasar ( $S_c$ ) di lapisan tanah konsistensi medium pada STA 275 akibat timbunan dengan beban perkerasan jalan dan beban jalan raya. Data yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$H_{\text{lapisan}} = 3.5 \text{ m}$$

$$C_c = 0.47$$

|                |  |       |         |
|----------------|--|-------|---------|
| $\gamma_{sat}$ | = 1.83 t/m <sup>2</sup>  | $C_s$ | = 0.123 |
| $\gamma_w$     | = 1 t/m <sup>2</sup>   | $e$   | = 1.05  |
| $\gamma'$      | = 0.83 t/m <sup>2</sup>  |       |         |
| $m$            | = Infinity   |       |         |
| $n$            | = $\frac{y}{z}$  |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(z \text{ lapisan sebelumnya} + z \text{ lapisan})}$ |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(2.75 + 3.75)} = 0.77$                               |       |         |
| $I$            | = 0.18   |       |         |

- Tegangan *Overburden* efektif ( $\sigma'_o$ )

Perhitungan tegangan *overburden* efektif dilakukan di titik tengah lapisan keempat dengan persamaan yaitu sebagai berikut:

$$\sigma'_o = (\sigma'_o \text{ di lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan}))$$

$$\sigma'_o = 2.253 + (0.803 \times (0.5 \times 1.5)) + (0.829 \times (0.5 \times 1.5))$$

$$\sigma'_o = 3.062 \text{ kN/m}^2$$

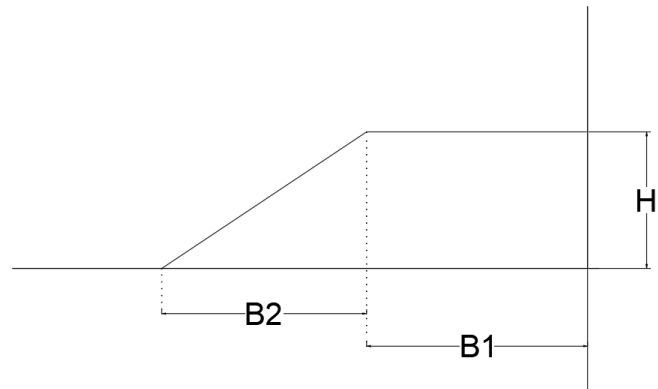
- Distribusi Tegangan ( $\Delta\sigma'$ )

Perhitungan untuk mendapatkan distribusi tegangan akibat timbunan menggunakan persamaan (2.27). Perhitungan menggunakan dua sisi timbunan karena perencanaan kedua sisi berbeda.

$$H_{\text{initial}} = 1.75 \text{ m}$$

$$B_{1\text{timb}} = a_{\text{timb}} = 10 \text{ m}$$

$$B_{2\text{timb}} = b_{\text{timb}} = 3.5 \text{ m}$$



**Gambar 5. 2** Ilustrasi Variable Dimensi Timbunan

$$Z = 3.75 \text{ m}$$

$$H \text{ lapisan} = 0.5 \text{ m}$$

$$y \text{ timbunan} = 1.9 \text{ t/m}^2$$

$$Q_0 = 1.75 \times (1.9 + 1.5) \\ = 4,825 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{a+b}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right) \\ = \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right) \\ = 0.088$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right) \\ = \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right) \\ = 1.212$$

$$\Delta \sigma_z \text{ sisi trapesium} = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{a+b}{b} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{b}{a} \times \alpha_2 \right]$$

$$= \frac{6.040}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} (0.088 + 1.212) - \frac{3.5}{3.75} \times 1.212 \right]$$

$$= 2.382 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta\sigma_z \text{ sisi tegak} = 2 \times I \times Q_0$$

$$= 2 \times 0.18 \times 4.825$$

$$= 2.413 \text{ t/m}^2$$

$$\sum\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_z \text{ sisi trapesium} + \Delta\sigma_z \text{ sisi tegak}$$

$$= 2.382 + 3.474$$

$$= 5.856 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan Pemampatan Konsolidasi Akibat Timbunan ( $S_c$ )

Besar pemampatan dihitung dengan memakai rumus karena tanah dasar berada pada kondisi *overconsolidated soil* (OC – Soil) dengan kondisi dimana jumlah tegangan *overburden* efektif dan distribusi tegangan total lebih besar dari tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_{o} + \Delta\sigma' > P'_c$ ).

Perhitungan pemampatan tanah dasar di bawah timbunan pada lapisan keempat adalah sebagai berikut :

$$\sigma'_{o} + \sum\Delta\sigma_z = 3.062 + 5.856$$

$$= 8.918 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma'_c = \sigma'_{ov} + \sigma_{MAT}$$

$$= 3.062 + 2$$

$$= 5.062 \text{ t/m}^2$$

( $\sigma'_{o} + \sum\Delta\sigma_z > \sigma'_c$ ) digunakan **Persamaan (2-17)**

$$S_c = \left[ \frac{H}{1+e_0} \times C_s \log \left( \frac{\sigma'_c}{\sigma'_{o'}} \right) \right] + \left[ \frac{H}{1+e_0} \times C_c \log \left( \frac{\sigma'_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \right) \right]$$

$$= \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.123 \log \left( \frac{6.062}{3.062} \right) \right] + \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.466 \log \left( \frac{8.918}{5.062} \right) \right]$$

$$= 0.024 \text{ m}$$

a. Timbunan 75% Tanah 25% Mortar Busa

Berikut ini contoh perhitungan pemampatan tanah dasar ( $S_c$ ) di lapisan tanah konsistensi medium pada STA 275 akibat timbunan dengan beban perkerasan jalan dan beban jalan raya. Data tanah yang digunakan adalah sebagai berikut.

|                |  |       |         |
|----------------|--|-------|---------|
| Hlapisan       | = 3.5 m  | $C_c$ | = 0.47  |
| $\gamma_{sat}$ | = 1.83 t/m <sup>2</sup>  | $C_s$ | = 0.123 |
| $\gamma_w$     | = 1 t/m <sup>2</sup>   | $e$   | = 1.05  |
| $\gamma'$      | = 0.83 t/m <sup>2</sup>  |       |         |
| $m$            | = Infinity   |       |         |
| $n$            | = $\frac{y}{z}$  |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(z \text{ lapisan sebelumnya} + z \text{ lapisan})}$ |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(2.75 + 3.75)} = 0.77$                               |       |         |
| $I$            | = 0.18   |       |         |

- Tegangan *overburden* efektif ( $\sigma'_o$ )  
Perhitungan tegangan *overburden* efektif dilakukan di titik tengah lapisan keempat dengan persamaan yaitu sebagai berikut:

$$\sigma'_o = (\sigma'_o \text{ di lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan}))$$

$$\sigma'_o = 2.253 + (0.803 \times (0.5 \times 1.5)) + (0.829 \times (0.5 \times 1.5))$$

$$\sigma'_o = 3.062$$

- Distribusi Tegangan ( $\Delta\sigma'$ )

Perhitungan untuk memperoleh distribusi tegangan akibat timbunan menggunakan persamaan (2.27). Perhitungan menggunakan timbunan pada kedua sisinya.

$$H \text{ initial} = 1.75 \text{ m}$$

$$H_{\text{timbunan}} = 1.32 \text{ m}$$

$$H_{\text{mortar busa}} = 0.43$$

$$B1_{\text{timb}} = a_{\text{timb}} = 10 \text{ m}$$

$$B2_{\text{timb}} = b_{\text{timb}} = 3.5 \text{ m}$$

$$Z = 3.75 \text{ m}$$

$$H \text{ lapisan} = 0.5 \text{ m}$$

$$y \text{ timbunan} = 1.9 \text{ t/m}^2$$

$$Q_0 = (1.313 \times 1.9) + (1.013 \times 0.6) + (0.3 \times 0.8) +$$

1.5

$$= 4,841 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{a+b}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right)$$

$$= 0.088$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right)$$

$$= 1.212$$

$$\Delta\sigma_z \text{ sisi trapesium} = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{a+b}{b} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{b}{a} \times \alpha_2 \right]$$

$$= \frac{4.316}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} (0.088 + 1.212) - \right.$$

$$\left. \frac{3.5}{3.75} \times 1.212 \right]$$

$$\begin{aligned}
&= 2.131 \text{ t/m}^2 \\
\Delta\sigma_z \text{ sisi tegak} &= 4 \times I \times Q_0 \\
&= 4 \times 0.18 \times 4.316 \\
&= 3.108 \text{ t/m}^2 \\
\sum\Delta\sigma_z &= \Delta\sigma_z \text{ sisi trapesium} + \Delta\sigma_z \text{ sisi tegak} \\
&= 2.131 + 3.108 \\
\sum\Delta\sigma_z &= 5.238 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

- Perhitungan Pemampatan Konsolidasi Akibat Timbunan ( $S_c$ )

Besar pemampatan dihitung dengan memakai rumus Persamaan (2-21) dan Persamaan (2-22) karena tanah dasar berada pada kondisi overconsolidated soil (OC – Soil) penggunaannya tergantung kondisi apabila jumlah tegangan overburden efektif dan distribusi tegangan total lebih besar dari tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_o + \Delta\sigma' > P'_c$ ) gunakan Persamaan (2-22) sedangkan apabila sebaliknya ( $\sigma'_o + \Delta\sigma' < P'_c$ ) Persamaan (2-21).

Contoh perhitungan pemampatan tanah dasar akibat timbunan

$$\begin{aligned}
\sigma'_o + \sum\Delta\sigma_z &= 3.062 + 5.238 \\
&= 8.301 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma'_c &= \sigma'_{ov} + \sigma_{MAT} \\
&= 3.062 + 2 \\
&= 5.062 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

( $\sigma'_o + \sum\Delta\sigma_z > \sigma'_c$ ) digunakan **Persamaan (2-17)**

$$\begin{aligned}
S_c &= \left[ \frac{H}{1+e_0} \times C_s \log \left( \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) \right] + \left[ \frac{H}{1+e_0} \times C_c \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \right) \right] \\
&= \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.123 \log \left( \frac{5.062}{3.062} \right) \right] + \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.466 \log \left( \frac{8.301}{5.062} \right) \right]
\end{aligned}$$

$$= 0.030 \text{ m}$$

b. Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa

Berikut ini contoh perhitungan pemampatan tanah dasar ( $S_c$ ) di lapisan tanah konsistensi medium pada STA 275 akibat timbunan dengan beban perkerasan jalan dan beban jalan raya. Data tanah yang digunakan adalah sebagai berikut.

|                |  |       |         |
|----------------|--|-------|---------|
| Hlapisan       | = 3.5 m  | $C_c$ | = 0.47  |
| $\gamma_{sat}$ | = 1.83 t/m <sup>2</sup>  | $C_s$ | = 0.123 |
| $\gamma_w$     | = 1 t/m <sup>2</sup>   | $e$   | = 1.05  |
| $\gamma'$      | = 0.83 t/m <sup>2</sup>  |       |         |
| $m$            | = Infinity   |       |         |
| $n$            | = $\frac{y}{z}$  |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(z \text{ lapisan sebelumnya} + z \text{ lapisan})}$ |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(2.75 + 3.75)} = 0.77$                               |       |         |
| $I$            | = 0.18   |       |         |

- Tegangan *overburden* efektif ( $\sigma'_o$ )  
Perhitungan tegangan *overburden* efektif dilakukan di titik tengah lapisan keempat dengan persamaan yaitu sebagai berikut:

$$\sigma'_o = (\sigma'_o \text{ di lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan}))$$

$$\sigma'_o = 2.253 + (0.803 \times (0.5 \times 1.5)) + (0.829 \times (0.5 \times 1.5))$$

$$\sigma'_o = 3.062$$

- Distribusi Tegangan ( $\Delta\sigma'$ )



Perhitungan untuk memperoleh distribusi tegangan akibat timbunan menggunakan persamaan (2.27). Perhitungan menggunakan timbunan pada kedua sisinya.

$$H \text{ initial} = 1.75 \text{ m}$$

$$H_{\text{timbunan}} = 1.32 \text{ m}$$

$$H_{\text{mortar busa}} = 0.575 \text{ m}$$

$$B1_{\text{timb}} = a_{\text{timb}} = 10 \text{ m}$$

$$B2_{\text{timb}} = b_{\text{timb}} = 3.5 \text{ m}$$

$$Z = 3.75 \text{ m}$$

$$H \text{ lapisan} = 0.5 \text{ m}$$

$$y \text{ timbunan} = 1.9 \text{ t/m}^2$$

$$Q_0 = (0.875 \times 1.9) + (0.575 \times 0.6) + (0.3 \times 0.8) +$$

1.5

$$= 3.748 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{a+b}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right)$$

$$= 0.088$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right)$$

$$= 1.212$$

$$\Delta \sigma_z \text{ sisi trapesium} = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{a+b}{b} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{b}{a} \times \alpha_2 \right]$$

$$= \frac{3.748}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} (0.088 + 1.212) - \right.$$

$$\left. \frac{3.5}{3.75} \times 1.212 \right]$$

$$\begin{aligned}
&= 1.850 \text{ t/m}^2 \\
\Delta\sigma_z \text{ sisi tegak} &= 4 \times I \times 3.748 \\
&= 4 \times 0.18 \times 3.748 \\
&= 2.698 \text{ t/m}^2 \\
\sum\Delta\sigma_z &= \Delta\sigma_z \text{ sisi trapesium} + \Delta\sigma_z \text{ sisi tegak} \\
&= 1.850 + 2.698 \\
\sum\Delta\sigma_z &= 4.548 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

- Perhitungan Pemampatan Konsolidasi Akibat Timbunan ( $S_c$ )

Besar pemampatan dihitung dengan memakai rumus Persamaan (2-21) dan Persamaan (2-22) karena tanah dasar berada pada kondisi overconsolidated soil (OC – Soil) penggunaannya tergantung kondisi apabila jumlah tegangan overburden efektif dan distribusi tegangan total lebih besar dari tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_o + \Delta\sigma' > P'_c$ ) gunakan Persamaan (2-22) sedangkan apabila sebaliknya ( $\sigma'_o + \Delta\sigma' < P'_c$ ) Persamaan (2-21).

Contoh perhitungan pemampatan tanah dasar akibat timbunan

$$\begin{aligned}
\sigma'_o + \sum\Delta\sigma_z &= 3.062 + 4.548 \\
&= 7.610 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma'_c &= \sigma'_{ov} + \sigma_{MAT} \\
&= 3.062 + 2 \\
&= 5.062 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

( $\sigma'_o + \sum\Delta\sigma_z > \sigma'_c$ ) digunakan **Persamaan (2-17)**

$$\begin{aligned}
S_c &= \left[ \frac{H}{1+e_o} \times C_s \log \left( \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) \right] + \left[ \frac{H}{1+e_o} \times C_c \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \right) \right] \\
&= \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.123 \log \left( \frac{5.062}{3.062} \right) \right] + \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.466 \log \left( \frac{7.610}{5.062} \right) \right]
\end{aligned}$$

$$= 0.027 \text{ m}$$

c. Timbunan 25% Tanah 75% Mortar Busa

Berikut ini contoh perhitungan pemampatan tanah dasar ( $S_c$ ) di lapisan tanah konsistensi medium pada STA 275 akibat timbunan dengan beban perkerasan jalan dan beban jalan raya. Data tanah yang digunakan adalah sebagai berikut.

|                |  |       |         |
|----------------|--|-------|---------|
| Hlapisan       | = 3.5 m  | $C_c$ | = 0.47  |
| $\gamma_{sat}$ | = 1.83 t/m <sup>2</sup>  | $C_s$ | = 0.123 |
| $\gamma_w$     | = 1 t/m <sup>2</sup>   | $e$   | = 1.05  |
| $\gamma'$      | = 0.83 t/m <sup>2</sup>  |       |         |
| $m$            | = Infinity   |       |         |
| $n$            | = $\frac{y}{z}$  |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(z \text{ lapisan sebelumnya} + z \text{ lapisan})}$ |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(2.75 + 3.75)} = 0.77$                               |       |         |
| $I$            | = 0.18   |       |         |

- Tegangan *overburden* efektif ( $\sigma'_o$ )  
Perhitungan tegangan *overburden* efektif dilakukan di titik tengah lapisan keempat dengan persamaan yaitu sebagai berikut:

$$\sigma'_o = (\sigma'_o \text{ di lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan}))$$

$$\sigma'_o = 2.253 + (0.803 \times (0.5 \times 1.5)) + (0.829 \times (0.5 \times 1.5))$$

$$\sigma'_o = 3.062$$

- Distribusi Tegangan ( $\Delta\sigma'$ )

Perhitungan untuk memperoleh distribusi tegangan akibat timbunan menggunakan persamaan (2.27). Perhitungan menggunakan timbunan pada kedua sisinya.

$$H \text{ initial} = 1.75 \text{ m}$$

$$H_{\text{timbunan}} = 1.32 \text{ m}$$

$$H_{\text{mortar busa}} = 1.313 \text{ m}$$

$$B1_{\text{timb}} = a_{\text{timb}} = 10 \text{ m}$$

$$B2_{\text{timb}} = b_{\text{timb}} = 3.5 \text{ m}$$

$$Z = 3.75 \text{ m}$$

$$H \text{ lapisan} = 0.5 \text{ m}$$

$$y \text{ timbunan} = 1.9 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_0 &= (0.438 \times 1.9) + (0.1.013 \times 0.6) + (0.3 \times 0.8) + 1.5 \\ &= 3.179 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{a+b}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right) \\ &= \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right) \\ &= 0.088 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right) \\ &= \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right) \\ &= 1.212 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \sigma_z \text{ sisi trapesium} &= \frac{3.179}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{a+b}{b} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{b}{a} \times \alpha_2 \right] \\ &= \frac{3.179}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} (0.088 + 1.212) - \right. \end{aligned}$$

$$\left. \frac{3.5}{3.75} \times 1.212 \right]$$

$$\begin{aligned}
&= 1.569 \text{ t/m}^2 \\
\Delta\sigma_z \text{ sisi tegak} &= 4 \times I \times 3.179 \\
&= 4 \times 0.18 \times 3.179 \\
&= 2.289 \text{ t/m}^2 \\
\sum\Delta\sigma_z &= \Delta\sigma_z \text{ sisi trapesium} + \Delta\sigma_z \text{ sisi tegak} \\
&= 1.569 + 2.289 \\
\sum\Delta\sigma_z &= 3.858 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

- Perhitungan Pemampatan Konsolidasi Akibat Timbunan ( $S_c$ )

Besar pemampatan dihitung dengan memakai rumus Persamaan (2-21) dan Persamaan (2-22) karena tanah dasar berada pada kondisi overconsolidated soil (OC – Soil) penggunaannya tergantung kondisi apabila jumlah tegangan overburden efektif dan distribusi tegangan total lebih besar dari tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_o + \Delta\sigma' > P'_c$ ) gunakan Persamaan (2-22) sedangkan apabila sebaliknya ( $\sigma'_o + \Delta\sigma' < P'_c$ ) Persamaan (2-21).

Contoh perhitungan pemampatan tanah dasar akibat timbunan

$$\begin{aligned}
\sigma'_o + \sum\Delta\sigma_z &= 3.062 + 3.858 \\
&= 6.920 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma'_c &= \sigma'_{ov} + \sigma_{MAT} \\
&= 3.062 + 2 \\
&= 5.062 \text{ t/m}^2
\end{aligned}$$

( $\sigma'_o + \sum\Delta\sigma_z > \sigma'_c$ ) digunakan **Persamaan (2-17)**

$$\begin{aligned}
S_c &= \left[ \frac{H}{1+e_o} \times C_s \log \left( \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) \right] + \left[ \frac{H}{1+e_o} \times C_c \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \right) \right] \\
&= \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.123 \log \left( \frac{5.062}{3.062} \right) \right] + \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.466 \log \left( \frac{6.920}{5.062} \right) \right]
\end{aligned}$$

$$= 0.022 \text{ m}$$

d. Timbunan Mortar Busa

Berikut ini contoh perhitungan pemampatan tanah dasar ( $S_c$ ) di lapisan tanah konsistensi medium pada STA 275 akibat timbunan dengan beban perkerasan jalan dan beban jalan raya. Data tanah yang digunakan adalah sebagai berikut.

|                |  |       |         |
|----------------|--|-------|---------|
| Hlapisan       | = 3.5 m  | $C_c$ | = 0.47  |
| $\gamma_{sat}$ | = 1.83 t/m <sup>2</sup>  | $C_s$ | = 0.123 |
| $\gamma_w$     | = 1 t/m <sup>2</sup>   | $e$   | = 1.05  |
| $\gamma'$      | = 0.83 t/m <sup>2</sup>  |       |         |
| $m$            | = Infinity   |       |         |
| $n$            | = $\frac{y}{z}$  |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(z \text{ lapisan sebelumnya} + z \text{ lapisan})}$ |       |         |
| $n$            | = $\frac{5}{(2.75 + 3.75)} = 0.77$                               |       |         |
| $I$            | = 0.18   |       |         |

- Tegangan *overburden* efektif ( $\sigma'_o$ )  
Perhitungan tegangan *overburden* efektif dilakukan di titik tengah lapisan keempat dengan persamaan yaitu sebagai berikut:

$$\sigma'_o = (\sigma'_o \text{ di lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan sebelumnya}) + (\gamma' \times (0.5 \times \text{Tebal Lapisan}))$$

$$\sigma'_o = 2.253 + (0.803 \times (0.5 \times 1.5)) + (0.829 \times (0.5 \times 1.5))$$

$$\sigma'_o = 3.062$$

- Distribusi Tegangan ( $\Delta\sigma'$ )

Perhitungan untuk memperoleh distribusi tegangan akibat timbunan menggunakan persamaan (2.27). Perhitungan menggunakan timbunan pada kedua sisinya.

$$H \text{ initial} = 1.75 \text{ m}$$

$$H \text{ mortar busa} = 1.75 \text{ m}$$

$$B1 \text{ timb} = a \text{ timb} = 10 \text{ m}$$

$$B2 \text{ timb} = b \text{ timb} = 3.5 \text{ m}$$

$$Z = 3.75 \text{ m}$$

$$H \text{ lapisan} = 0.5 \text{ m}$$

$$y \text{ timbunan} = 1.9 \text{ t/m}^2$$

$$Q_0 = (1.450 \times 0.6) + (0.3 \times 0.8) + 1.5 \\ = 2.610 \text{ t/m}^2$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{a+b}{z} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right) \\ = \tan^{-1} \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} - \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right) \\ = 0.088$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left( \frac{b}{z} \right) \\ = \tan^{-1} \left( \frac{3.5}{3.75} \right) \\ = 1.212$$

$$\Delta \sigma_z \text{ sisi trapesium} = \frac{Q_0}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{a+b}{b} \right) \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{b}{a} \times \alpha_2 \right] \\ = \frac{2.610}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{10+3.5}{3.75} \right) \right\} (0.088 + 1.212) - \right. \\ \left. \frac{3.5}{3.75} \times 1.212 \right] \\ = 1.288 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_z \text{ sisi tegak} &= 4 \times I \times Q_0 \\ &= 4 \times 0.18 \times 2.610 \\ &= 1.879 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum\Delta\sigma_z &= \Delta\sigma_z \text{ sisi trapesium} + \Delta\sigma_z \text{ sisi tegak} \\ &= 1.212 + 1.879\end{aligned}$$

$$\sum\Delta\sigma_z = 3.168 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan Pemampatan Konsolidasi Akibat Timbunan ( $S_c$ )

Besar pemampatan dihitung dengan memakai rumus Persamaan (2-21) dan Persamaan (2-22) karena tanah dasar berada pada kondisi overconsolidated soil (OC – Soil) penggunaannya tergantung kondisi apabila jumlah tegangan overburden efektif dan distribusi tegangan total lebih besar dari tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_o + \Delta\sigma' > P'_c$ ) gunakan Persamaan (2-22) sedangkan apabila sebaliknya ( $\sigma'_o + \Delta\sigma' < P'_c$ ) Persamaan (2-21).

Contoh perhitungan pemampatan tanah dasar akibat timbunan

$$\begin{aligned}\sigma'_o + \sum\Delta\sigma_z &= 3.062 + 3.168 \\ &= 6.230 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_c &= \sigma'_{ov} + \sigma_{MAT} \\ &= 3.062 + 2 \\ &= 5.062 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

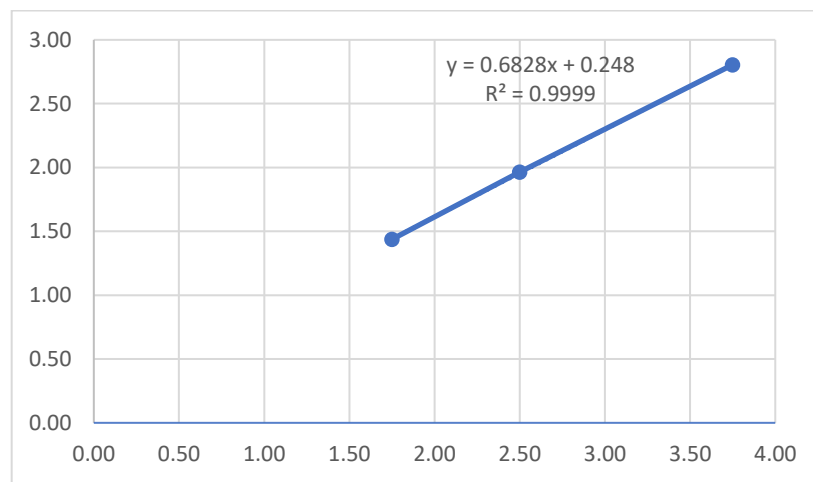
( $\sigma'_o + \sum\Delta\sigma_z > \sigma'_c$ ) digunakan **Persamaan (2-17)**

$$\begin{aligned}S_c &= \left[ \frac{H}{1+e_0} \times C_s \log \left( \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) \right] + \left[ \frac{H}{1+e_0} \times C_c \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \right) \right] \\ &= \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.123 \log \left( \frac{5.062}{3.062} \right) \right] + \left[ \frac{0.5}{1+1.058} \times 0.466 \log \left( \frac{6.230}{5.062} \right) \right] \\ &= 0.010 \text{ m}\end{aligned}$$



### 5.1.2 Perhitungan tinggi Timbunan awal (Hinitial) dan Tinggi Timbunan Akhir (Hfinal) Pada Timbunan Tanah Sirtu

Tinggi awal timbunan (Hinitial) diperoleh dari grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan pada proses perhitungan nilai Sc sebelumnya. Nilai tinggi timbunan akhir didapatkan dari tinggi awal timbunan dikurangi nilai Sc. Maka, grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan dapat diperoleh. Perhitungan nilai tinggi awal pada timbunan penuh tanah sirtu STA 275 menggunakan grafik hubungan pada **Gambar 5.3** adalah sebagai berikut



**Gambar 5.3** Hubungan Hinitial dan Hfinal pada Timbunan Penuh Tanah pada STA 275

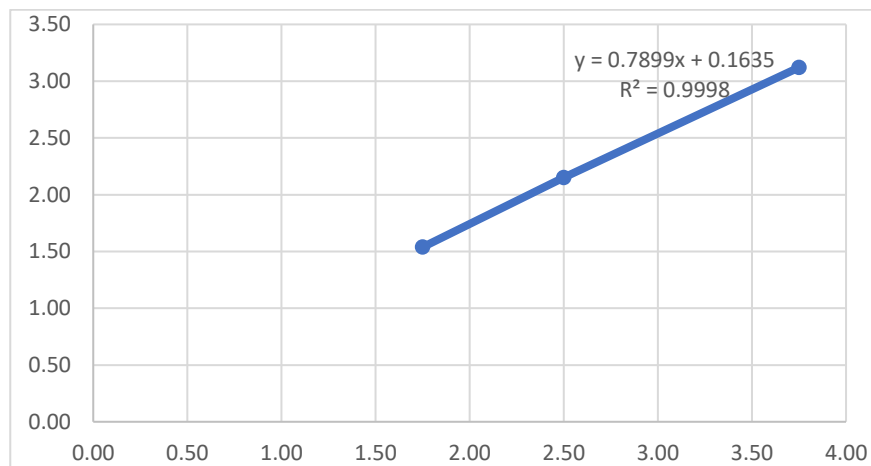
(Sumber : Hasil Analisa)

Sehingga untuk mengetahui Hinitial yang diperlukan berdasarkan pada **Gambar 5.3** adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Hinitial} &= \frac{H_{\text{final}} + 0.248}{0.6828} \\ &= \frac{1.75 + 0.248}{0.6828} \\ &= 2.92 \text{ m} \end{aligned}$$

### 5.1.3 Perhitungan tinggi timbunan awal (Hinitial) dan Tinggi timbunan Akhir (Hfinal) Pada Timbunan 25% Mortar Busa 75% Tanah Sirtu

Tinggi awal timbunan (Hinitial) diperoleh dari grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan pada proses perhitungan nilai Sc sebelumnya. Nilai tinggi timbunan akhir didapatkan dari tinggi awal timbunan dikurangi nilai Sc. Maka, grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan dapat diperoleh. Perhitungan nilai tinggi awal pada timbunan 25% mortar busa 75% tanah sirtu tanah sirtu STA 275 menggunakan grafik hubungan pada **Gambar 5.4** adalah sebagai berikut



**Gambar 5. 4** Hubungan Hinitial dan Hfinal pad Timbunan Penuh Tanah pada STA 275

(Sumber : Hasil Analisa)

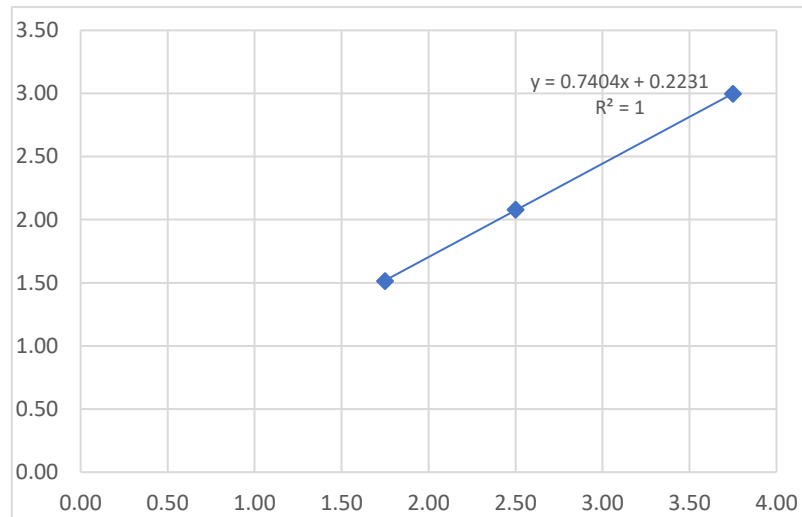
Sehingga untuk mengetahui Hinitial yang diperlukan berdasarkan pada **Gambar 5.4** adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Hinitial} &= \frac{H_{\text{final}} + 0.1635}{0.7899} \\
 &= \frac{1.75 + 0.1635}{0.7899} \\
 &= 2.35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

#### 5.1.4 Perhitungan tinggi Timbunan awal (Hinitial) dan Tinggi timbunan akhir (Hfinal) pada timbunan 50% Mortar Busa 50% Tanah Sirtu

Tinggi awal timbunan (Hinitial) diperoleh dari grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan pada proses perhitungan nilai Sc sebelumnya. Nilai tinggi timbunan akhir didapatkan dari tinggi awal timbunan

dikurangi nilai Sc. Maka, grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan dapat diperoleh. perhitungan nilai tinggi awal pada timbunan 50% mortar busa 50% tanah sirtu tanah sirtu STA 275 menggunakan grafik hubungan pada **Gambar 5.5** adalah sebagai berikut



**Gambar 5. 5** Hubungan Hinitial dan Hfinal pad Timbunan Penuh Tanah pada STA 275

(Sumber : Hasil Analisa)

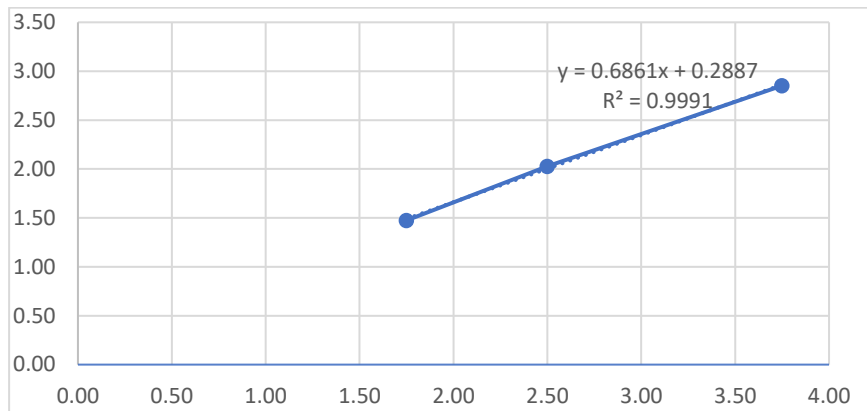
Sehingga untuk mengetahui Hinitial yang diperlukan berdasarkan pada **Gambar 5.5** adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Hinitial} &= \frac{H_{\text{final}} + 0.2231}{0.7404} \\
 &= \frac{1.75 + 0.2231}{0.7404} \\
 &= 2.67 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 5.1.5 Perhitungan tinggi timbunan awal (Hinitial) dan Tinggi timbunan Akhir (Hfinal) pada Timbunan 75% Mortar Busa 25% Tanah Sirtu

Tinggi awal timbunan (Hinitial) diperoleh dari grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan pada proses perhitungan nilai Sc sebelumnya. Nilai tinggi timbunan akhir didapatkan dari tinggi awal timbunan dikurangi nilai Sc. Maka, grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan dapat diperoleh. perhitungan nilai tinggi awal pada timbunan 75%

mortar busa 25% tanah sirtu tanah sirtu STA 275 menggunakan grafik hubungan pada **Gambar 5.6** adalah sebagai berikut



**Gambar 5. 6** Hubungan Hinitial dan Hfinal pad Timbunan Penuh Tanah pada STA 275

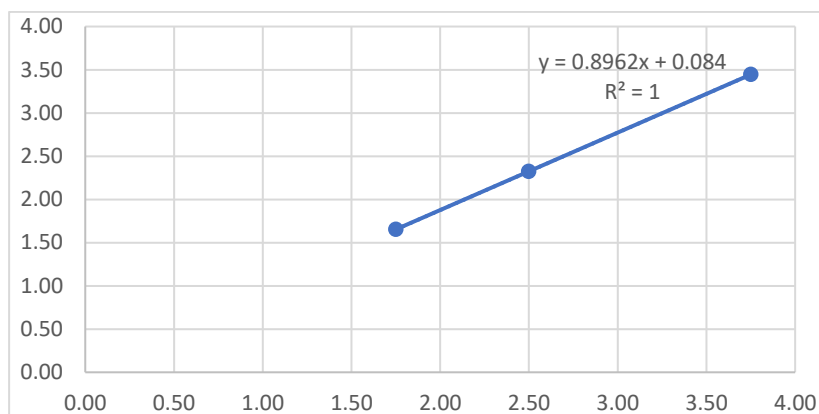
(Sumber : Hasil Analisa)

Sehingga untuk mengetahui Hinitial yang diperlukan berdasarkan pada **Gambar 5.6** adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Hinitial} &= \frac{H_{final} + 0.2887}{0.6861} \\
 &= \frac{1.75 + 0.2887}{0.6861} \\
 &= 2.97 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 5.1.6 Perhitungan tinggi timbunan awal (Hinitial) dan Tinggi timbunan Akhir (Hfinal) pada Timbunan 100% Mortar Busa

Tinggi awal timbunan (Hinitial) diperoleh dari grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan pada proses perhitungan nilai Sc sebelumnya. Nilai tinggi timbunan akhir didapatkan dari tinggi awal timbunan dikurangi nilai Sc. Maka, grafik hubungan antara tinggi awal timbunan dan tinggi akhir timbunan dapat diperoleh. perhitungan nilai tinggi awal pada timbunan 100% mortar busa tanah sirtu STA 275 menggunakan grafik hubungan pada **Gambar 5.7** adalah sebagai berikut



**Gambar 5. 7** Hubungan Hinitial dan Hfinal pad Timbunan Penuh Tanah pada STA 275

(Sumber : Hasil Analisa)

Sehingga untuk mengetahui Hinitial yang diperlukan berdasarkan pada **Gambar 5.7** adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Hinitial} &= \frac{H_{final} + 0.084}{0.8962} \\
 &= \frac{1.75 + 0.084}{0.8962} \\
 &= 2.1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kemudian untuk rekap hasil Sc dengan Hinitial pada STA 275, STA 300 dan STA 325 pada semua kombinasi timbunan dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

**Tabel 5. 1**

| BH            | STA 275 | STA 300 | STA 325 |
|---------------|---------|---------|---------|
| TINGGI (m)    | 1.75    | 2.5     | 3.75    |
| DATA TANAH    |         |         |         |
| H Initial (m) |         |         |         |
| Full Tanah    | 2.92    | 4.02    | 5.85    |
| 3/4 Mortar    | 2.35    | 3.29    | 4.86    |
| 1/2 Mortar    | 2.66    | 3.68    | 5.36    |
| 1/4 Mortar    | 2.97    | 4.06    | 5.88    |
| Full Mortar   | 2.05    | 2.89    | 4.29    |
| SC (m)        |         |         |         |
| Full Tanah    | 0.31    | 0.54    | 0.94    |
| 3/4 Mortar    | 0.21    | 0.35    | 0.63    |
| 1/2 Mortar    | 0.23    | 0.42    | 0.75    |
| 1/4 Mortar    | 0.28    | 0.47    | 0.90    |
| Full Mortar   | 0.10    | 0.18    | 0.31    |

(Sumber : Hasil Analisa)

## 5.2 Perhitungan Besar Pemampatan Tanah ( $S_c$ ), Tinggi Timbunan Awal ( $H_{initial}$ ), dan Tinggi Timbunan Akhir ( $H_{final}$ ) Dengan Penggantian Tanah Dasar setebal 1 meter

Pemampatan tanah dasar dapat dihitung dari hasil analisis data tanah serta perencanaan pembebanan untuk *flyover*. Pemampatan tanah dasar bisa terjadi akibat dari pemampatan segera (*immediate settlement*) maupun pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*) yaitu pada saat tanah berada dalam kondisi *overconsolidated* dengan pertimbangan kondisi tanah yang dipengaruhi oleh fluktuasi muka air. Pengaruh dari fluktuasi muka air. Pengaruh dari fluktuasi muka air tersebut menyebabkan terjadinya tegangan sebesar 1,5 t/m<sup>2</sup>.

Dari perhitungan pemampatan ini akan diperoleh nilai besar pemampatan ( $S_c$ ), tinggi timbunan awal ( $H_{initial}$ ), dan tinggi timbunan akhir ( $H_{final}$ ). Untuk rekap  $H_{initial}$  dengan  $S_c$  dapat dilihat pada **Tabel 5.2**.

**Tabel 5. 2** Rekapitulasi Hasil Perhitungan  $H_{initial}$  dan  $S_c$  Dengan Pergantian Tanah Dasar setebal 1 meter

| BH                   | STA 275 | STA 300 | STA 325 |
|----------------------|---------|---------|---------|
| TINGGI (m)           | 1.75    | 2.5     | 3.75    |
|                      |         |         |         |
| <b>H Initial (m)</b> |         |         |         |
| Full Tanah           | 2.27    | 3.07    | 4.40    |
| 3/4 Mortar           | 1.89    | 2.67    | 3.99    |
| 1/2 Mortar           | 1.91    | 2.71    | 4.03    |
| 1/4 Mortar           | 1.96    | 2.77    | 4.11    |
| Full Mortar          | 1.79    | 2.55    | 3.82    |
| <b>SC (m)</b>        |         |         |         |
| Full Tanah           | 0.088   | 0.087   | 0.204   |
| 3/4 Mortar           | 0.052   | 0.044   | 0.140   |
| 1/2 Mortar           | 0.060   | 0.059   | 0.166   |
| 1/4 Mortar           | 0.070   | 0.071   | 0.203   |
| Full Mortar          | 0.046   | 0.011   | 0.074   |

(Sumber : Hasil Analisa)

### 5.3 Perhitungan Besar dan Lama Waktu Pemampatan Tanah Dasar

#### 5.3.1 Besar dan Lama Waktu Pemampatan untuk Lapisan Tanah Dasar Eksisting

Setelah didapatkan nilai besar pemampatan yang terjadi di bawah timbunan pada setiap STA selanjutnya dilakukan perhitungan waktu pemampatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan total. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui apakah perlu atau tidak waktu pemampatan tersebut dipercepat.

Berikut ini akan diberikan contoh perhitungan waktu pemampatan timbunan yang menggunakan data tanah STA 275. Berikut merupakan data tanah yang diperlukan dan perhitungan waktu pemampatan.

$$\begin{aligned} \text{Tebal Lapisan} &= 9 \text{ m} \\ \text{Hdr Double Drainage} &= \text{Tebal lapisan} / 2 \\ &= 9 \text{ m} / 2 \\ &= 4.5 \text{ m} \\ \text{Cv Gabungan} &= 0,00000067 \text{ m}^2/\text{s} \\ \text{Derajat konsolidasi (U)} &= 90 \% \\ \text{Tv} &= 1,781 - (0,933 \log(100-U\%)) \\ &= 0,848 \\ t &= Tv \times \text{Hdr}^2 \div Cv \\ &= 0.848 \times 4.75^2 \div 0.000000067 \\ &= 3288.932 \text{ hari} \\ &= 9.01 \text{ tahun} \end{aligned}$$

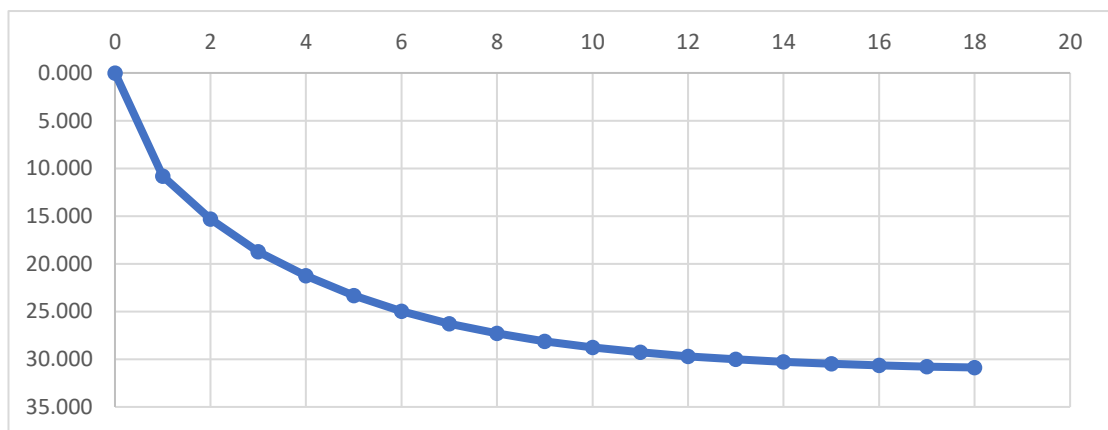
Dilakukan pengecekan penurunan maksimum per tahun yang terjadi pada STA 275 yang disyaratkan menurut PUPR penurunan maksimal per tahun adalah 2 cm. Dilakukan perhitungan penurunan pada per tahun pada timbunan full tanah busa STA 275 yang mengalami penurunan terkecil, perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.3.**

**Tabel 5. 3 Perhitungan Sc Per Tahun Pada Timbunan Full Tanah Pada STA 275**

| t | Cv                |                       | Hdr  | Tv       | U    |         | U Pakai | Sc    | Sc per Tahun |        |        | Selisih Sc per Tahun |
|---|-------------------|-----------------------|------|----------|------|---------|---------|-------|--------------|--------|--------|----------------------|
|   | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |      |          | m    | Rumus 1 |         |       | Rumus 2      | m      | m      |                      |
| 0 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 0.00E+00 | 0%   | 19%     | 0%      | 0.313 | 0.000        | 0.000  | 0.000  |                      |
| 1 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 9.41E-02 | 35%  | 36%     | 35%     | 0.313 | 0.108        | 10.818 | 10.818 |                      |
| 2 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 1.88E-01 | 49%  | 49%     | 49%     | 0.313 | 0.153        | 15.299 | 4.481  |                      |
| 3 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 2.82E-01 | 60%  | 60%     | 60%     | 0.313 | 0.187        | 18.737 | 3.438  |                      |
| 4 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 3.76E-01 | 69%  | 68%     | 68%     | 0.313 | 0.212        | 21.244 | 2.508  |                      |
| 5 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 4.71E-01 | 77%  | 75%     | 75%     | 0.313 | 0.233        | 23.318 | 2.074  |                      |
| 6 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 5.65E-01 | 85%  | 80%     | 80%     | 0.313 | 0.250        | 24.963 | 1.644  |                      |
| 7 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 6.59E-01 | 92%  | 84%     | 84%     | 0.313 | 0.263        | 26.266 | 1.303  |                      |
| 8 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 7.53E-01 | 98%  | 87%     | 87%     | 0.313 | 0.273        | 27.299 | 1.033  |                      |
| 9 | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75 | 8.47E-01 | 104% | 90%     | 90%     | 0.313 | 0.281        | 28.118 | 0.819  |                      |

(Sumber : Hasil Analisa)

Untuk grafik *Rate of settlement* dapat dilihat pada **Gambar 5.8**



**Gambar 5. 8** Grafik Rate of Settlement Timbunan Full Tanah Pada STA 275

Kemudian dibuat rekap *settlement* pada semua kombinasi timbunan dengan mortar busa dengan tinggi mortar busa pada STA 275 dapat dilihat pada **Tabel 5.4.**

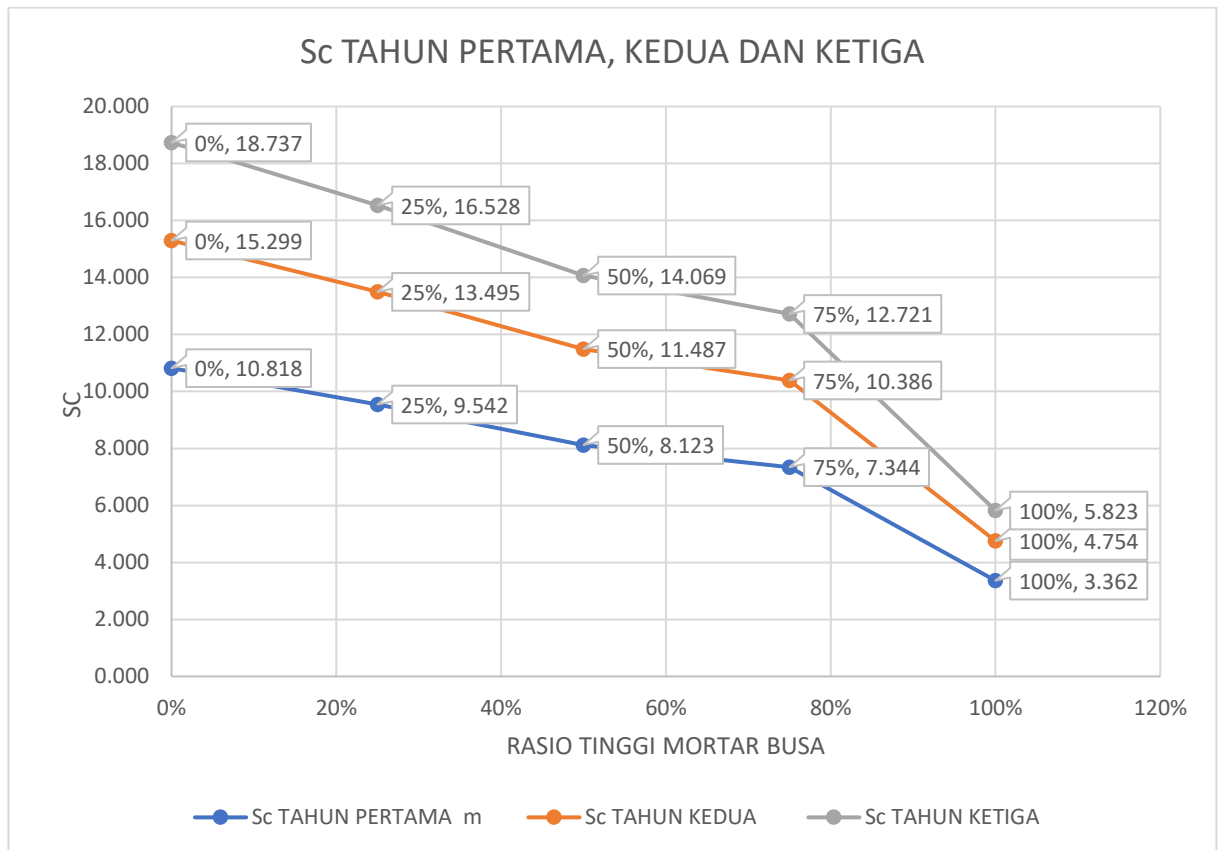


**Tabel 5. 4** Rekap Sc Pada Semua Kombinasi Timbunan STA 275

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO PRESENTASE MORTAR BUSA TERHADAP TANAH | Sc TAHUN PERTAMA | Sc TAHUN KEDUA | Sc TAHUN KETIGA |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|---|------------------|----------------|-----------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %   | m                | m              | m               |
| 275 | 2.15            | 1.75                        | 1.75                  | 0                  | 0%  | 10.818           | 15.299         | 18.737          |
|     |                 |                             | 1.3125                | 0.4375             | 25%   | 9.542            | 13.495         | 16.528          |
|     |                 |                             | 0.875                 | 0.875              | 50%   | 8.123            | 11.487         | 14.069          |
|     |                 |                             | 0.4375                | 1.3125             | 75%   | 7.344            | 10.386         | 12.721          |
|     |                 |                             | 0                     | 1.75               | 100%  | 3.362            | 4.754          | 5.823           |

(Sumber : Hasil Analisa)

Dari **Tabel 5.4** kemudian dibentuk grafik antara Sc tahun pertama, Sc tahun kedua dan Sc tahun ketiga dengan tinggi mortar busa pada **Gambar 5.9**.



**Gambar 5. 9** Grafik Hubungan Sc Tahun Pertama, Sc Tahun Kedua dan Sc Tahun Ketiga dengan Tinggi Mortar Busa Pada setiap Kombinasi Timbunan STA 275

(Sumber : Hasil Analisa)

### 5.3.2 Besar dan Lama Waktu Pemampatan untuk Kondisi Lapisan Tanah Dasar Diganti Setebal 1 meter

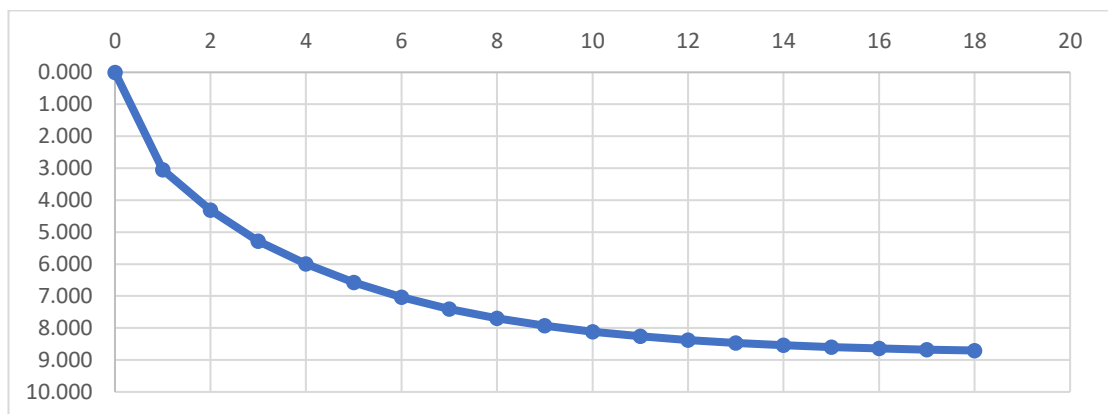
Setelah itu juga dilakukan pencarian nilai  $S_c$  dengan menghilangkan lapisan tanah paling atas untuk diganti dengan lapisan tanah yang lebih baik. Hal ini dilakukan bertujuan juga untuk bisa mendapatkan selisih  $S_c$  yang sesuai dengan standar yaitu kurang dari 2 cm per tahun. Untuk tabel  $S_c$  tanpa lapisan pertama pada timbunan tanah penuh STA 275 dapat dilihat pada **Tabel 5.5**.

**Tabel 5. 5** Perhitungan  $S_c$  Per Tahun Pada Timbunan Full Tanah Pada STA 275 tanpa Lapisan paling atas

| t | $C_v$    |             | Hdr  | $T_v$    | U    |         | U Pakai | $S_c$ | Sc per Tahun | Selisih Sc per Tahun |       |
|---|----------|-------------|------|----------|------|---------|---------|-------|--------------|----------------------|-------|
|   | $m^2/s$  | $m^2/tahun$ |      |          | m    | Rumus 1 |         |       |              | Rumus 2              | m     |
| 0 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 0.00E+00 | 0%   | 19%     | 0%      | 0.088 | 0.000        | 0.000                | 0.000 |
| 1 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 9.41E-02 | 35%  | 36%     | 35%     | 0.088 | 0.031        | 3.051                | 3.051 |
| 2 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 1.88E-01 | 49%  | 49%     | 49%     | 0.088 | 0.043        | 4.314                | 1.264 |
| 3 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 2.82E-01 | 60%  | 60%     | 60%     | 0.088 | 0.053        | 5.284                | 0.970 |
| 4 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 3.76E-01 | 69%  | 68%     | 68%     | 0.088 | 0.060        | 5.991                | 0.707 |
| 5 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 4.71E-01 | 77%  | 75%     | 75%     | 0.088 | 0.066        | 6.576                | 0.585 |
| 6 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 5.65E-01 | 85%  | 80%     | 80%     | 0.088 | 0.070        | 7.040                | 0.464 |
| 7 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 6.59E-01 | 92%  | 84%     | 84%     | 0.088 | 0.074        | 7.407                | 0.368 |
| 8 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 7.53E-01 | 98%  | 87%     | 87%     | 0.088 | 0.077        | 7.699                | 0.291 |
| 9 | 6.73E-08 | 2.12E+00    | 4.75 | 8.47E-01 | 104% | 90%     | 90%     | 0.088 | 0.079        | 7.930                | 0.231 |

(Sumber : Hasil Analisa)

Untuk grafik *Rate of ettlement* dapat dilihat pada **Gambar 5.9**



**Gambar 5. 10** Grafik Rate of Settlement Timbunan Full Tanah Pada STA 275

(Sumber : Hasil Analisa)

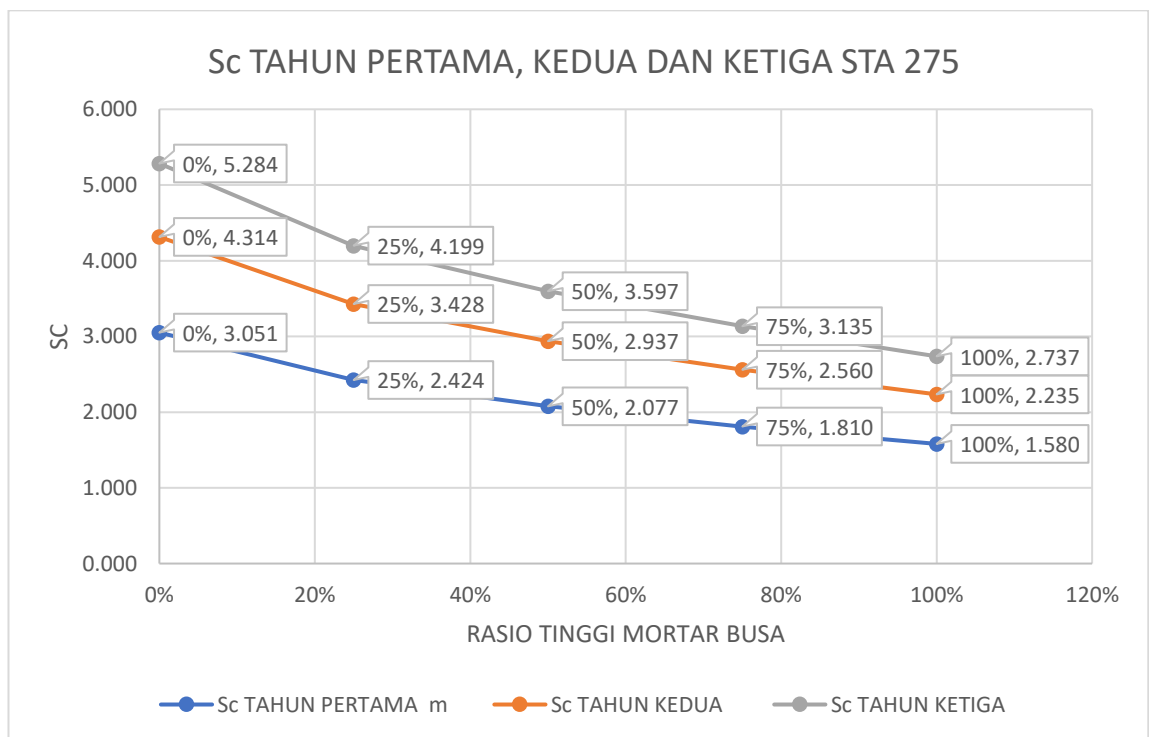
Kemudian dibuat rekap *settlement* pada semua kombinasi timbunan dengan mortar busa dengan tinggi mortar busa pada STA 275 dapat dilihat pada **Tabel 5.6**.

**Tabel 5. 6** Rekap Sc Pada Semua Kombinasi Timbunan STA 275 Dengan Penggantian Lapisan Dasar Setebal 1 meter

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA TERHADAP TIMBUNAN TANAH | Sc TAHUN PERTAMA | Sc TAHUN KEDUA | Sc TAHUN KETIGA |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--|------------------|----------------|-----------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %  | m                | m              | m               |
| 275 | 2.15            | 1.75                        | 1.75                  | 0                  | 0%   | 3.051            | 4.314          | 5.284           |
|     |                 |                             | 1.3125                | 0.4375             | 25%  | 2.424            | 3.428          | 4.199           |
|     |                 |                             | 0.875                 | 0.875              | 50%  | 2.077            | 2.937          | 3.597           |
|     |                 |                             | 0.4375                | 1.3125             | 75%  | 1.810            | 2.560          | 3.135           |
|     |                 |                             | 0                     | 1.75               | 100%   | 1.580            | 2.235          | 2.737           |

(Sumber : Hasil Analisa)

Dari **Tabel 5.6** kemudian dibentuk grafik antara Sc tahun pertama, Sc tahun kedua dan Sc Tahun Ketiga dengan tinggi mortar busa pada **Gambar 5.11**.



**Gambar 5. 11** Grafik Hubungan Sc Tahun Pertama, Sc Tahun Kedua dan Sc Tahun ketiga dengan Tinggi Mortar Busa Pada setiap Kombinasi Timbunan STA 275 dengan penggantian lapisan tanah setebal 1 meter.

(Sumber : Hasil Analisa)

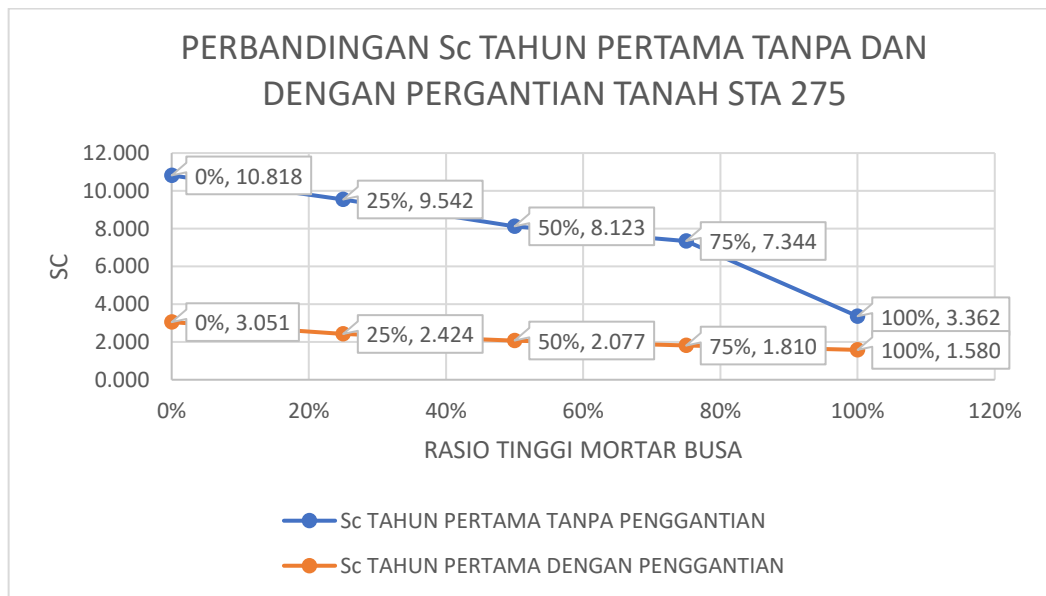
### 5.3.3 Perbandingan Besar Pemampatan yang Terjadi untuk Kondisi Tanpa dan Dengan Penggantian Lapisan Tanah Dasar Setebal 1 meter.

a. Perbandingan besar pemampatan tahun pertama antara kondisi tanpa dan dengan penggantian lapisan tanah dasar setebal 1 meter dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan pada grafik Gambar 5.12.

**Tabel 5. 7 Rekap Sc Tahun Pertama pada Kombinasi Timbunan Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah Pada STA 275**

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA TERHADAP TIMBUNAN TANAH | Sc TAHUN PERTAMA TANPA PENGGANTIAN | Sc TAHUN PERTAMA DENGAN PENGGANTIAN |
|-----|-----------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|--|------------------------------------|-------------------------------------|
|     | m               | m                                 | m                     | m                  | %  | m                                  | m                                   |
| 275 | 2.15            | 1.75                              | 1.75                  | 0                  | 0%   | 10.818                             | 3.051                               |
|     |                 |                                   | 1.3125                | 0.4375             | 25%  | 9.542                              | 2.424                               |
|     |                 |                                   | 0.875                 | 0.875              | 50%  | 8.123                              | 2.077                               |
|     |                 |                                   | 0.4375                | 1.3125             | 75%  | 7.344                              | 1.810                               |
|     |                 |                                   | 0                     | 1.75               | 100%   | 3.362                              | 1.580                               |

(Sumber : Hasil Analisa)



**Gambar 5. 12** Grafik Perbandingan Sc Tahun Pertama Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah pada STA 275

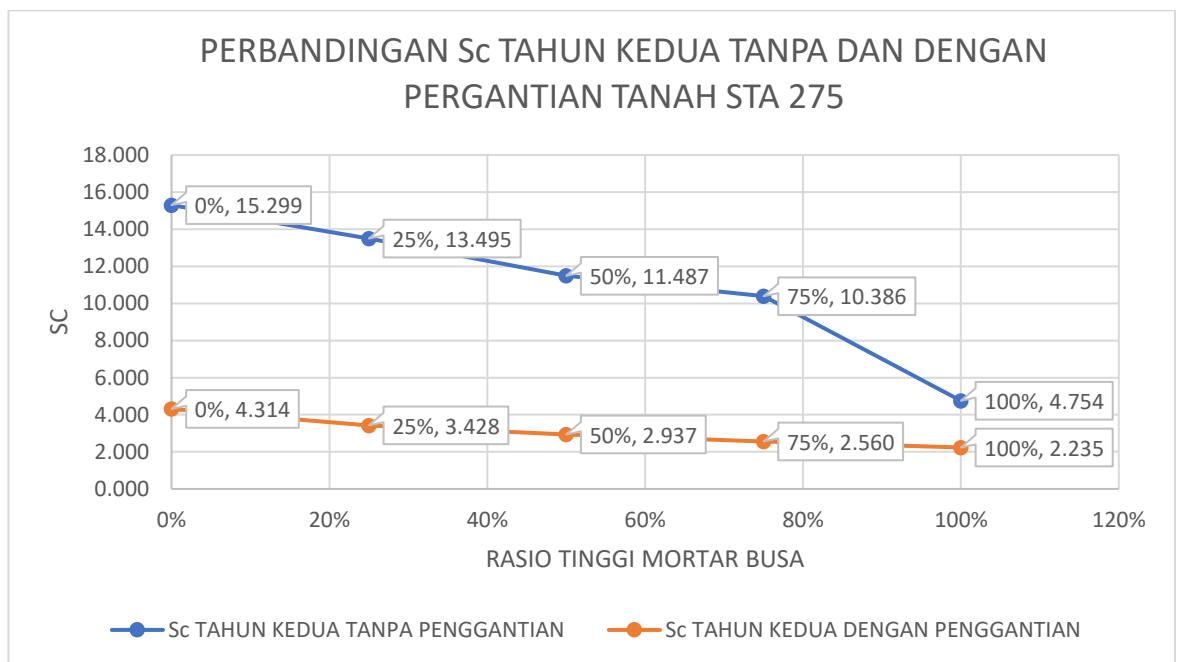
(Sumber : Hasil Analisa)

b. Perbandingan besar pemampatan tahun kedua antara kondisi tanpa dan dengan penggantian lapisan tanah dasar setebal 1 meter dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan pada grafik Gambar 5.13.

**Tabel 5. 8** Rekap Sc Tahun Kedua pada Kombinasi Timbunan Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah Pada STA 275

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA TERHADAP TIMBUNAN TANAH | Sc TAHUN KEDUA TANPA PENGGANTIAN | Sc TAHUN KEDUA DENGAN PENGGANTIAN |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--|----------------------------------|-----------------------------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %  | m                                | m                                 |
| 275 | 2.15            | 1.75                        | 1.75                  | 0                  | 0%   | 15.299                           | 4.314                             |
|     |                 |                             | 1.3125                | 0.4375             | 25%  | 13.495                           | 3.428                             |
|     |                 |                             | 0.875                 | 0.875              | 50%  | 11.487                           | 2.937                             |
|     |                 |                             | 0.4375                | 1.3125             | 75%  | 10.386                           | 2.560                             |
|     |                 |                             | 0                     | 1.75               | 100%   | 4.754                            | 2.235                             |

(Sumber : Hasil Analisa)



**Gambar 5. 13** Grafik Perbandingan Sc Tahun Kedua Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah pada STA 275

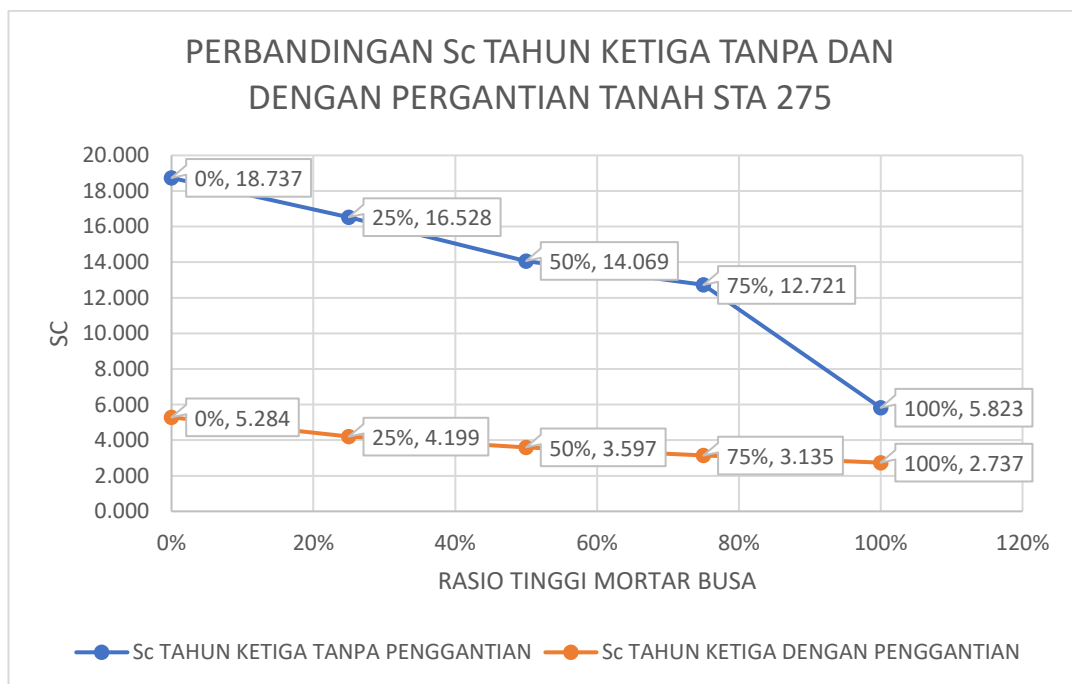
(Sumber : Hasil Analisa)

- c. Perbandingan besar pemampatan tahun ketiga antara kondisi tanpa dan dengan penggantian lapisan tanah dasar setebal 1 meter dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan pada grafik Gambar 5.13.

**Tabel 5. 9** Rekap Sc Tahun Ketiga pada Kombinasi Timbunan Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah Pada STA 275

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA TERHADAP TIMBUNAN TANAH | Sc TAHUN KETIGA TANPA PENGGANTIAN | Sc TAHUN KETIGA DENGAN PENGGANTIAN |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %  | m                                 | m                                  |
| 275 | 2.15            | 1.75                        | 1.75                  | 0                  | 0%   | 18.737                            | 5.284                              |
|     |                 |                             | 1.3125                | 0.4375             | 25%  | 16.528                            | 4.199                              |
|     |                 |                             | 0.875                 | 0.875              | 50%  | 14.069                            | 3.597                              |
|     |                 |                             | 0.4375                | 1.3125             | 75%  | 12.721                            | 3.135                              |
|     |                 |                             | 0                     | 1.75               | 100%   | 5.823                             | 2.737                              |

(Sumber : Hasil Analisa)



**Gambar 5. 14** Grafik Perbandingan Sc Tahun Ketiga Tanpa dan Dengan Penggantian Tanah pada STA 275

(Sumber : Hasil Analisa)

#### 5.4 Analisa Stabilitas Timbunan Tanah Sirtu

Perencanaan alternatif perkuatan tanah memerlukan parameter-parameter kelongsoran yang dilakukan dengan beberapa iterasi berdasarkan pemodelan pada program bantu. Program bantu yang digunakan adalah Geo5, dikarenakan pada Geo 5 dapat memberikan *output* berupa koordinat bidang kelongsoran timbunan. Analisis stabilitas timbunan dilakukan pada kondisi setelah terjadinya peningkatan data parameter tanah dengan ketinggian timbunan  $H_{initial}$  yang direncanakan. Data

yang diinput dalam program bantu Geo5 data stratigrafi tanah dasar setelah pemampatan, data paramater tanah, data data material timbunan, data tinggi timbunan, dan data pembebanan.

Analisis stabilitas timbunan dilakukan pada setiap zona, dengan masing-masing empat kali iterasi. Berdasarkan empat iterasi tersebut akan dipilih iterasi dengan nilai  $\Delta MR$  terbesar, karena semakin besar nilai  $\Delta MR$  maka semakin banyak pula kebutuhan perkuatan tanahnya. Hasil iterasi analisis stabilitas timbunan pada STA 275 disajikan pada **Tabel 5.10**, dan rekapitulasi keseluruhan analisis stabilitas semua kombinasi timbunan disajikan pada **Tabel 5.11**. untuk sisi trapesium dan pada **Tabel 5.12** untuk sisi tegak. Detail hasil iterasi analisis stabilitas timbunan pada zona lainnya disajikan pada **Lampiran** .

**Tabel 5. 10** Hasil Iterasi Analisa Stabilitas Timbunan Tanah pada STA 275

| SF   | Md      | Mr      | x     | z    | r     | Mr target SF(1,5) | delta MR | l    |
|------|---------|---------|-------|------|-------|-------------------|----------|------|
|      | Knm/m   | Knm/m   | m     | m    | m     | Knm/m             | Knm/m    | m    |
| 0.92 | 1283.9  | 1185.8  | 25.5  | 6.09 | 9.2   | 1925.85           | 740.05   | 3.11 |
| 0.93 | 2093.14 | 1944.16 | 25.5  | 6.09 | 10.2  | 3139.71           | 1195.55  | 4.11 |
| 0.96 | 2714    | 2599    | 25.5  | 6.09 | 11.2  | 4071              | 1472     | 5.11 |
| 1.09 | 3335    | 3632    | 27.82 | 7.85 | 13.63 | 5002.5            | 1370.5   | 5.78 |

(Sumber : Hasil Analisa)

**Tabel 5. 11** Hasil Iterasi Analisa Stabilitas Miring sisi Trapesium pada Setiap Kombinasi Timbunan STA 275

| Kombinasi                 | SF   | Md    | Mr    | x     | z    | r     | Mr target SF(1,5) | delta MR | l    |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------------------|----------|------|
|                           |      | Knm/m | Knm/m | M     | m    | M     | Knm/m             | Knm/m    | m    |
| Full Tanah                | 1.09 | 3335  | 3632  | 27.82 | 7.85 | 13.63 | 5002.5            | 1370.5   | 5.78 |
| 75% Tanah 25% Mortar Busa | 1.3  | 2639  | 3424  | 27.82 | 7.85 | 13.63 | 3958.5            | 534.5    | 5.78 |
| 50% Tanah 50% Mortar Busa | 1.44 | 2315  | 3329  | 27.82 | 7.85 | 13.63 | 3472.5            | 143.5    | 5.78 |
| 25% Tanah 75% Mortar Busa | 1.71 | 1873  | 3210  | 27.82 | 7.85 | 13.63 | 2809.5            | -400.5   | 5.78 |
| Full Mortar Busa          | 1.88 | 1676  | 3156  | 27.82 | 7.85 | 13.63 | 2514              | -642     | 5.78 |

(Sumber : Hasil Analisa)

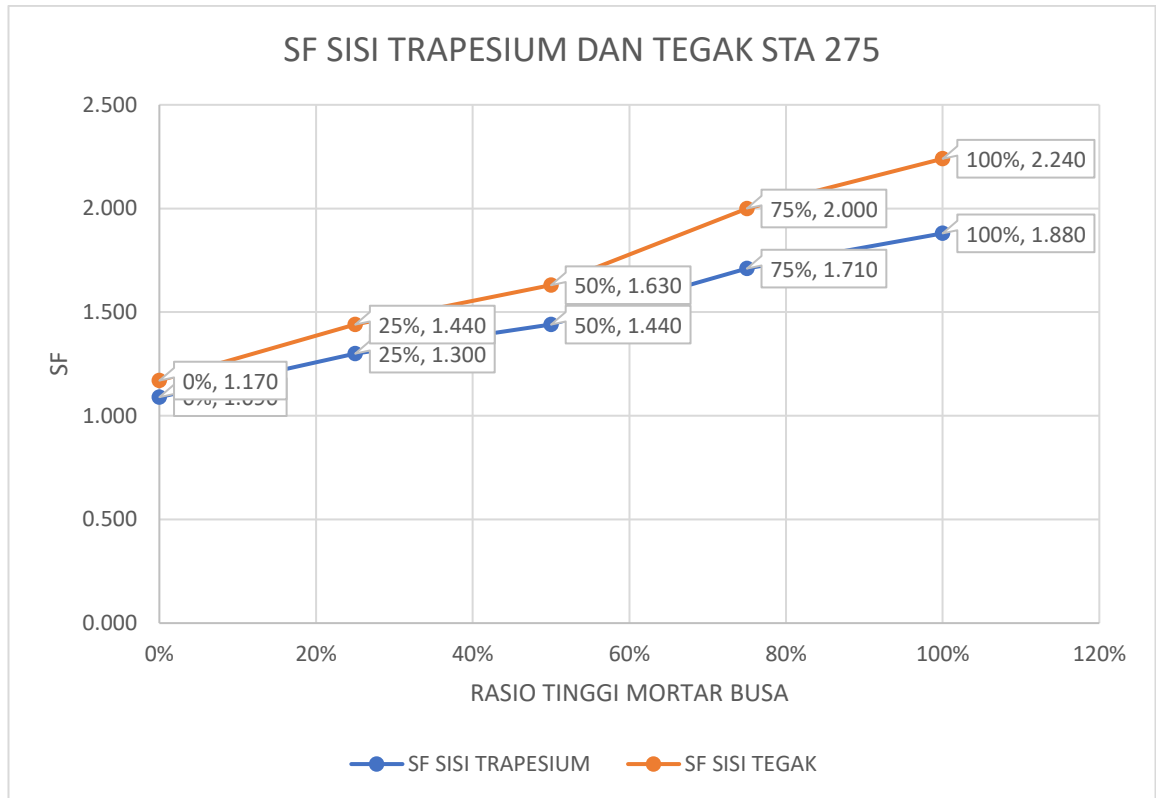
**Tabel 5. 12** Hasil Iterasi Analisa Stabilitas Timbunan sisi Tegak pada Setiap Kombinasi Timbunan STA 275

| Kombinasi                       | SF   | Md      | Mr    | x    | z    | r     | Mr target SF(1,5) | delta MR | l    |
|---------------------------------|------|---------|-------|------|------|-------|-------------------|----------|------|
|                                 |      | Knm/m   | Knm/m | m    | m    | m     | Knm/m             | Knm/m    | m    |
| Full Tanah                      | 1.17 | 2269.79 | 2658  | 6.97 | 4.14 | 10.83 | 3404.685          | 746.685  | 6.69 |
| 75% Tanah<br>25% Mortar<br>Busa | 1.44 | 1724    | 2485  | 6.97 | 4.14 | 10.83 | 2586              | 101      | 6.69 |
| 50% Tanah<br>50% Mortar<br>Busa | 1.63 | 1480    | 2415  | 6.97 | 4.14 | 10.83 | 2220              | -195     | 6.69 |
| 25% Tanah<br>75% Mortar<br>Busa | 2    | 1159    | 2322  | 6.97 | 4.14 | 10.83 | 1738.5            | -583.5   | 6.69 |
| Full Mortar<br>Busa             | 2.24 | 1019    | 2283  | 6.97 | 4.14 | 10.83 | 1528.5            | -509.5   | 6.69 |

(Sumber : Hasil Analisa)

Kemudian untuk perbandingan SF dengan tinggi mortar busa dapat dilihat pada **Gambar 5.15**





**Gambar 5. 15** Grafik antara SF dengan Tinggi Mortar Busa pada Timbunan tanah penuh STA 275 sisi trapesium

(Sumber : Hasil Analisa)

Dari hasil analisis stabilitas timbunan variasi untuk sisi trapesium hanya kombinasi full tanah dan 75% tanah 25% mortar busa yang memerlukan perkuatan .Sedangkan untuk sisi tegak yang memerlukan perkuatan adalah kombinasi timbunan full tanah, 75% tanah 25%.

## 5.4 Perencanaan Perkuatan Cerucuk

### 5.4.1 Perencanaan Perkuatan Cerucuk Sisi Miiring Timbunan Tanah Penuh STA 275

Dari hasil analisa stabilitas timbunan tanah sirtu pada **Tabel 5.11** dan **Tabel 5.12**, diketahui bahwa pada STA 275 diperlukan perkuatan timbunan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Maka, direncanakan perkuatan cerucuk direncanakan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Pada perencanaan alternatif ini digunakan *spun piles* dengan material beton *precast* sesuai brosur yang

dikeluarkan oleh PT. Wijaya Karya Beton. Brosur tersebut disajikan pada **Lampiran 10**. Berikut adalah spesifikasi dari *spun piles* yang di rencanakan:

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Bentuk             | = Lingkaran              |
| D                  | = 40 cm                  |
| I                  | = 213333 cm <sup>4</sup> |
| <i>Unit Weight</i> | = 113 kg/m               |
| Kelas Beton        | = D                      |
| f'c                | = 42 Mpa                 |
| M <sub>crack</sub> | = 11.82 ton-cm           |

Perencanaan perkuatan *spun piles* didasarkan pada hasil analisis stabilitas timbunan yang diperhitungkan menggunakan Geo5. Berikut merupakan perencanaan *spun piles* pada STA 275:

Analisis stabilitas timbunan STA 275

|              |                |
|--------------|----------------|
| SF Eksisting | = 1.09         |
| MD           | = 3335 kN-m    |
| MR           | = 3632 kN-m    |
| R            | = 13.63 m      |
|              | = 1363 cm      |
| SF Rencana   | = 1,5          |
| ΔMR          | = 1370.5 kN-m  |
|              | = 137050 kN-cm |

*Properties* garis longsor :

|           |           |
|-----------|-----------|
| Kedalaman | = 5.78 m  |
|           | = 578 cm  |
| Radius    | = 13.63 m |
|           | = 1363 cm |

Digunakan grafik pada NAFVAC DM-7,1971, untuk menghitung faktor kekakuan relatif sebagai berikut:

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Cu <sub>tanah dasar</sub> | = 25 kN/cm <sup>2</sup> |
|---------------------------|-------------------------|

Maka,

$$\begin{aligned} f &= 2.7 \text{ t/ft}^2 \\ &= 0,0864 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai kekakuan relatif sebagai berikut

$$\begin{aligned} T &= \left( \frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \\ &= 238.2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Menentukan nilai  $F_M$  berdasarkan grafik:

$$\begin{aligned} L_{\text{spun pile}} &= \text{Kedalaman bidang longsor} + 2T \\ &= 1054 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_{\text{spun pile pakai}} = 12 \text{ m}$$

$$L/T = 5.04$$

Maka,

$$F_M = 1$$

Gaya horizontal yang mampu ditahan oleh satu buah mini pile adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} P &= \frac{M_{\text{crack}}}{F_M \times T} \\ &= \frac{1182000}{1 \times 238.2} \\ &= 48.68 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka, kebutuhan jumlah *spun piles* per meter panjang timbunan pada STA 275 sisi trapesium adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} n &= \frac{\Delta MR}{P \times R} \\ &= \frac{\Delta MR}{P \times R} \\ &= 2.07 \text{ buah / m} \end{aligned}$$

$$n_{\text{pakai}} = 3 \text{ buah / m}$$

Maka, digunakan *spun piles* beton *precast* diameter 40 cm dengan panjang 12 m sejumlah 3 buah per meter panjang timbunan tanah penuh STA 275.

#### 5.4.2 Perencanaan Perkuatan Cerucuk Sisi Tegak Timbunan Tanah Penuh STA 275

Dari hasil analisa stabilitas timbunan tanah sirtu pada **Tabel 5.11** dan **Tabel 5.12**, diketahui bahwa pada STA 275 diperlukan perkuatan timbunan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Maka, direncanakan perkuatan cerucuk direncanakan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Pada perencanaan alternatif ini digunakan *spun piles* dengan material beton *precast* sesuai brosur yang dikeluarkan oleh PT. Wijaya Karya Beton. Brosur tersebut disajikan pada **Lampiran 10**. Berikut adalah spesifikasi dari *spun piles* yang di rencanakan:

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Bentuk             | = Lingkaran              |
| D                  | = 40 cm                  |
| I                  | = 213333 cm <sup>4</sup> |
| <i>Unit Weight</i> | = 113 kg/m               |
| Kelas Beton        | = D                      |
| f'c                | = 42 Mpa                 |
| M <sub>crack</sub> | = 11.82 ton-cm           |

Perencanaan perkuatan *spun piles* didasarkan pada hasil analisis stabilitas timbunan yang diperhitungkan menggunakan Geo5. Berikut merupakan perencanaan *spun piles* pada STA 275:

Analisis stabilitas timbunan STA 275

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| SF Eksisting | = 1.17          |
| MD           | = 2269.79 kN-m  |
| MR           | = 2658 kN-m     |
| R            | = 10.83 m       |
|              | = 1083 cm       |
| SF Rencana   | = 1,5           |
| $\Delta$ MR  | = 746.685 kN-m  |
|              | = 74668.5 kN-cm |

*Properties* garis longsor :

|           |          |
|-----------|----------|
| Kedalaman | = 6.69 m |
|-----------|----------|

$$= 669 \text{ cm}$$

$$\text{Radius} = 10.83 \text{ m}$$

$$= 1083 \text{ cm}$$

Digunakan grafik pada NAFVAC DM-7,1971, untuk menghitung faktor kekakuan relatif sebagai berikut:

$$C_{u \text{ tanah dasar}} = 25 \text{ kN/cm}^2$$

Maka,

$$f = 2.7 \text{ t/ft}^2$$

$$= 0,0864 \text{ kg/cm}^3$$

Sehingga didapatkan nilai kekakuan relatif sebagai berikut

$$T = \left( \frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 238.2 \text{ cm}$$

Menentukan nilai  $F_M$  berdasarkan grafik:

$$L_{\text{spun pile}} = \text{Kedalaman bidang longsor} + 2T$$

$$= 1145 \text{ cm}$$

$$L_{\text{spun pile pakai}} = 12 \text{ m}$$

$$L/T = 5.04$$

Maka,

$$F_M = 1$$

Gaya horizontal yang mampu ditahan oleh satu buah mini pile adalah sebagai berikut

$$P = \frac{M_{\text{crack}}}{F_M \times T}$$

$$= \frac{1182000}{1 \times 238.2}$$

$$= 48.68 \text{ kN}$$

Maka, kebutuhan jumlah *spun piles* per meter panjang timbunan pada STA 275 sisi trapesium adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{\Delta MR}{P \times R}$$

$$= \frac{\Delta MR}{P \times R}$$

$$= 1.42 \text{ buah / m'}$$

$$n_{\text{pakai}} = 2 \text{ buah / m'}$$

Maka, digunakan *spun piles* beton *precast* diameter 40 cm dengan panjang 12 m sejumlah 2 buah per meter panjang timbunan tanah penuh STA 275.

#### 5.4.3 Perencanaan Perkuatan Cerucuk Sisi Miring Timbunan 75% Tanah 25% Mortar Busa Penuh STA 275

Dari hasil analisa stabilitas timbunan tanah sirtu pada **Tabel 5.11** dan **Tabel 5.12**, diketahui bahwa pada STA 275 diperlukan perkuatan timbunan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Maka, direncanakan perkuatan cerucuk direncanakan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Pada perencanaan alternatif ini digunakan *spun piles* dengan material beton *precast* sesuai brosur yang dikeluarkan oleh PT. Wijaya Karya Beton. Brosur tersebut disajikan pada **Lampiran 10**. Berikut adalah spesifikasi dari *spun piles* yang di rencanakan:

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Bentuk             | = Lingkaran              |
| D                  | = 40 cm                  |
| I                  | = 213333 cm <sup>4</sup> |
| <i>Unit Weight</i> | = 113 kg/m               |
| Kelas Beton        | = D                      |
| f'c                | = 42 Mpa                 |
| M <sub>crack</sub> | = 11.82 ton-cm           |

Perencanaan perkuatan *spun piles* didasarkan pada hasil analisis stabilitas timbunan yang diperhitungkan menggunakan Geo5. Berikut merupakan perencanaan *spun piles* pada STA 275:

Analisis stabilitas timbunan STA 275

|              |             |
|--------------|-------------|
| SF Eksisting | = 1.3       |
| MD           | = 2639 kN-m |
| MR           | = 3424 kN-m |
| R            | = 13.63 m   |

$$= 1363 \text{ cm}$$

$$\text{SF Rencana} = 1,5$$

$$\Delta\text{MR} = 534.5 \text{ kN-m}$$

$$= 53450 \text{ kN-cm}$$

*Properties* garis longsor :

$$\text{Kedalaman} = 5.78 \text{ m}$$

$$= 578 \text{ cm}$$

$$\text{Radius} = 13.63 \text{ m}$$

$$= 1363 \text{ cm}$$

Digunakan grafik pada NAFVAC DM-7,1971, untuk menghitung faktor kekakuan relatif sebagai berikut:

$$C_u \text{ tanah dasar} = 25 \text{ kN/cm}^2$$

Maka,

$$f = 2.7 \text{ t/ft}^2$$

$$= 0,0864 \text{ kg/cm}^3$$

Sehingga didapatkan nilai kekakuan relatif sebagai berikut

$$T = \left( \frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 238.2 \text{ cm}$$

Menentukan nilai  $F_M$  berdasarkan grafik:

$$L_{\text{spun pile}} = \text{Kedalaman bidang longsor} + 2T$$

$$= 1054 \text{ cm}$$

$$L_{\text{spun pile pakai}} = 12 \text{ m}$$

$$L/T = 5.04$$

Maka,

$$F_M = 1$$

Gaya horizontal yang mampu ditahan oleh satu buah mini pile adalah sebagai berikut

$$P = \frac{M_{\text{crack}}}{F_M \times T}$$

$$= \frac{1182000}{1 \times 238.2}$$

$$= 48.68 \text{ kN}$$

Maka, kebutuhan jumlah *spun piles* per meter panjang timbunan pada STA 275 sisi trapesium adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{\Delta MR}{P \times R}$$

$$= \frac{\Delta MR}{P \times R}$$

$$= 0.81 \text{ buah / m'}$$

$$n_{\text{pakai}} = 1 \text{ buah / m'}$$

Maka, digunakan *spun piles* beton *precast* diameter 40 cm dengan panjang 12 m sejumlah 1 buah per meter panjang timbunan 75% tanah 25% mortar busa sisi miring STA 275.

#### 5.4.4 Perencanaan Perkuatan Cerucuk Sisi Tegak Timbunan 75% Tanah 25% Mortar Busa Penuh STA 275

Dari hasil analisa stabilitas timbunan tanah sirtu pada **Tabel 5.11** dan **Tabel 5.12**, diketahui bahwa pada STA 275 diperlukan perkuatan timbunan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Maka, direncanakan perkuatan cerucuk direncanakan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Pada perencanaan alternatif ini digunakan *spun piles* dengan material beton *precast* sesuai brosur yang dikeluarkan oleh PT. Wijaya Karya Beton. Brosur tersebut disajikan pada **Lampiran 10**. Berikut adalah spesifikasi dari *spun piles* yang di rencanakan:

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Bentuk             | = Lingkaran              |
| D                  | = 40 cm                  |
| I                  | = 213333 cm <sup>4</sup> |
| Unit Weight        | = 113 kg/m               |
| Kelas Beton        | = D                      |
| f'c                | = 42 Mpa                 |
| M <sub>crack</sub> | = 11.82 ton-cm           |



Perencanaan kekuatan *spun piles* didasarkan pada hasil analisis stabilitas timbunan yang diperhitungkan menggunakan Geo5. Berikut merupakan perencanaan *spun piles* pada STA 275:

Analisis stabilitas timbunan STA 275

$$\begin{aligned} \text{SF Eksisting} &= 1.44 \\ \text{MD} &= 1724 \text{ kN-m} \\ \text{MR} &= 2485 \text{ kN-m} \\ \text{R} &= 10.83 \text{ m} \\ &= 1083 \text{ cm} \\ \text{SF Rencana} &= 1,5 \\ \Delta\text{MR} &= 101 \text{ kN-m} \\ &= 10100 \text{ kN-cm} \end{aligned}$$

*Properties* garis longsor :

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman} &= 6.69 \text{ m} \\ &= 669 \text{ cm} \\ \text{Radius} &= 10.83 \text{ m} \\ &= 1083 \text{ cm} \end{aligned}$$

Digunakan grafik pada NAFVAC DM-7,1971, untuk menghitung faktor kekakuan relatif sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C_u_{\text{ tanah dasar}} &= 25 \text{ kN/cm}^2 \\ \text{Maka,} \\ f &= 2.7 \text{ t/ft}^2 \\ &= 0,0864 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai kekakuan relatif sebagai berikut

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} \\ &= 238.2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Menentukan nilai  $F_M$  berdasarkan grafik:

$$L_{\text{spun pile}} = \text{Kedalaman bidang longsor} + 2T$$

$$= 1145 \text{ cm}$$

$$L_{\text{spun pile pakai}} = 12 \text{ m}$$

$$L/T = 5.04$$

Maka,

$$F_M = 1$$

Gaya horizontal yang mampu ditahan oleh satu buah mini pile adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} P &= \frac{M_{\text{crack}}}{F_M \times T} \\ &= \frac{1182000}{1 \times 238.2} \\ &= 48.68 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka, kebutuhan jumlah *spun piles* per meter panjang timbunan pada STA 275 sisi trapesium adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} n &= \frac{\Delta MR}{P \times R} \\ &= \frac{\Delta MR}{P \times R} \\ &= 0.19 \text{ buah / m} \end{aligned}$$

$$n_{\text{pakai}} = 1 \text{ buah / m}$$

Maka, digunakan *spun piles* beton *precast* diameter 40 cm dengan panjang 12 m sejumlah 1 buah per meter panjang timbunan 75% tanah 25% mortar busa sisi tegak STA 275.

#### **5.4.5 Perencanaan Perkuatan Cerucuk Sisi Miring Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa Penuh STA 275**

Dari hasil analisa stabilitas timbunan tanah sirtu pada **Tabel 5.11** dan **Tabel 5.12**, diketahui bahwa pada STA 275 diperlukan perkuatan timbunan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Maka, direncanakan perkuatan cerucuk direncanakan untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar. Pada perencanaan alternatif ini digunakan *spun piles* dengan material beton *precast* sesuai brosur yang dikeluarkan oleh PT. Wijaya Karya Beton. Brosur tersebut disajikan pada **Lampiran 10**. Berikut adalah spesifikasi dari *spun piles* yang di rencanakan:

$$\text{Bentuk} = \text{Lingkaran}$$

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| D                  | = 40 cm                  |
| I                  | = 213333 cm <sup>4</sup> |
| <i>Unit Weight</i> | = 113 kg/m               |
| Kelas Beton        | = D                      |
| f'c                | = 42 Mpa                 |
| M <sub>crack</sub> | = 11.82 ton-cm           |

Perencanaan kekuatan *spun piles* didasarkan pada hasil analisis stabilitas timbunan yang diperhitungkan menggunakan Geo5. Berikut merupakan perencanaan *spun piles* pada STA 275:

Analisis stabilitas timbunan STA 275

|              |               |
|--------------|---------------|
| SF Eksisting | = 1.44        |
| MD           | = 1724 kN-m   |
| MR           | = 2485 kN-m   |
| R            | = 10.83 m     |
|              | = 1083 cm     |
| SF Rencana   | = 1,5         |
| ΔMR          | = 101 kN-m    |
|              | = 10100 kN-cm |

*Properties* garis longsor :

|           |           |
|-----------|-----------|
| Kedalaman | = 6.69 m  |
|           | = 669 cm  |
| Radius    | = 10.83 m |
|           | = 1083 cm |

Digunakan grafik pada NAFVAC DM-7,1971, untuk menghitung faktor kekakuan relatif sebagai berikut:

|                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| Cu <sub>tanah dasar</sub> | = 25 kN/cm <sup>2</sup>     |
| Maka,                     |                             |
| f                         | = 2.7 t/ft <sup>2</sup>     |
|                           | = 0,0864 kg/cm <sup>3</sup> |

Sehingga didapatkan nilai kekakuan relatif sebagai berikut

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{EI}{f}\right)^{\frac{1}{5}} \\ &= 238.2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Menentukan nilai  $F_M$  berdasarkan grafik:

$$\begin{aligned} L_{\text{spun pile}} &= \text{Kedalaman bidang longsor} + 2T \\ &= 1145 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_{\text{spun pile pakai}} = 12 \text{ m}$$

$$L/T = 5.04$$

Maka,

$$F_M = 1$$

Gaya horizontal yang mampu ditahan oleh satu buah mini pile adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} P &= \frac{M_{\text{crack}}}{F_M \times T} \\ &= \frac{1182000}{1 \times 238.2} \\ &= 48.68 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka, kebutuhan jumlah *spun piles* per meter panjang timbunan pada STA 275 sisi trapesium adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} n &= \frac{\Delta MR}{P \times R} \\ &= \frac{\Delta MR}{P \times R} \\ &= 0.19 \text{ buah / m} \end{aligned}$$

$$n_{\text{pakai}} = 1 \text{ buah / m}$$

Maka, digunakan *spun piles* beton *precast* diameter 40 cm dengan panjang 12 m sejumlah 1 buah per meter panjang timbunan 75% tanah 25% mortar busa sisi tegak STA 275.

#### 5.4.6 Rekap Kebutuhan Cerucuk Pada Setiap STA

Untuk Rekap kebutuhan cerucuk pada STA 275, STA 300 dan STA 325 pada sisi miring dan sisi tegak terdapat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14.

**Tabel 5. 13** Tabel Jumlah Kebutuhan Cerucuk Tiap STA pada sisi Timbunan Trapesium

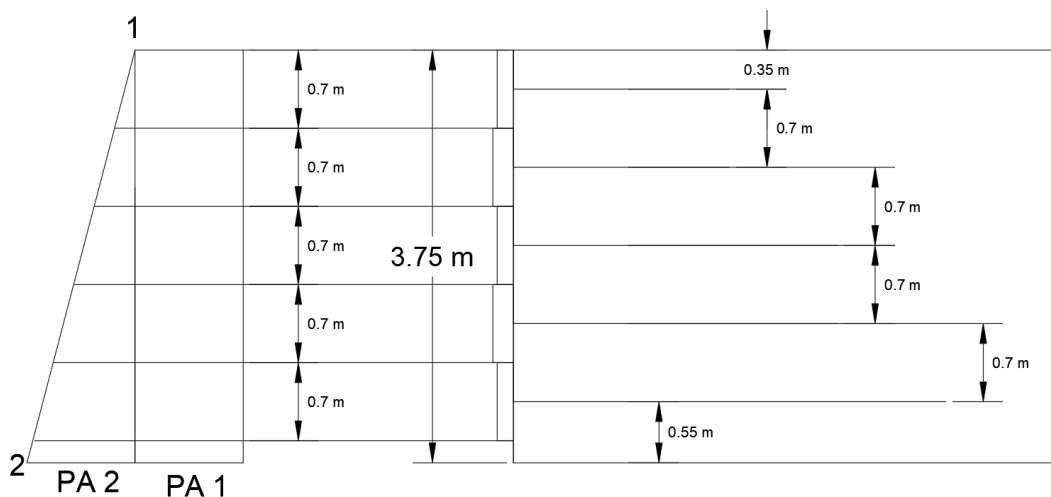
| STA | Material      | Mcrack | Diameter | Rasio Mortar Busa Terhadap Hfinal | Panjang | Jumlah (Buah/m) |
|-----|---------------|--------|----------|-----------------------------------|---------|-----------------|
|     |               | ton.m  | cm       | %                                 | cm      | Sisi Trapesium  |
| 275 | Beton Kelas D | 11.82  | 40       | 0%                                | 1200    | 3               |
|     |               |        |          | 25%                               | 1200    | 1               |
|     |               |        |          | 50%                               | -       | -               |
|     |               |        |          | 75%                               | -       | -               |
|     |               |        |          | 100%                              | -       | -               |
| 300 |               |        |          | 0%                                | 1200    | 5               |
|     |               |        |          | 25%                               | 1200    | 3               |
|     |               |        |          | 50%                               | 1200    | 2               |
|     |               |        |          | 75%                               | -       | -               |
|     |               |        |          | 100%                              | -       | -               |
| 325 |               |        |          | 0%                                | 1200    | 6               |
|     |               |        |          | 25%                               | 1200    | 3               |
|     |               |        |          | 50%                               | -       | -               |
|     |               |        |          | 75%                               | -       | -               |
|     |               |        |          | 100%                              | -       | -               |

**Tabel 5. 14** Tabel Jumlah Kebutuhan Cerucuk pada tiap STA sisi tegak

| STA | Material      | Mcrack | Diameter | Rasio Mortar Busa | Panjang | Jumlah (Buah/m) |               |       |    |      |      |   |
|-----|---------------|--------|----------|-------------------|---------|-----------------|---------------|-------|----|------|------|---|
|     |               | ton.m  | cm       | %                 | cm      | Sisi Tegak      |               |       |    |      |      |   |
| 275 | Beton Kelas D | 11.82  | 40       | 0%                | 1200    | 2               |               |       |    |      |      |   |
|     |               |        |          | 25%               | 1200    | 1               |               |       |    |      |      |   |
|     |               |        |          | 50%               | 1200    | 1               |               |       |    |      |      |   |
|     |               |        |          | 75%               | -       | -               |               |       |    |      |      |   |
|     |               |        |          | 100%              | -       | -               |               |       |    |      |      |   |
| 300 |               |        |          | Beton Kelas D     | 11.82   | 40              | 0%            | 1200  | 3  |      |      |   |
|     |               |        |          |                   |         |                 | 25%           | 1200  | 1  |      |      |   |
|     |               |        |          |                   |         |                 | 50%           | 1200  | 1  |      |      |   |
|     |               |        |          |                   |         |                 | 75%           | -     | -  |      |      |   |
|     |               |        |          |                   |         |                 | 100%          | -     | -  |      |      |   |
| 325 |               |        |          |                   |         |                 | Beton Kelas D | 11.82 | 40 | 0%   | 1400 | 4 |
|     |               |        |          |                   |         |                 |               |       |    | 25%  | 1400 | 1 |
|     |               |        |          |                   |         |                 |               |       |    | 50%  | -    | - |
|     |               |        |          |                   |         |                 |               |       |    | 75%  | -    | - |
|     |               |        |          |                   |         |                 |               |       |    | 100% | -    | - |

### 5.5 Perencanaan Perkuatan Sisi Tegak Timbunan Menggunakan *Geoforce Segmental Retaining Wall and Pile (GSRW)*

Alternatif lain yang akan digunakan adalah geoforce segmental retaining wall (GSRW) dan akan dikombinasikan dengan *pile* untuk mengurangi potensi terjadinya longsor. Perencanaan GSRW akan menggunakan GSRW tipe 1. Untuk diagram tegangan pada GSRW dapat dilihat pada **Gambar 5.16**



**Gambar 5. 16** Diagram Tegangan Horizontal pada STA 325

1. Perhitungan tegangan vertikal ( $\sigma_v$ )

Tegangan vertikal dipengaruhi oleh berat surcharge dan berat tanah. Berikut merupakan perincian perhitungan tegangan vertikal untuk kedalaman 0.7 m pada kombinasi timbunan 50% tanah 50% mortar busa STA 325.

$$\sigma_{v1} = \sigma_{v \text{ tower}}$$

$$\sigma_{v1} = 1.5 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{v \text{ mortar}} = \gamma_{\text{mortar}} \times H$$

$$\sigma_{v \text{ mortar}} = 1.4 \times 0.7$$

$$\sigma_{v \text{ mortar}} = 0.98 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{v2} = \sigma_{v1} + \sigma_{v \text{ mortar busa}}$$

$$\sigma_{v2} = 2.48 \text{ ton/m}^2$$

2. Perhitungan gaya horizontal (Pa)

Perhitungan tegangan horizontal dilakukan dengan cara sebagai berikut

$$Pa1 = (\sigma_{v1} \times Ka - 2c\sqrt{Ka}) \times H \times 0.825 \times 0.7$$

$$= (1.5 \times 0.22 - 2 \times 0 \times \sqrt{0.22}) \times 0.7 \times 0.825 \times 0.7$$

$$= 0.13 \text{ ton}$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \times (\gamma_t \times H \times Ka - 2c\sqrt{Ka}) \times 0.825 \times 0.7$$

$$= \frac{1}{2} \times (1.4 \times 0.7 \times 0.22 - 2 \times 0 \times \sqrt{0.22}) \times 0.825 \times 0.7$$

$$= 0.06 \text{ ton}$$

$$\Sigma Pa = (Pa1 + Pa2)$$

$$= (0.13 + 0.06)$$

$$= 0.19 \text{ ton}$$

3. Tegangan Horizontal ( $\sigma_h$ )

$$\sigma_h = \sigma_v \times Ka - 2c\sqrt{Ka}$$

$$= 2.48 \times 0.22 - 2 \times 0 \sqrt{0.22}$$

$$= 0.54 \text{ ton/m}^2$$

4. Perhitungan Tallow

Data sabuk pengaman yang digunakan adalah sebagai berikut

$$T_{ult} = 30 \text{ kN}$$

$$FSID = 1.5$$

$$FSCR = 1.5$$

$$FSCD = 1$$

$$FSBD = 1$$

$$T_{izin} = \frac{T_{ult}}{FSID \times FSCR \times FSCD \times FSBD}$$

$$T_{izin} = 18 \text{ kN}$$

5. Perhitungan stabilitas internal

- Panjang di depan bidang longsor ( $L_r$ )

$$L_r = (H - z) \times \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right)$$

$$= (3.75 - 0.7) \times \tan\left(45 - \frac{40}{2}\right)$$

$$= 1.42 \text{ m}$$

- Panjang di belakang bidang longsor ( $L_e$ )

$$L_e = \frac{Sv \times \sigma_h \times SF}{2 \times (c + \sigma_v \tan \delta)}$$

$$= \frac{0.7 \times 0.54 \times 1.5}{2 \times (c + 2.48 \tan 27)}$$

$$= 0.353 \text{ m}$$

Karena nilai  $L_e < 1$ , maka nilai  $L_e$  yang digunakan adalah 1 m

- Panjang total friction tie ( $L_{total}$ )

$$L_{total} = L_e + L_r$$

$$= 1 + 1.42$$

$$= 1.8 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan keseluruhan panjang friction tie di setiap kedalaman, maka dilakukan hasil perhitungan friction tie terpanjang yaitu 4 m.

- Gaya tarik yang bekerja ( $T$ )

Berikut ini merupakan perhitungan gaya tarik yang bekerja pada panel GSRW yang direncanakan.

$$\tau = c + \sigma_v' \times \tan \delta$$

$$= 0 + 1.4 \times 0.7 \times \tan 27$$

$$= 0.493$$

$$T = 2\tau \times \text{Lebar friction tie} \times L_e$$

$$= 2 \times 0.493 \times 0.15 \times 1$$

$$= 0.15 \text{ ton}$$



Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan stabilitas internal untuk STA 325 timbunan 50% mortar busa 50% tanah yang dapat dilihat pada Tabel 5.15

**Tabel 5. 15** Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Internal GSRW STA 325, STA 300 dan STA 375

| Lapisan Ke- | Z   | σv1    | σv tanah | σv2    | Pa1  | Pa2  | Σpa  | σh     | Lr   | Sv  | Le    | Le min | Le pakai | thau    | T       | L total |
|-------------|-----|--------|----------|--------|------|------|------|--------|------|-----|-------|--------|----------|---------|---------|---------|
|             | m   | ton/m2 | ton/m2   | ton/m2 | ton  | ton  | ton  | ton/m2 | m    | m   | m     | m      | m        | ton/m2  | ton     | m       |
| 5           | 0.7 | 1.5    | 0.98     | 2.48   | 0.13 | 0.06 | 0.19 | 0.54   | 1.42 | 0.7 | 0.353 | 1      | 2        | 0.49217 | 0.14765 | 1.8     |
| 4           | 1.4 |        | 1.96     | 3.46   | 0.26 | 0.12 | 0.39 | 0.75   | 1.10 | 0.7 | 0.686 | 1      | 2        | 0.98435 | 0.2953  | 1.8     |
| 3           | 2.1 |        | 1.1215   | 2.6215 | 0.40 | 0.18 | 0.58 | 1.44   | 0.77 | 0.7 | 0.998 | 1      | 2        | 1.04214 | 0.31264 | 1.8     |
| 2           | 2.8 |        | 3.92     | 5.42   | 0.81 | 0.51 | 1.32 | 1.81   | 0.44 | 0.7 | 2.582 | 1      | 3        | 1.93632 | 0.5809  | 3.0     |
| 1           | 3.5 |        | 4.9      | 6.4    | 1.01 | 0.64 | 1.65 | 2.13   | 0.12 | 0.7 | 3.600 | 1      | 4        | 2.13224 | 0.63967 | 3.7     |

| Lapisan Ke- | Z   | σv1    | σv tanah | σv2    | Pa1  | Pa2  | Σpa  | σh     | Lr   | Sv  | Le    | Le min | Le pakai | thau     | T        | L total |
|-------------|-----|--------|----------|--------|------|------|------|--------|------|-----|-------|--------|----------|----------|----------|---------|
|             | m   | ton/m2 | ton/m2   | ton/m2 | ton  | ton  | ton  | ton/m2 | m    | m   | m     | m      | m        | ton/m2   | m        | m       |
| 3           | 0.7 | 1.5    | 0.98     | 2.48   | 0.13 | 0.06 | 0.19 | 0.54   | 0.84 | 0.7 | 0.353 | 1      | 2        | 0.492174 | 0.147652 | 1.2     |
| 2           | 1.4 |        | 1.477    | 2.977  | 0.29 | 0.15 | 0.45 | 1.64   | 0.36 | 0.7 | 0.848 | 1      | 2        | 0.541392 | 0.162418 | 1.2     |
| 1           | 2.1 |        | 3.99     | 5.49   | 0.61 | 0.38 | 0.99 | 1.83   | 0.23 | 0.7 | 1.920 | 1      | 3        | 1.452241 | 0.435672 | 2.2     |

| Lapisan Ke- | Z   | σv1    | σv tanah | σv2     | Pa1  | Pa2  | Σpa  | σh     | Lr   | Sv  | Le    | Le min | Le pakai | thau    | T       | L total |
|-------------|-----|--------|----------|---------|------|------|------|--------|------|-----|-------|--------|----------|---------|---------|---------|
|             | m   | ton/m2 | ton/m2   | ton/m2  | ton  | ton  | ton  | ton/m2 | m    | m   | m     | m      | m        | ton/m2  | ton     | m       |
| 2           | 0.7 | 1.5    | 0.98     | 2.48    | 0.13 | 0.06 | 0.19 | 0.54   | 0.49 | 0.7 | 0.353 | 1      | 2        | 0.49217 | 0.14765 | 1       |
| 1           | 1.4 |        | 1.69785  | 3.19785 | 0.36 | 0.22 | 0.58 | 1.76   | 0.12 | 0.7 | 0.810 | 1      | 2        | 0.66606 | 0.19982 | 1       |

(Sumber : Hasil Analisa)

6. Perhitungan stabilitas eksternal

- Stabilitas geser

Stabilitas geser dihitung dengan cara sebagai berikut. Perhitungan menggunakan contoh pada STA 325

$$\begin{aligned} \Sigma wi &= (\gamma t \times h \times B) + (\gamma t \text{ tanah} \times h \text{ tanah} \times B \text{ tanah}) \\ &= (1.4 \times 1.875 \times 3) + (1.9 \times 1.875 \times 4) \\ &= 15.435 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma Fr &= (wi \times \tan \delta) + (wi \text{ tanah} \times \tan \delta \text{ tanah}) \\ &= (15.435 \times \tan 27) + (15.435 \times \tan 20) \\ &= 13.37 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma Fd &= \Sigma Pa \\ &= 2.23 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$SF = \frac{\Sigma Fr}{\Sigma Fd}$$

$$SF = 5.99 > 1.5 \text{ OK}$$

- Stabilitas daya dukung

$$qu = (c.Nc \text{ mortar} + \gamma \text{ mortar}.Df (Nq \text{ mortar} - 1) + 0,5.\gamma \text{ mortar} .B \text{ mortar}. N\gamma \text{ mortar}) + (c.Nc \text{ tanah} + \gamma \text{ tanah}.Df (Nq \text{ tanah} - 1) + 0,5.\gamma \text{ tanah}. B \text{ tanah}. N\gamma \text{ tanah})$$

$$qu = (0 \times 75.31 + 1.4 \times 0 (64.2 - 1) + 0,5 \times 1.4 \times 3 \times 109.41) + (0 \times 30.14 + 1.9 \times 0 (18.4 - 1) + 0,5 \times 1.9 \times 2 \times 22.4) = 391.468 \text{ ton/m}^2$$

$$\Sigma V = ((\gamma t \text{ mortar} \times h \text{ mortar} \times B \text{ mortar}) + Pa \sin \varphi) + ((\gamma t \text{ tanah} \times h \text{ tanah} \times B \text{ tanah}) + Pa \sin \varphi) = ((1.4 \times 1.875 \times 3) + 0.58 \sin 40) + ((1.9 \times 1.875 \times 4) + 1.65 \sin 30) = 20.7 \text{ ton.m}$$

$$A = 0.6 \text{ m}^2$$

$$\Sigma M = (Pa_1 \times L_1) + (Pa_2 \times L_2) = 13.32 \text{ ton.m}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 1 \times B^2 = 5.4 \text{ m}^4$$

$$W = \frac{I}{0.5 \times B} = 34 \text{ m}^3$$

$$\frac{\Sigma V}{A} > \frac{\Sigma M}{W} = 34.5 \text{ ton/m}^2 > 4.9 \text{ ton/m}^2$$

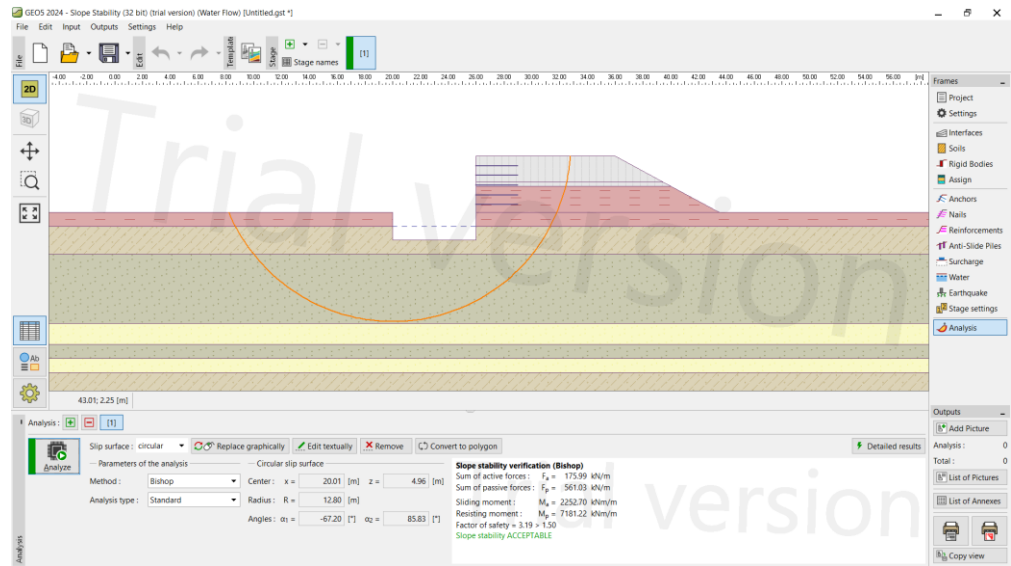
Maka  $\sigma_{max}$  ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sigma_{max} = \frac{\Sigma V}{A} + \frac{\Sigma M}{W} = 39.5 \text{ ton/m}^2$$

$$SF = \frac{qu}{\sigma_{max}} = 9.9 > 3 \text{ OK}$$

#### 7. Analisis Overall Stability

Angka keamanan overall stability didapatkan sebesar 3.19 yang sudah memenuhi syarat keamanan dengan detail longsor dapat dilihat pada Gambar 5.17.



**Gambar 5. 17** Hasil Analisa Overall Stability GSRW STA 325

Untuk tabel rekapitulasi angka SF pada setiap STA untuk timbunan kombinasi 50% tanah 50% mortar busa dapat dilihat pada Tabel 5.16.

**Tabel 5. 16** Rekapitulasi Stabilitas GSRW Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa

| Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa |          |                |                      |
|------------------------------------|----------|----------------|----------------------|
| STA                                | SF Geser | SF Daya Dukung | SF Overall Stability |
| 275                                | 4.47     | 4.82           | 3.19                 |
| 300                                | 2.49     | 4.66           | 2.78                 |
| 325                                | 3.65     | 7.60           | 1.96                 |

(Sumber : Hasil Analisa)

## 5.6 Perhitungan Volume dan Biaya Material

Setelah didapatkan hasil analisis perencanaan timbunan, perkuatan pada variasi timbunan tanah sirtu dengan mortar busa, perkuatan cerucuk dan GSRW dilakukan perhitungan biaya material / bahan yang diperlukan untuk perencanaan tersebut. Dari hasil perhitungan biaya material nantinya akan dilakukan perbandingan untuk menentukan harga perencanaan mana yang paling ekonomis

### 5.6.1 Perhitungan Biaya Material Timbunan

#### a. Biaya Material Timbunan Tanah Sirtu

Harga satuan material tanah sirtu adalah sebesar Rp276.501 per m<sup>3</sup> menurut Peraturan Bupati Sidoarjo nomor 34 tahun 2023 tentang standar satuan harga barang/jasa di lingkungan pemerintah Kabupaten Sidoarjo tahun anggaran 2024. Contoh perhitungan biaya material timbunan yang memakai material tanah sirtu pada STA 275 adalah sebagai berikut:

Perhitungan timbuna sisi trapesium :

$$H_{initial} = 1.75 \text{ m}$$

$$B1 = 5 \text{ m}$$

$$B2 = 3.5 \text{ m}$$

$$L = 25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang (A)} &= \frac{B1+B2}{2} \times H_{initial} \\ &= 7.44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= A \times L \\ &= 185.9375 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan timbunan sisi tegak :

$$B1 = 5 \text{ m}$$

$$H = 1.75 \text{ m}$$

$$L = 25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang (A)} &= B1 \times H \\ &= 8.75 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= A \times L \\ &= 218.75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Total} &= \text{Volume sisi trapesium} + \text{volume sisi tegak} \\ &= 404.69 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Volume total} \times \text{Rp.276.501} \\ &= \text{Rp111,896,498.44} \end{aligned}$$

b. Biaya Material Timbunan 75% Tanah 25% Mortar Busa

Harga satuan material tanah sirtu adalah sebesar Rp276,501 per m<sup>3</sup> menurut Peraturan Bupati Sidoarjo nomor 34 tahun 2023 tentang standar satuan harga barang/jasa di lingkungan pemerintah Kabupaten Sidoarjo tahun anggaran 2024. Contoh perhitungan biaya material timbunan yang memakai material 75% tanah 25% mortar busa pada STA 275 adalah sebagai berikut:

Perhitungan timbuna sisi trapesium :

$$H_{\text{initial}} = 1.75 \text{ m}$$

$$H_{\text{tanah}} = 1.3125 \text{ m}$$

$$H_{\text{mortar}} = 0.4375 \text{ m}$$

$$B_1 = 5 \text{ m}$$

$$B_2 = 3.5 \text{ m}$$

$$L = 25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang (A) tanah} &= \frac{B_1+B_2}{2} \times H_{\text{tanah}} \\ &= 139.5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang (A) mortar} &= \frac{B_1+B_2}{2} \times H_{\text{mortar}} \\ &= 46.49 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tanah trapesium} &= A_{\text{tanah}} \times L \\ &= 139.46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume mortar busa trapesium} &= A_{\text{mortar}} \times L \\ &= 46.49 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan timbunan sisi tegak :

$$H_{\text{initial}} = 1.75 \text{ m}$$

$$H_{\text{tanah}} = 1.3125 \text{ m}$$

$$H_{\text{mortar}} = 0.4375 \text{ m}$$

$$B_1 = 5 \text{ m}$$

$$H = 1.75 \text{ m}$$

$$L = 25 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang (A) tanah} = B_1 \times H_{\text{tanah}}$$

$$= 6.57 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas penampang (A) mortar} = B_1 \times H_{\text{mortar}}$$

$$= 2.1875 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume tanah tegak} = A_{\text{tanah}} \times L$$

$$= 164.1 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume mortar busa tegak} = A_{\text{mortar}} \times L$$

$$= 54.69 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tanah total} &= \text{Volume tanah trapesium} + \text{volume sisi} \\ \text{tegak} \end{aligned}$$

$$= 303.52 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume mortar total} &= \text{Volume mortar trapesium} + \text{volume sisi} \\ \text{tegak} \end{aligned}$$

$$= 101.171 \text{ m}^3$$

$$\text{Biaya tanah} = \text{Volume total} \times \text{Rp.276,501.00}$$

$$= \text{Rp } 83,922,373.83$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya mortar busa} &= \text{Volume mortar total} \times \text{Rp. } 800.000,00 \\ &= \text{Rp. } 80.937.500,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total} &= \text{Biaya tanah} + \text{Biaya Mortar} \\ &= \text{Rp}164,859,873.83 \end{aligned}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan biaya material timbunan untuk setiap kombinasi timbunan di Setiap STA terdapat pada **Tabel 5.17**.

**Tabel 5. 17** Tabel Rekapitulasi Perhitungan Biaya Variasi Timbunan

| TITIK          | KOMBINASI            | BIAYA                |
|----------------|----------------------|----------------------|
| <b>STA 275</b> | FULL TANAH           | Rp<br>111,896,498.44 |
|                | 75% TANAH 25% MORTAR | Rp<br>164,859,873.83 |
|                | 50% TANAH 50% MORTAR | Rp<br>217,823,249.22 |
|                | 25% TANAH 75% MORTAR | Rp<br>270,786,624.61 |
|                | FULL MORTAR BUSA     | Rp<br>323,750,000.00 |
| <b>STA 300</b> | FULL TANAH           | Rp<br>172,813,125    |
|                | 75% TANAH 25% MORTAR | Rp<br>254,609,843.75 |
|                | 50% TANAH 50% MORTAR | Rp<br>292,194,726.56 |
|                | 25% TANAH 75% MORTAR | Rp<br>418,203,281.25 |
|                | FULL MORTAR BUSA     | Rp<br>500,000,000    |
| <b>STA 325</b> | FULL TANAH           | Rp<br>58,324,429.69  |
|                | 75% TANAH 25% MORTAR | Rp<br>85,930,822.27  |
|                | 50% TANAH 50% MORTAR | Rp<br>113,537,214.84 |
|                | 25% TANAH 75% MORTAR | Rp<br>141,143,607.42 |
|                | FULL MORTAR BUSA     | Rp<br>168,750,000    |

(Sumber : Hasil Analisa)

### 5.6.2 Perhitungan Biaya Cerucuk

Harga satuan cerucuk ukuran diameter 40 cm didapatkan dari PT Wijaya Karya (Beton) Tbk seharga Rp155.000,00 per meter. Berikut adalah contoh perhitungan biaya perkuatan cerucuk pada STA 275:

Kombinasi Full Tanah sisi Trapesium

Jumlah Pile = 3 buah / m

L mini pile = 1200 cm

= 12 m

L timbunan = 25 m

Sisi Timbunan = 1

Volume sisi trapesium = Jumlah Pile x L mini Pile x L timbunan x Sisi timbunan  
= 900 m

Kombinasi Full Tanah Sisi Tegak

Jumlah mini pile = 2 buah/m

L mini pile = 1200 cm

= 12 m

L timbunan = 25 m

Sisi timbunan = 1

Volume = Jumlah Pile x L mini Pile x L timbunan x Sisi timbunan  
= 600 m

Biaya total = Volume total x Rp. 155.000,00

= Rp232,500,000

Rekapitulasi perhitungan biaya kebutuhan material cerucuk dapat dilihat pada

**Tabel 5.18**

**Tabel 5. 18** Rekapitulasi Biaya Cerucuk

| STA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA TERHADAP H FINAL | BIAYA          |
|-----|---|----------------|
| 275 | 0%  | Rp 232,500,000 |
|     | 25%                                       | Rp 93,000,000  |
|     | 50%                                       | Rp 46,500,000  |



|     |      |                |
|-----|------|----------------|
|     | 75%  | -              |
|     | 100% | -              |
| 300 | 0%   | Rp 372,000,000 |
|     | 25%  | Rp 186,000,000 |
|     | 50%  | Rp 93,000,000  |
|     | 75%  | Rp 46,500,000  |
|     | 100% | -              |
| 325 | 0%   | Rp 198,400,000 |
|     | 25%  | Rp 77,500,000  |
|     | 50%  | -              |
|     | 75%  | -              |
|     | 100% | -              |

### 5.6.3 Perhitungan Volume dan Biaya GSRW

Untuk perhitungan GSRW dapat dilihat pada Tabel 5.19

**Tabel 5. 19** Rekapitulasi Perhitungan Volume dan Biaya GSRW Setiap STA

| PERHITUNGAN BIAYA DAN VOLUME MATERIAL |        |             |            |                |        |                |
|---------------------------------------|--------|-------------|------------|----------------|--------|----------------|
| STA 0+275                             |        |             |            |                |        |                |
| GSRW                                  |        |             |            |                |        |                |
| Jenis                                 | Jumlah | Panjang (m) | Tinggi (m) | Harga          | Satuan | Total          |
| GSRW                                  | -      | -           | 1.75       | Rp1,900,000.00 | m      | Rp3,325,000.00 |

| PERHITUNGAN BIAYA DAN VOLUME MATERIAL |        |             |            |                |        |                |
|---------------------------------------|--------|-------------|------------|----------------|--------|----------------|
| STA 0+300                             |        |             |            |                |        |                |
| GSRW                                  |        |             |            |                |        |                |
| Jenis                                 | Jumlah | Panjang (m) | Tinggi (m) | Harga          | Satuan | Total          |
| GSRW                                  | -      | -           | 2.5        | Rp1,900,000.00 | m      | Rp4,750,000.00 |

| PERHITUNGAN BIAYA DAN VOLUME MATERIAL |        |             |            |                |        |                |
|---------------------------------------|--------|-------------|------------|----------------|--------|----------------|
| STA 0+325                             |        |             |            |                |        |                |
| GSRW                                  |        |             |            |                |        |                |
| Jenis                                 | Jumlah | Panjang (m) | Tinggi (m) | Harga          | Satuan | Total          |
| GSRW                                  | -      | -           | 3.75       | Rp1,900,000.00 | m      | Rp7,125,000.00 |

### 5.6.4 Volume dan Biaya Timbunan, Perkuatan dan GSRW yang Paling Efisien

Dari semua perhitungan volume dan biaya maka terpilih volume dan biaya paling efisien pada timbunan 50% tanah 50% mortar busa pada setiap STA dapat dilihat pada Tabel 5.20 untuk STA 275, Tabel 5.21 untuk STA 300 dan Tabel 5.22 untuk STA 325.

**Tabel 5. 20 Rekapitulasi Volume dan Biaya Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Pada STA 275**

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL       | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-----------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |           |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 202.34375 | m3     | Rp276,501.00   | Rp55,948,249.22         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 293.75    | m3     | Rp276,501.00   | Rp81,222,168.75         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |           |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 202.34375 | m3     | Rp800,000.00   | Rp161,875,000.00        |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |           |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring ( 1 Buah)         | 300       | m      | Rp155,000.00   | Rp46,500,000.00         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |           |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 1.75      | m      | Rp1,900,000.00 | Rp3,325,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |           |        |                | <b>Rp348,870,417.97</b> |

(Sumber : Hasil Analisa)

**Tabel 5. 21 Rekapitulasi Volume dan Biaya Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Pada STA 300**

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL   | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |       |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 312.5 | m3     | Rp276,501.00   | Rp86,406,562.50         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 312.5 | m3     | Rp276,501.00   | Rp86,406,562.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |       |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 312.5 | m3     | Rp800,000.00   | Rp250,000,000.00        |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |       |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring ( 2 Buah)         | 600   | m      | Rp155,000.00   | Rp93,000,000.00         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0     | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |       |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 2.5   | m      | Rp1,900,000.00 | Rp4,750,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |       |        |                | <b>Rp520,563,125.00</b> |

(Sumber : Hasil Analisa)

**Tabel 5. 22 Rekapitulasi Volume dan Biaya Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Pada STA 325**

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL       | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-----------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |           |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 105.46875 | m3     | Rp276,501.00   | Rp29,162,214.84         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 337.5     | m3     | Rp276,501.00   | Rp93,319,087.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |           |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 105.46875 | m3     | Rp800,000.00   | Rp84,375,000.00         |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |           |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |           |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 3.75      | m      | Rp1,900,000.00 | Rp7,125,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |           |        |                | <b>Rp213,981,302.34</b> |

(Sumber : Hasil Analisa)

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan yang telah disampaikan. Berikut merupakan kesimpulan dalam penulisan tugas akhir ini, antara lain :

1. Perencanaan timbunan tanah sirtu sepenuhnya jika ditinjau dengan Safety factornya didapatkan Safety factor sebagai berikut:
  - Pada STA 275 didapatkan Safety factor sebesar 1.09 pada sisi miring dan 1.17 pada sisi tegak sehingga diperlukan perkuatan cerucuk sebanyak 3 buah/m' pada sisi miring dan 2 buah/m' pada sisi tegak
  - Pada STA 300 didapatkan safety factor sebesar 0.95 pada sisi miring dan 1.04 pada sisi tegak sehingga diperlukan perkuatan cerucuk sebanyak 5 buah/m' pada sisi miring dan 3 buah/m' pada sisi tegak
  - Pada STA 325 didapatkan safety factor sebesar 0.97 pada sisi miring dan 1.16 pada sisi tegak sehingga diperlukan perkuatan cerucuk sebanyak 6 buah/m' pada sisi miring dan 4 buah/m' pada sisi tegak

Sehingga dari segi keamanan timbunan tanah sirtu sepenuhnya tidak memenuhi syarat keamanan jika tidak menggunakan perkuatan cerucuk.

2. Perencanaan timbunan mortar busa sepenuhnya jika ditinjau dengan Safety factornya didapatkan Safety factor sebagai berikut:
  - Pada STA 275 didapatkan Safety factor sebesar 1.88 pada sisi miring dan 2.24 pada sisi tegak sehingga sudah memenuhi syarat keamanan SF > 1.5.
  - Pada STA 300 didapatkan safety factor sebesar 1.610 pada sisi miring dan 2.54 pada sisi tegak sehingga sudah memenuhi syarat keamanan SF > 1.5.
  - Pada STA 325 didapatkan ssafety factor sebesar 1.98 pada sisi miring dan 2.31 pada sisi tegak sehingga sudah memenuhi syarat keamanan SF > 1.5.

Sehingga dari segi keamanan timbunan mortar busa sepenuhnya sudah memenuhi angka keamanan tanpa menggunakan perkuatan cerucuk.

3. Perencanaan timbunan kombinasi tanah pilihan dengan mortar busa jika ditinjau dari SF nya didapatkan hasil sebagai berikut:
- Untuk Timbunan dengan Tinggi 75% Tanah dan Tinggi 25% Mortar Busa hasilnya adalah
    - Pada STA 275 SF timbunan sisi miring sebesar 1.3 dan 1.44 pada sisi tegak sehingga diperlukan perkuatan masing - masing sebanyak 1 buah/m' pada sisi miring dan sisi tegak.
    - Pada STA 300 SF timbunan sisi miring sebesar 0.94 dan 1.45 pada sisi tegak sehingga diperlukan perkuatan sebanyak 2 buah/m' pada sisi miring dan 1 buah/m' pada sisi tegak.
    - Pada STA 325 SF timbunan sisi miring sebesar 1.21 dan 1.49 pada sisi tegak sehingga diperlukan perkuatan sebanyak 2 buah/m' pada sisi miring dan 1 buah/m' pada sisi tegak.
  - Untuk Timbunan dengan Tinggi 50% Tanah dan Tinggi 50% Mortar Busa hasilnya adalah
    - Pada STA 275 SF timbunan sisi miring sebesar 1.4 dan 1.63 pada timbunan sisi tegak sehingga diperlukan perkuatan sebanyak 1 buah/m' pada sisi miring dan sisi tegak
    - Pada STA 300 SF sisi timbunan miring sebesar 1.06 dan 1.75 pada sisi tegak sehingga diperlukan perkuatan cerucuk sebanyak 2 buah/m' pada timbunan sisi miring.
    - Pada STA 325 SF timbunan sisi miring 1.54 dan 1.74 pada timbunan sisi tegak sehingga tidak diperlukan perkuatan.
  - Untuk Timbunan dengan Tinggi 25% Tanah dan Tinggi 75% Mortar Busa hasilnya adalah
    - Pada STA 275 SF timbunan sisi miring 1.71 dan 2 pada timbunan sisi tegak sehingga tidak diperlukan perkuatan.
    - Pada STA 300 SF timbunan sisi miring 1.34 dan 1.94 pada timbunan sisi tegak sehingga diperlukan perkuatan cerucuk pada sebanyak 1 buah/m' pada timbunan sisi miring.
    - Pada STA 325 SF timbunan sisi miring 1.98 dan 2.31 pada timbunan sisi tegak sehingga tidak diperlukan perkuatan.

4. Perencanaan GSRW pada setiap STA didapatkan hasil sebagai berikut:
  - Pada STA 275 digunakan GSRW tipe 1 dengan ketinggian 1.75 m; SF Geser 3.65, SF Daya Dukung 7,6 dan SF Overall Stability 1,96; panjang *friction tie* yang diperlukan adalah 2 m.
  - Pada STA 300 digunakan GSRW tipe 1 dengan ketinggian 2,5 m; SF Geser 2,49, SF Daya Dukung 4,66 dan SF Overall Stability 2,78; panjang *friction tie* yang diperlukan adalah 3 m.
  - Pada STA 325 digunakan GSRW tipe 1 dengan ketinggian 3,75 m; SF Geser 4,47, SF Daya Dukung 4,82, dan SF Overall Stability 3,19; panjang *friction tie* yang diperlukan adalah 4 m.
5. Biaya perencanaan alternatif untuk semua kombinasi timbunan dengan perkuatan cerucuk (pada sisi timbunan tegak dan miring) dan perkuatan GSRW (sisi timbunan tegak) adalah sebagai berikut:
  - Untuk Timbunan dengan Tinggi 100% Tanah:
    - o Pada STA 275 biaya yang diperlukan untuk timbunan tanah penuh dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp428,943,667.19.
    - o Pada STA 300 biaya yang diperlukan untuk timbunan tanah penuh dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp635,969,687.50.
    - o Pada STA 325 biaya yang diperlukan untuk timbunan tanah penuh dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp 357,168,517.19.
  - Untuk Timbunan dengan Tinggi 75% Tanah dan Tinggi 25% Mortar Busa hasilnya adalah
    - o Pada STA 275 biaya yang diperlukan untuk timbunan 75% Tanah 25% Mortar Busa dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp342,407,042.58.
    - o Pada STA 300 biaya yang diperlukan untuk timbunan 75% Tanah 25% Mortar Busa dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp531,766,406.25.

- Pada STA 325 biaya yang diperlukan untuk timbunan tanah 75% Tanah 25% Mortar Busa dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp263,874,909.77.
- Untuk Timbunan dengan Tinggi 50% Tanah dan Tinggi 50% Mortar Busa hasilnya adalah
  - Pada STA 275 biaya yang diperlukan untuk timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp355,333,793.36.
  - Pada STA 300 biaya yang diperlukan untuk timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp520,563,125.
  - Pada STA 325 biaya yang diperlukan untuk timbunan tanah 50% Tanah 50% Mortar Busa dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp213,981,302.34
- Untuk Timbunan dengan Tinggi 25% Tanah dan Tinggi 75% Mortar Busa hasilnya adalah
  - Pada STA 275 biaya yang diperlukan untuk timbunan 25% Tanah 75% Mortar Busa dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp355,333,793.36.
  - Pada STA 300 biaya yang diperlukan untuk timbunan 25% Tanah 75% Mortar Busa dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp555,859,843.
  - Pada STA 325 biaya yang diperlukan untuk timbunan tanah 25% Tanah 75% Mortar Busa dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp241,587,694.92.
- Untuk Timbunan dengan Tinggi 100% mortar busa hasilnya adalah
  - Pada STA 275 biaya yang diperlukan untuk timbunan mortar busa penuh dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp408,297,168.75.
  - Pada STA 300 biaya yang diperlukan untuk timbunan mortar busa penuh dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp591,156,562.5.

- Pada STA 325 biaya yang diperlukan untuk timbunan mortar busa penuh dengan perkuatan cerucuk dan GSRW adalah sebesar Rp269,194,087.50.
6. Perencanaan alternatif timbunan paling efektif dari segi biaya dan keamanan adalah alternatif timbunan 50% mortar busa 50% tanah pada setiap STA, dengan rincian harga sebagai berikut:
- a. Untuk STA 275 biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp348,870,417.97.
  - b. Untuk STA 300 biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp 520,563,125.
  - c. Untuk STA 325 biaya yang diperlukan adalah sebesar Rp213,981,302.34.

## 7.2 Saran

Dari hasil analisis perencanaan timbunan kombinasi tanah dengan mortar busa yang didesain dengan sisi timbunan miring dan sisi timbunan tegak, hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan perencanaan ini adalah perlu adanya penggunaan aplikasi bantuan yaitu *Plaxis* untuk mengetahui keruntuhan timbunan secara lebih detail.





## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2005. **RSNI T-03-2005 Perencanaan Struktur Jembatan Beton.** Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. SNI 2833-2013 Gempa Untuk Jembatan. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah : Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknik.* Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya:Erlangga.
- Das. Braja M. 1995. *Mekanika Tanah : Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknik (Vol.2)* Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya:Erlangga.
- Mochtar, Indrasurya B. 2000. *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils).* Surabaya:Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Iqbal, Maulana. 2012. *Kajian Penanganan Tanah Lunak Dengan Timbunan Jalan Mortar Busa.* Bandung : Penerbit Informatika.
- Pratikno, Logiray. 2017. *Alternatif Perbaikan Tanah Dasar dan Perkuatan Timbunan Pada Jalan Tol Palembang – Indralaya (STA 8+750 s/d STA 10+750).* Surabaya : ITS.
- Afriyanto, Arif. 2017. *Analisa Perbandingan Perencanaan Pondasi Tiang Pancang Menggunakan Berbagai Macam Metode pada Proyek Apartemen The Frontage Surabaya.* Surabaya : ITS.
- W.U, Indra. 2015. *Alternatif Perencanaan Jalan Lingkar Luar Timur Dengan Variasi Slab on Pile dan Pier Head STA 14+500 – 15+600 Surabaya, Propinsi Jawa Timur.* Surabaya : ITS.
- H.N, Ocvan. 2018. *Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dan Perkuatan Stabilitas Timbunan Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA 2+650 s/d 3+250.* Surabaya : ITS

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# LAMPIRAN

## Lampiran 1

### Data Bore log STA 275

**BORE LOG**

Bore No. : BH - 2  
 Project : Pembangunan Fly Over Pengantel JPL KM 38+897 kearah Surabaya-Sido  
 Check :  
 Klien : Klien Kala Sampo  
 STA :  
 GML : - 2.00 M

GeS (UTM)  
 X = 674673.046  
 Y = 9180020.837  
 Diameter of Bore : 75 mm  
 Diameter of casing : 317 mm  
 Date : 31.07.2022  
 Finish : 03.08.2022

| DEPTH LOG (m) | Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm | VISUAL DESCRIPTION | COLOUR  | USDS Depth (m) | N(1-15) - (15-30) - (30-45) - (45-60) |    |    |          | Grain Size Analysis (%) |          |          |          | Physical Properties |                   |                                    |              | Mechanical Properties |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
|---------------|---|--------------------|---------|----------------|---------------------------------------|----|----|----------|-------------------------|----------|----------|----------|---------------------|-------------------|------------------------------------|--------------|-----------------------|---------------------------------------|---|-------|-------------|-----------------------|--------------------|--|
|               |   |                    |         |                | N1                                    | N2 | N3 | (ΣN-SPT) | Gravel (%)              | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) | Water Content (%)   | Dry Density (pcf) | Specific Gravity (G <sub>s</sub> ) | Porosity (n) | Void Ratio (e)        | Unconfined Test (kg/cm <sup>2</sup> ) | Direct Shear Test (kg/cm <sup>2</sup> ) | φ (°) | LL (%)      | Plasticity Index (pI) | Atterberg Test (p) |  |
| 0             | 1   | Titiruan           | Clair   |                |                                       |    |    |          |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 1             | 2   | Titiruan           | Clair   |                |                                       |    |    |          |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 2             | 7   | Pasir halus        | Abu-abu |                | 1                                     | 1  | 1  | 2        | 1.38                    | 75.98    | 23.56    | 0.00     | 26.51               | 1.625             | 2.695                              | 0.417        | 0.714                 | N/A                                   | 0.25                                    | 16    | NON PLASTIS |                       |                    |  |
| 3             | 2   | Pasir kasar        | Hilam   |                | 3                                     | 5  | 7  | 12       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 4             | 4   | Pasir halus        | Hilam   |                | 4                                     | 6  | 8  | 12       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 5             | 5   | Pasir kasar        | Hilam   |                | 5                                     | 7  | 10 | 16       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 6             | 6   | Pasir kasar        | Hilam   |                | 6                                     | 9  | 13 | 24       | 0.41                    | 70.26    | 29.33    | 0.00     | 27.66               | 1.527             | 2.693                              | 0.426        | 0.742                 | N/A                                   | 0.22                                    | 17    | NON PLASTIS |                       |                    |  |
| 7             | 7   | Pasir halus        | Hilam   |                | 7                                     | 10 | 15 | 24       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 8             | 8   | Pasir kasar        | Hilam   |                | 8                                     | 11 | 16 | 31       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 9             | 9   | Pasir halus        | Hilam   |                | 9                                     | 12 | 18 | 31       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 10            | 10  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 10                                    | 13 | 19 | 31       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 11            | 11  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 11                                    | 14 | 20 | 35       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 12            | 12  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 12                                    | 15 | 21 | 38       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 13            | 13  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 13                                    | 16 | 22 | 41       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 14            | 14  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 14                                    | 17 | 23 | 45       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 15            | 15  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 15                                    | 18 | 24 | 48       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 16            | 16  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 16                                    | 19 | 25 | 51       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 17            | 17  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 17                                    | 20 | 26 | 54       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 18            | 18  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 18                                    | 21 | 27 | 57       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 19            | 19  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 19                                    | 22 | 28 | 60       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 20            | 20  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 20                                    | 23 | 29 | 63       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 21            | 21  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 21                                    | 24 | 30 | 66       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 22            | 22  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 22                                    | 25 | 31 | 69       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 23            | 23  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 23                                    | 26 | 32 | 72       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 24            | 24  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 24                                    | 27 | 33 | 75       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 25            | 25  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 25                                    | 28 | 34 | 78       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 26            | 26  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 26                                    | 29 | 35 | 81       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 27            | 27  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 27                                    | 30 | 36 | 84       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 28            | 28  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 28                                    | 31 | 37 | 87       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 29            | 29  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 29                                    | 32 | 38 | 90       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |
| 30            | 30  | Pasir kasar        | Hilam   |                | 30                                    | 33 | 39 | 93       |                         |          |          |          |                     |                   |                                    |              |                       |                                       |   |       |             |                       |                    |  |

### Data Bore Log STA 300

# BORE LOG

Bore No. : BH - 3  
 Project : Pembangunan Fly Over Ringrad JRL KM 38+887 Mts Surabaya Sido  
 Client : PT. Karya Sampo  
 Location : Madiya Sampo  
 Scale : 1:50  
 Date : 2022  
 GML : - 2.50 M

GPS (UTM) X = 074966 843  
 Y = 9180045 499  
 Diameter of Bore : 75 mm  
 Diameter of Casing : 80 mm  
 Date : 01-08-2022  
 Sheet : 01-08-2022  
 Finish : 03-08-2022

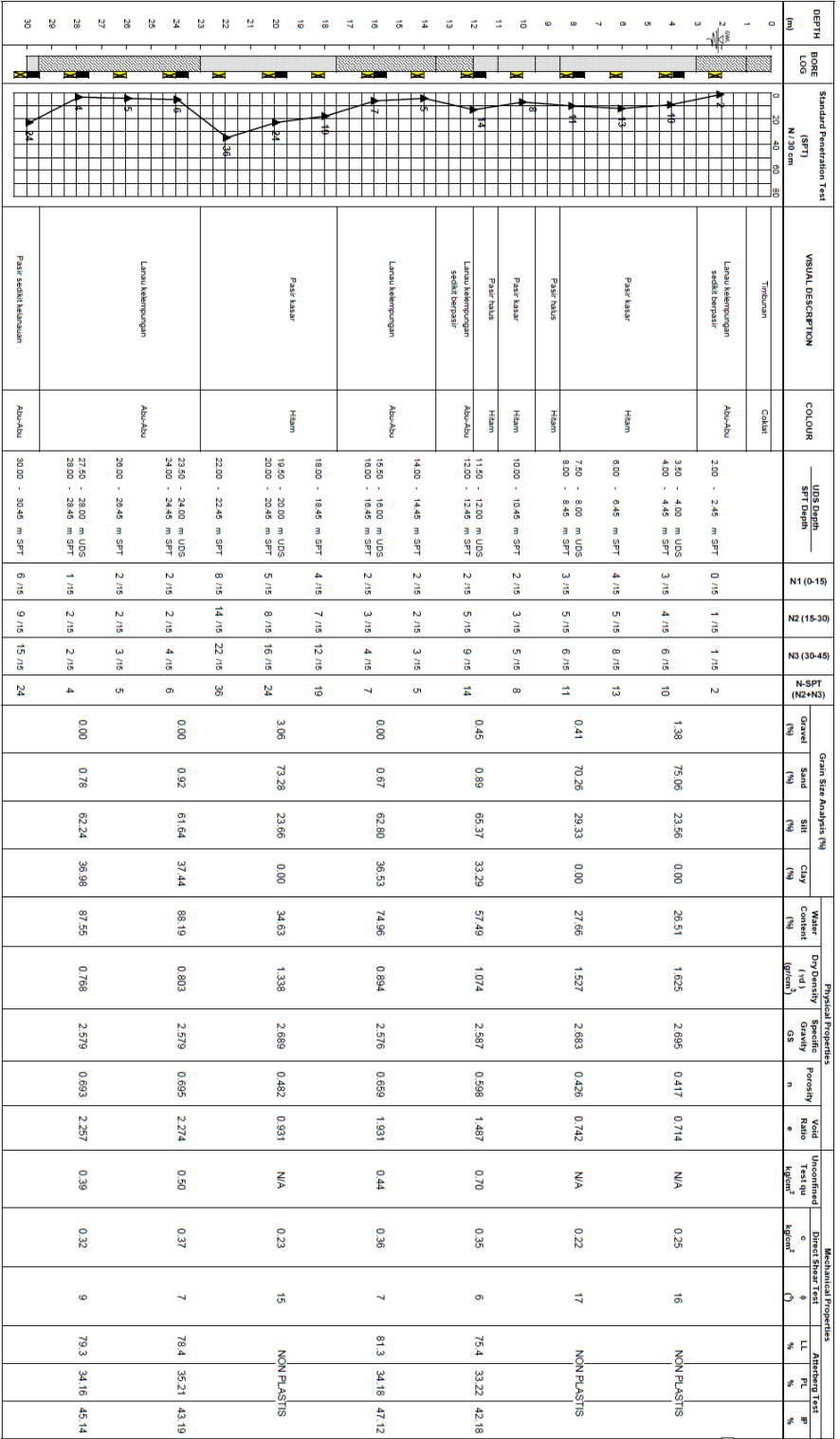
| DEPTH (m) | LOG | Standard Penetration Test (SPT) N/30 cm | VISUAL DESCRIPTION   | COLOUR | UDS Depth - SPT Depth                  | SPT Blows |        |         |        |      | Grain Size Analysis (%) | Water Content (%) | Physical Properties |          |          |          | Unconfined Test Report | Dissipative Report | Mechanical Properties        |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|-----|---|----------------------|--------|--|-----------|--------|---------|--------|------|-------------------------|-------------------|---------------------|----------|----------|----------|------------------------|--------------------|------------------------------|------|------------|--------------|--------|---------|------------------------------|--------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|           |     |   |                      |        |  | N(0)      | N1     | N2      | N3     | N4   |                         |                   | Gravel (%)          | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) |                        |                    | Density (g/cm <sup>3</sup> ) | GS   | Porosity n | Void Ratio e | LL (%) | Pl. (%) | Atterberg I <sub>p</sub> (%) | A <sub>s</sub> (%) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0         |     |   |                      |        |  |           |        |         |        |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1         |     |   |                      |        |  |           |        |         |        |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2         |     |   |                      |        |  |           |        |         |        |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3         |     |   |                      |        |  |           |        |         |        |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4         |     |   | Lempung lempungan    | Coklat | 200 - 245 m SPT                        | 1 / 15    | 1 / 15 | 1 / 15  | 1 / 15 | 2    |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5         |     |   | Pasir halus kebihuan | Hijau  | 350 - 400 m UDS<br>400 - 445 m SPT     | 1 / 15    | 2 / 15 | 2 / 15  | 2 / 15 | 4    | 0.27                    | 72.72             | 27.02               | 0.00     | 21.96    | 1.910    | 2.694                  | 0.371              | 0.599                        | N/A  | 0.26       |              | 17     |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6         |     |   | Pasir kasar          | Hijau  | 800 - 845 m SPT                        | 4 / 15    | 7 / 15 | 10 / 15 | 17     |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7         |     |   | Pasir halus          | Hijau  | 750 - 800 m UDS<br>800 - 845 m SPT     | 4 / 15    | 7 / 15 | 9 / 15  | 16     | 0.00 | 49.26                   | 50.74             | 0.00                | 24.95    | 1.596    | 2.669    | 0.400                  | 0.666              | N/A                          | 0.23 |            | 15           |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8         |     |   | Pasir halus          | Hijau  | 1000 - 1045 m SPT                      | 3 / 15    | 5 / 15 | 8 / 15  | 13     |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9         |     |   | Pasir halus          | Hijau  | 1150 - 1200 m UDS                      | 2 / 15    | 3 / 15 | 3 / 15  | 6      | 0.00 | 42.50                   | 29.66             | 27.83               | 38.56    | 1.369    | 2.665    | 0.507                  | 1.028              | 0.41                         | 0.26 |            | 15           |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10        |     |   | Pasir halus          | Hijau  | 1200 - 1245 m SPT                      | 2 / 15    | 3 / 15 | 3 / 15  | 7      |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11        |     |   | Pasir halus          | Hijau  | 1400 - 1445 m SPT                      | 2 / 15    | 3 / 15 | 4 / 15  | 7      |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12        |     |   | Lempung lempungan    | Abrus  | 1600 - 1600 m UDS<br>1600 - 1645 m SPT | 4 / 15    | 9 / 15 | 14 / 15 | 23     | 0.78 | 66.30                   | 32.52             | 0.00                | 26.72    | 1.664    | 2.682    | 0.417                  | 0.716              | N/A                          | 0.25 |            | 16           |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13        |     |   | Lempung lempungan    | Abrus  | 1800 - 1845 m SPT                      | 5 / 15    | 8 / 15 | 15 / 15 | 23     |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14        |     |   | Pasir halus          | Hijau  | 1950 - 2000 m UDS<br>2000 - 2045 m SPT | 5 / 15    | 7 / 15 | 12 / 15 | 19     | 0.00 | 45.97                   | 24.17             | 29.86               | 30.20    | 1.424    | 2.665    | 0.446                  | 0.805              | 0.46                         | 0.19 |            | 21           |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15        |     |   | Pasir kasar          | Hijau  | 2200 - 2245 m SPT                      | 4 / 15    | 7 / 15 | 10 / 15 | 17     |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16        |     |   | Pasir halus          | Hijau  | 2350 - 2400 m UDS<br>2400 - 2445 m SPT | 4 / 15    | 6 / 15 | 8 / 15  | 14     | 0.00 | 64.37                   | 35.63             | 0.00                | 23.89    | 1.370    | 2.678    | 0.390                  | 0.640              | N/A                          | 0.22 |            | 17           |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17        |     |   | Pasir halus          | Hijau  | 2600 - 2645 m SPT                      | 2 / 15    | 3 / 15 | 4 / 15  | 7      |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18        |     |   | Lempung lempungan    | Abrus  | 2750 - 2800 m UDS<br>2800 - 2845 m SPT | 2 / 15    | 4 / 15 | 4 / 15  | 8      | 0.00 | 3.68                    | 61.28             | 35.04               | 91.21    | 0.724    | 2.594    | 0.703                  | 2.366              | 0.31                         | 0.34 |            | 8            |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19        |     |   | Lempung lempungan    | Abrus  | 3000 - 3045 m SPT                      | 2 / 15    | 2 / 15 | 3 / 15  | 5      |      |                         |                   |                     |          |          |          |                        |                    |                              |      |            |              |        |         |                              |                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Data Bore Log STA 325

**BORE LOG**

Bore No : BH - 5  
 Project : Pembangunan Fly Over Pengganti JPL KM 38+877 ruas Surabaya-Solo  
 Client :  
 Location : Krian, Kab. Sleman  
 Surveyor :  
 GWT : - 2.10 M

GPS (UTM)  
 X = 674600.702  
 Y = 9718094.024  
 Diameter of Bore : 73 mm  
 Diameter of Casing : 89 mm  
 Start : 08/10/2022  
 Date :  
 Finish : 08/10/2022



## Lampiran 2

### Rekap Hasil Perhitungan Sc dan Hintial dengan penggantian tanah STA 275

#### Full Tanah

| Depth (m) | Jenis Tanah            | NSPT | Tebal (m) | z (m) | m        | n    | I    | e <sub>s</sub> | C <sub>s</sub> | C <sub>c</sub> | γ <sub>sat</sub> (t/m <sup>3</sup> ) | γ' (t/m <sup>3</sup> ) | σ' <sub>ov</sub> (t/m <sup>2</sup> ) | σ <sub>DAIT</sub> (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------|------|-----------|-------|----------|------|------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1         | Lanau Berpasir         | 2    | 1         | 0.5   | INFINITY | 10   | 0.25 | 2.109          | 0.290          | 1.202          | 1.550                                | 0.550                  | 0.275                                | 2                                     |
| 2         | Pasir Kelanauan        | 2    | 1         | 1.5   |          | 3.33 | 0.24 | 0.545          | 0.000          | 0.000          | 2.100                                | 1.100                  | 1.100                                |                                       |
| 3.5       | Pasir Kasar            | 8    | 1.5       | 2.75  |          | 1.18 | 0.22 | 1.127          | 0.000          | 0.000          | 1.803                                | 0.803                  | 2.253                                |                                       |
| 4         | Lempung Berpasir       | 10   | 0.5       | 3.75  |          | 0.77 | 0.18 | 1.058          | 0.123          | 0.466          | 1.829                                | 0.829                  | 3.062                                |                                       |
| 7.5       | Pasir Kasar            | 11   | 3.5       | 5.75  |          | 0.53 | 0.15 | 1.046          | 0.000          | 0.000          | 1.834                                | 0.834                  | 4.729                                |                                       |
| 9.5       | Pasir Halus            | 14   | 2         | 8.5   |          | 0.35 | 0.11 | 0.979          | 0.000          | 0.000          | 1.860                                | 0.860                  | 7.048                                |                                       |
| 10.5      | Lanau Berpasir         | 5    | 1         | 10    |          | 0.27 | 0.09 | 1.279          | 0.140          | 0.556          | 1.750                                | 0.750                  | 8.283                                |                                       |
| 12        | Lanau Sedikit Berpasir | 5    | 1.5       | 11.25 |          | 0.24 | 0.08 | 1.279          | 0.140          | 0.556          | 1.750                                | 0.750                  | 9.221                                |                                       |
| 16.5      | Lanau Kelempungan      | 7    | 4.5       | 14.25 |          | 0.20 | 0.06 | 1.160          | 0.127          | 0.494          | 1.792                                | 0.792                  | 11.565                               |                                       |
| 17.5      | Lanau Sedikit Berpasir | 13   | 1         | 17    |          | 0.16 | 0.04 | 0.795          | 0.090          | 0.333          | 1.945                                | 0.945                  | 13.819                               |                                       |

| α1 (rad) | α2 (rad) | Δσz<br>Trapezium<br>(t/m <sup>2</sup> ) | Δσz (t/m2)<br>Persegi | ΣΔσz (t/m <sup>2</sup> ) | (σ <sub>ov</sub> ' + Δσ <sub>z</sub> ) | Cek Rumus Sc | (σ <sub>c</sub> ' / σ <sub>ov</sub> ' ) | C <sub>s</sub> log<br>(σ <sub>c</sub> ' / σ <sub>ov</sub> ' ) | (σ <sub>ov</sub> ' + Δσ <sub>z</sub> ) / σ <sub>c</sub> ' | C <sub>c</sub> log<br>(σ <sub>ov</sub> ' + Δσ <sub>z</sub> ) / σ <sub>c</sub> ' | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|----------|----------|---|-----------------------|--------------------------|--|--------------|---|---|---|---|--------|------------------|
| 0.013    | 1.521    | 2.412                                   | 2.413                 | 4.825                    | 5.100                                  | Rumus 2      | 8.273                                   | 0.266   | 2.242   | 0.421   | 0.000  | 0.000            |
| 0.038    | 1.422    | 2.410                                   | 2.316                 | 4.726                    | 5.826                                  | Rumus 2      | 2.818                                   | 0.000   | 1.879   | 0.000   | 0.000  |                  |
| 0.067    | 1.302    | 2.400                                   | 2.123                 | 4.523                    | 6.775                                  | Rumus 2      | 1.888                                   | 0.000   | 1.593   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.088    | 1.212    | 2.382                                   | 1.737                 | 4.119                    | 7.181                                  | Rumus 2      | 1.653                                   | 0.027   | 1.419   | 0.071   | 0.024  | 0.024            |
| 0.119    | 1.049    | 2.317                                   | 1.448                 | 3.765                    | 8.493                                  | Rumus 2      | 1.423                                   | 0.000   | 1.262   | 0.000   | 0.000  |                  |
| 0.143    | 0.866    | 2.175                                   | 1.062                 | 3.237                    | 10.285                                 | Rumus 2      | 1.284                                   | 0.000   | 1.137   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.148    | 0.785    | 2.082                                   | 0.869                 | 2.951                    | 11.234                                 | Rumus 2      | 1.241                                   | 0.013   | 1.092   | 0.021   | 0.015  | 0.015            |
| 0.149    | 0.727    | 2.001                                   | 0.772                 | 2.773                    | 11.994                                 | Rumus 2      | 1.217                                   | 0.012   | 1.069   | 0.016   | 0.018  | 0.018            |
| 0.146    | 0.612    | 1.808                                   | 0.579                 | 2.387                    | 13.951                                 | Rumus 2      | 1.173                                   | 0.009   | 1.028   | 0.006   | 0.031  | 0.031            |
| 0.139    | 0.532    | 1.643                                   | 0.386                 | 2.029                    | 15.848                                 | Rumus 2      | 1.145                                   | 0.005   | 1.002   | 0.000   |        | 0.000            |

#### 75% Tanah 25% Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah            | Tebal (m) | z (m) | M        | N     | I    | e <sub>s</sub> | C <sub>s</sub> | C <sub>c</sub> | γ <sub>sat</sub> (t/m <sup>3</sup> ) | γ' (t/m <sup>3</sup> ) | σ' <sub>ov</sub> (t/m <sup>2</sup> ) | σ <sub>DAIT</sub> (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------|-----------|-------|----------|-------|------|----------------|----------------|----------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1         | Lanau Berpasir         | 1.00      | 0.50  | INFINITY | 10.00 | 0.25 | 2.109          | 0.290          | 1.202          | 1.550                                | 0.550                  | 0.275                                | 2                                     |
| 2         | Pasir Kelanauan        | 1.00      | 1.50  |          | 3.33  | 0.24 | 0.545          | 0.000          | 0.000          | 2.100                                | 1.100                  | 1.100                                |                                       |
| 3.5       | Pasir Kasar            | 1.50      | 2.75  |          | 1.18  | 0.22 | 1.127          | 0.000          | 0.000          | 1.803                                | 0.803                  | 2.253                                |                                       |
| 4         | Lempung Berpasir       | 0.50      | 3.75  |          | 0.77  | 0.18 | 1.058          | 0.123          | 0.466          | 1.829                                | 0.829                  | 3.062                                |                                       |
| 7.5       | Pasir Kasar            | 3.50      | 5.75  |          | 0.53  | 0.15 | 1.046          | 0.000          | 0.000          | 1.834                                | 0.834                  | 4.729                                |                                       |
| 9.5       | Pasir Halus            | 2.00      | 8.50  |          | 0.35  | 0.11 | 0.979          | 0.000          | 0.000          | 1.860                                | 0.860                  | 7.048                                |                                       |
| 10.5      | Lanau Berpasir         | 1.00      | 10.00 |          | 0.27  | 0.09 | 1.279          | 0.140          | 0.556          | 1.750                                | 0.750                  | 8.283                                |                                       |
| 12        | Lanau Sedikit Berpasir | 1.50      | 11.25 |          | 0.24  | 0.08 | 1.279          | 0.140          | 0.556          | 1.750                                | 0.750                  | 9.221                                |                                       |
| 16.5      | Lanau Kelempungan      | 4.50      | 14.25 |          | 0.20  | 0.06 | 1.160          | 0.127          | 0.494          | 1.792                                | 0.792                  | 11.565                               |                                       |
| 17.5      | Lanau Sedikit Berpasir | 1.00      | 17.00 |          | 0.16  | 0.04 | 0.795          | 0.090          | 0.333          | 1.945                                | 0.945                  | 13.819                               |                                       |

| $\alpha_1$ (rad) | $\alpha_2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\Delta\sigma_z$ (t/m2) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma_c'/\sigma_{ov}')$ | $C_s \log (\sigma_c'/\sigma_{ov}')$ | $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | $C_c \log (\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|--------------|----------------------------|-------------------------------------|---|--|--------|------------------|
| 0.013            | 1.521            | 1.589                                | 1.589                           | 3.179                                      | 3.454                           | Rumus 2      | 8.273                      | 0.266                               | 1.518                                     | 0.218  | 0.000  | 0.000            |
| 0.038            | 1.422            | 1.588                                | 1.526                           | 3.114                                      | 4.214                           | Rumus 2      | 2.818                      | 0.000                               | 1.359                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.067            | 1.302            | 1.581                                | 1.399                           | 2.980                                      | 5.232                           | Rumus 2      | 1.888                      | 0.000                               | 1.230                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.088            | 1.212            | 1.569                                | 1.144                           | 2.713                                      | 5.776                           | Rumus 2      | 1.653                      | 0.027                               | 1.141                                     | 0.027  | 0.013  | 0.013            |
| 0.119            | 1.049            | 1.526                                | 0.954                           | 2.480                                      | 7.209                           | Rumus 2      | 1.423                      | 0.000                               | 1.071                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.143            | 0.866            | 1.433                                | 0.699                           | 2.132                                      | 9.180                           | Rumus 2      | 1.284                      | 0.000                               | 1.015                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.148            | 0.785            | 1.372                                | 0.572                           | 1.944                                      | 10.227                          | Rumus 2      | 1.241                      | 0.013                               | 0.995                                     | -0.001   | 0.005  | 0.005            |
| 0.149            | 0.727            | 1.318                                | 0.509                           | 1.827                                      | 11.048                          | Rumus 2      | 1.217                      | 0.012                               | 0.985                                     | -0.004   | 0.005  | 0.005            |
| 0.146            | 0.612            | 1.191                                | 0.381                           | 1.572                                      | 13.137                          | Rumus 2      | 1.173                      | 0.009                               | 0.968                                     | 0.005  | 0.029  | 0.029            |
| 0.139            | 0.532            | 1.082                                | 0.254                           | 1.336                                      | 15.156                          | Rumus 2      | 1.145                      | 0.005                               | 0.958                                     | 0.002  | 0.000  | 0.000            |

### 50% Tanah 50% Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah            | Tebal (m) | z (m) | M        | N     | I    | $e_s$ | $C_s$ | $C_c$ | $\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\sigma'_{ov}$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\sigma'_{ov}$ (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------|-----------|-------|----------|-------|------|-------|-------|-------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1         | Lanau Berpasir         | 1.00      | 0.50  | INFINITY | 10.00 | 0.25 | 2.109 | 0.290 | 1.202 | 1.550                              | 0.550                         | 0.275                              | 2                                  |
| 2         | Pasir Kelanauan        | 1.00      | 1.50  |          | 3.33  | 0.24 | 0.545 | 0.000 | 0.000 | 2.100                              | 1.100                         | 1.100                              |                                    |
| 3.5       | Pasir Kasar            | 1.50      | 2.75  |          | 1.18  | 0.22 | 1.127 | 0.000 | 0.000 | 1.803                              | 0.803                         | 2.253                              |                                    |
| 4         | Lempung Berpasir       | 0.50      | 3.75  |          | 0.77  | 0.18 | 1.058 | 0.123 | 0.466 | 1.829                              | 0.829                         | 3.062                              |                                    |
| 7.5       | Pasir Kasar            | 3.50      | 5.75  |          | 0.53  | 0.15 | 1.046 | 0.000 | 0.000 | 1.834                              | 0.834                         | 4.729                              |                                    |
| 9.5       | Pasir Halus            | 2.00      | 8.50  |          | 0.35  | 0.11 | 0.979 | 0.000 | 0.000 | 1.860                              | 0.860                         | 7.048                              |                                    |
| 10.5      | Lanau Berpasir         | 1.00      | 10.00 |          | 0.27  | 0.09 | 1.279 | 0.140 | 0.556 | 1.750                              | 0.750                         | 8.283                              |                                    |
| 12        | Lanau Sedikit Berpasir | 1.50      | 11.25 |          | 0.24  | 0.08 | 1.279 | 0.140 | 0.556 | 1.750                              | 0.750                         | 9.221                              |                                    |
| 16.5      | Lanau Kelempungan      | 4.50      | 14.25 |          | 0.20  | 0.06 | 1.160 | 0.127 | 0.494 | 1.792                              | 0.792                         | 11.565                             |                                    |
| 17.5      | Lanau Sedikit Berpasir | 1.00      | 17.00 |          | 0.16  | 0.04 | 0.795 | 0.090 | 0.333 | 1.945                              | 0.945                         | 13.819                             |                                    |

| $\alpha_1$ (rad) | $\alpha_2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\Delta\sigma_z$ (t/m2) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma_c'/\sigma_{ov}')$ | $C_s \log (\sigma_c'/\sigma_{ov}')$ | $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | $C_c \log (\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|--------------|----------------------------|-------------------------------------|---|--|--------|------------------|
| 0.013            | 1.521            | 1.874                                | 1.874                           | 3.747                                      | 4.022                           | Rumus 2      | 8.273                      | 0.266                               | 1.768                                     | 0.298  | 0.000  | 0.000            |
| 0.038            | 1.422            | 1.872                                | 1.799                           | 3.671                                      | 4.771                           | Rumus 2      | 2.818                      | 0.000                               | 1.539                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.067            | 1.302            | 1.864                                | 1.649                           | 3.513                                      | 5.765                           | Rumus 2      | 1.888                      | 0.000                               | 1.356                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.088            | 1.212            | 1.850                                | 1.349                           | 3.199                                      | 6.261                           | Rumus 2      | 1.653                      | 0.027                               | 1.237                                     | 0.043  | 0.017  | 0.017            |
| 0.119            | 1.049            | 1.800                                | 1.124                           | 2.924                                      | 7.652                           | Rumus 2      | 1.423                      | 0.000                               | 1.137                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.143            | 0.866            | 1.689                                | 0.824                           | 2.514                                      | 9.562                           | Rumus 2      | 1.284                      | 0.000                               | 1.057                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.148            | 0.785            | 1.617                                | 0.675                           | 2.292                                      | 10.575                          | Rumus 2      | 1.241                      | 0.013                               | 1.028                                     | 0.007  | 0.009  | 0.009            |
| 0.149            | 0.727            | 1.554                                | 0.600                           | 2.154                                      | 11.375                          | Rumus 2      | 1.217                      | 0.012                               | 1.014                                     | 0.003  | 0.010  | 0.010            |
| 0.146            | 0.612            | 1.404                                | 0.450                           | 1.854                                      | 13.419                          | Rumus 2      | 1.173                      | 0.009                               | 0.989                                     | -0.002   | 0.013  | 0.013            |
| 0.139            | 0.532            | 1.276                                | 0.300                           | 1.576                                      | 15.395                          | Rumus 2      | 1.145                      | 0.005                               | 0.973                                     | 0.002  | 0.000  | 0.000            |

### 25% Tanah 75% Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah            | Tebal (m) | z (m) | M        | N     | I    | $e_s$ | Cs   | Cc   | $\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\sigma'_{ov}$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\sigma_{hst}$ (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------|-----------|-------|----------|-------|------|-------|------|------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1         | Lanau Berpasir         | 1         | 0.5   | INFINITY | 10.00 | 0.25 | 2.11  | 0.29 | 1.20 | 1.55                               | 0.55                          | 0.28                               | 2                                  |
| 2         | Pasir Kelamuan         | 1         | 1.5   |          | 3.33  | 0.24 | 0.54  | 0.00 | 0.00 | 2.10                               | 1.10                          | 1.10                               |                                    |
| 3.5       | Pasir Kasar            | 1.5       | 2.75  |          | 1.18  | 0.22 | 1.13  | 0.00 | 0.00 | 1.80                               | 0.80                          | 2.25                               |                                    |
| 4         | Lempung Berpasir       | 0.5       | 3.75  |          | 0.77  | 0.18 | 1.06  | 0.12 | 0.47 | 1.83                               | 0.83                          | 3.06                               |                                    |
| 7.5       | Pasir Kasar            | 3.5       | 5.75  |          | 0.53  | 0.15 | 1.05  | 0.00 | 0.00 | 1.83                               | 0.83                          | 4.73                               |                                    |
| 9.5       | Pasir Halus            | 2         | 8.5   |          | 0.35  | 0.11 | 0.98  | 0.00 | 0.00 | 1.86                               | 0.86                          | 7.05                               |                                    |
| 10.5      | Lanau Berpasir         | 1         | 10    |          | 0.27  | 0.09 | 1.28  | 0.14 | 0.56 | 1.75                               | 0.75                          | 8.28                               |                                    |
| 12        | Lanau Sedikit Berpasir | 1.5       | 11.25 |          | 0.24  | 0.08 | 1.28  | 0.14 | 0.56 | 1.75                               | 0.75                          | 9.22                               |                                    |
| 16.5      | Lanau Kelempungan      | 4.5       | 14.25 |          | 0.20  | 0.06 | 1.16  | 0.13 | 0.49 | 1.79                               | 0.79                          | 11.56                              |                                    |
| 17.5      | Lanau Sedikit Berpasir | 1         | 17    |          | 0.16  | 0.04 | 0.79  | 0.09 | 0.33 | 1.95                               | 0.95                          | 13.82                              |                                    |

| $\alpha_1$ (rad) | $\alpha_2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\Delta\sigma_z$ (t/m2) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma'_c/\sigma'_v)$ | Cs log $(\sigma'_c/\sigma'_v)$ | $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z)/\sigma'_c$ | Cc log $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z)/\sigma'_c$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------------------|--|---|--------|------------------|
| 0.013            | 1.521            | 2.158                                | 2.158                           | 4.316                                      | 4.591                          | Rumus 2      | 8.273                   | 0.266                          | 2.018                                    | 0.367   | 0.000  | 0.000            |
| 0.038            | 1.422            | 2.156                                | 2.072                           | 4.228                                      | 5.328                          | Rumus 2      | 2.818                   | 0.000                          | 1.719                                    | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.067            | 1.302            | 2.147                                | 1.899                           | 4.046                                      | 6.298                          | Rumus 2      | 1.888                   | 0.000                          | 1.481                                    | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.088            | 1.212            | 2.131                                | 1.554                           | 3.684                                      | 6.747                          | Rumus 2      | 1.653                   | 0.027                          | 1.333                                    | 0.058   | 0.021  | 0.021            |
| 0.119            | 1.049            | 2.073                                | 1.295                           | 3.368                                      | 8.096                          | Rumus 2      | 1.423                   | 0.000                          | 1.203                                    | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.143            | 0.866            | 1.946                                | 0.950                           | 2.895                                      | 9.943                          | Rumus 2      | 1.284                   | 0.000                          | 1.099                                    | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.148            | 0.785            | 1.863                                | 0.777                           | 2.639                                      | 10.923                         | Rumus 2      | 1.241                   | 0.013                          | 1.062                                    | 0.015   | 0.012  | 0.012            |
| 0.149            | 0.727            | 1.790                                | 0.691                           | 2.481                                      | 11.701                         | Rumus 2      | 1.217                   | 0.012                          | 1.043                                    | 0.010   | 0.015  | 0.015            |
| 0.146            | 0.612            | 1.617                                | 0.518                           | 2.135                                      | 13.700                         | Rumus 2      | 1.173                   | 0.009                          | 1.010                                    | 0.002   | 0.023  | 0.023            |
| 0.139            | 0.532            | 1.469                                | 0.345                           | 1.815                                      | 15.634                         | Rumus 2      | 1.145                   | 0.005                          | 0.988                                    | 0.000   | 0.000  | 0.000            |

## Full Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah            | Tebal (m) | z (m) | M        | N     | I    | $e_s$ | Cs   | Cc   | $\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\sigma'_{ov}$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\sigma_{hst}$ (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------|-----------|-------|----------|-------|------|-------|------|------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1         | Lanau Berpasir         | 1         | 0.5   | INFINITY | 10.00 | 0.25 | 2.11  | 0.29 | 1.20 | 1.55                               | 0.55                          | 0.28                               | 2                                  |
| 2         | Pasir Kelamuan         | 1         | 1.5   |          | 3.33  | 0.24 | 0.54  | 0.00 | 0.00 | 2.10                               | 1.10                          | 1.10                               |                                    |
| 3.5       | Pasir Kasar            | 1.5       | 2.75  |          | 1.18  | 0.22 | 1.13  | 0.00 | 0.00 | 1.80                               | 0.80                          | 2.25                               |                                    |
| 4         | Lempung Berpasir       | 0.5       | 3.75  |          | 0.77  | 0.18 | 1.06  | 0.12 | 0.47 | 1.83                               | 0.83                          | 3.06                               |                                    |
| 7.5       | Pasir Kasar            | 3.5       | 5.75  |          | 0.53  | 0.15 | 1.05  | 0.00 | 0.00 | 1.83                               | 0.83                          | 4.73                               |                                    |
| 9.5       | Pasir Halus            | 2         | 8.5   |          | 0.35  | 0.11 | 0.98  | 0.00 | 0.00 | 1.86                               | 0.86                          | 7.05                               |                                    |
| 10.5      | Lanau Berpasir         | 1         | 10    |          | 0.27  | 0.09 | 1.28  | 0.14 | 0.56 | 1.75                               | 0.75                          | 8.28                               |                                    |
| 12        | Lanau Sedikit Berpasir | 1.5       | 11.25 |          | 0.24  | 0.08 | 1.28  | 0.14 | 0.56 | 1.75                               | 0.75                          | 9.22                               |                                    |
| 16.5      | Lanau Kelempungan      | 4.5       | 14.25 |          | 0.20  | 0.06 | 1.16  | 0.13 | 0.49 | 1.79                               | 0.79                          | 11.56                              |                                    |
| 17.5      | Lanau Sedikit Berpasir | 1         | 17    |          | 0.16  | 0.04 | 0.79  | 0.09 | 0.33 | 1.95                               | 0.95                          | 13.82                              |                                    |

| $\alpha_1$ (rad) | $\alpha_2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\Delta\sigma_z$ (t/m2) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma'_c/\sigma'_v)$ | Cs log $(\sigma'_c/\sigma'_v)$ | $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z)/\sigma'_c$ | Cc log $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z)/\sigma'_c$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------------------|--|---|--------|------------------|
| 0.013            | 1.521            | 1.305                                | 1.305                           | 2.610                                      | 2.885                          | Rumus 2      | 8.273                   | 0.000                          | 1.268                                    | 0.124   | 0.000  | 0.000            |
| 0.038            | 1.422            | 1.304                                | 1.253                           | 2.557                                      | 3.657                          | Rumus 2      | 2.818                   | 0.027                          | 1.180                                    | 0.000   | 0.017  | 0.017            |
| 0.067            | 1.302            | 1.298                                | 1.148                           | 2.446                                      | 4.699                          | Rumus 2      | 1.888                   | 0.000                          | 1.105                                    | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.088            | 1.212            | 1.288                                | 0.940                           | 2.228                                      | 5.290                          | Rumus 2      | 1.653                   | 0.000                          | 1.045                                    | 0.009   | 0.002  | 0.002            |
| 0.119            | 1.049            | 1.253                                | 0.783                           | 2.036                                      | 6.765                          | Rumus 2      | 1.423                   | 0.013                          | 1.005                                    | 0.000   | 0.011  | 0.011            |
| 0.143            | 0.866            | 1.177                                | 0.574                           | 1.751                                      | 8.799                          | Rumus 2      | 1.284                   | 0.012                          | 0.972                                    | 0.000   | 0.012  | 0.012            |
| 0.148            | 0.785            | 1.126                                | 0.470                           | 1.596                                      | 9.879                          | Rumus 2      | 1.241                   | 0.009                          | 0.961                                    | -0.010  | 0.000  | 0.000            |
| 0.149            | 0.727            | 1.082                                | 0.418                           | 1.500                                      | 10.721                         | 0.000        | 1.217                   | 0.005                          | 0.955                                    | 0.000   | 0.003  | 0.003            |
| 0.146            | 0.612            | 0.978                                | 0.313                           | 1.291                                      | 12.856                         | 0.000        | 1.173                   | 0.000                          | 0.948                                    | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.139            | 0.532            | 0.889                                | 0.209                           | 1.097                                      | 14.916                         | 0.000        | 1.145                   | 0.000                          | 0.943                                    | 0.000   | 0.000  | 0.000            |

## Rekap Hasil Perhitungan Sc dan Hintial dengan penggantian tanah STA 300



## Full tanah

| Depth (m) | Jenis Tanah           | NSPT | Tebal (m) | z (m) | M        | N   | I     | $e_0$ | Cs          | Cc      | $\gamma_{sat}$ ( $t/m^3$ ) | $\gamma'$ ( $t/m^3$ ) | $\sigma'_{ov}$ ( $t/m^2$ ) | $\sigma_{DAIT}$ ( $t/m^2$ ) |
|-----------|-----------------------|------|-----------|-------|----------|-----|-------|-------|-------------|---------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 2         | Lanau Kepasiran       | 2    | 2         | 1     | INFINITY | 5   | 0.248 | 2.092 | 0.287267476 | 1.18824 | 1.553                      | 0.553                 | 0.553                      | 2                           |
| 5         | Pasir Halus Kelanauan | 5    | 3         | 3.5   |          | 1.4 | 0.23  | 1.293 | 0           | 0       | 1.745                      | 0.745                 | 2.2235                     |                             |
| 9         | Pasir Kasar           | 16   | 4         | 7     |          | 0.7 | 0.18  | 0.938 | 0           | 0       | 1.87672                    | 0.87671875            | 5.0944375                  |                             |
| 11        | Pasir Kelanauan       | 13   | 2         | 10    |          | 0.5 | 0.148 | 0.990 | 0           | 0       | 1.85594                    | 0.8559375             | 7.7038125                  |                             |
| 14.5      | Lempung Kelanauan     | 7    | 3.5       | 12.75 |          | 0.4 | 0.125 | 1.171 | 0.18795319  | 0.49936 | 1.788                      | 0.788                 | 9.93875                    |                             |

| $\alpha 1$ (rad) | $\alpha 2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) | $\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) | $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma_c'/\sigma_{ov}')$ | Cs log ( $(\sigma_c'/\sigma_{ov}')$ ) | $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | Cc log ( $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ ) | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------------------|---|--|--------|------------------|
| 0.033            | 1.471            | 3.124                        | 3.100                                | 6.224                              | 6.777                           | Rumus 2      | 4.617                      | 0.191                                 | 2.655                                     | 0.504  | 0.000  | 0.000            |
| 0.107            | 1.234            | 3.057                        | 2.875                                | 5.932                              | 8.155                           | Rumus 2      | 1.899                      | 0.000                                 | 1.931                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.174            | 0.960            | 2.993                        | 2.250                                | 5.243                              | 10.338                          | Rumus 2      | 1.393                      | 0.000                                 | 1.457                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.197            | 0.785            | 2.935                        | 1.850                                | 4.785                              | 12.489                          | Rumus 2      | 1.260                      | 0.000                                 | 1.287                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.201            | 0.665            | 2.798                        | 1.563                                | 4.361                              | 14.299                          | Rumus 2      | 1.201                      | 0.015                                 | 1.198                                     | 0.039  | 0.087  | 0.087            |

## 75% Tanah 25% Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah           | Tebal (m) | z (m) | M        | N   | I     | $e_0$ | Cs          | Cc          | $\gamma_{sat}$ ( $t/m^3$ ) | $\gamma'$ ( $t/m^3$ ) | $\sigma'_{ov}$ ( $t/m^2$ ) | $\sigma_{DAIT}$ ( $t/m^2$ ) |
|-----------|-----------------------|-----------|-------|----------|-----|-------|-------|-------------|-------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 2         | Lanau Kepasiran       | 2         | 1     | INFINITY | 5   | 0.248 | 2.092 | 0.287267476 | 1.188238593 | 1.553                      | 0.553                 | 0.553                      | 2                           |
| 5         | Pasir Halus Kelanauan | 3         | 3.5   |          | 1.4 | 0.23  | 1.293 | 0           | 0           | 1.745                      | 0.745                 | 2.2235                     |                             |
| 9         | Pasir Kasar           | 4         | 7     |          | 0.7 | 0.18  | 0.938 | 0           | 0           | 1.87671875                 | 0.87672               | 5.09444                    |                             |
| 11        | Pasir Kelanauan       | 2         | 10    |          | 0.5 | 0.148 | 0.990 | 0           | 0           | 1.8559375                  | 0.85594               | 7.70381                    |                             |
| 14.5      | Lempung Kelanauan     | 3.5       | 12.75 |          | 0.4 | 0.125 | 1.171 | 0.18795319  | 0.499359858 | 1.788                      | 0.788                 | 9.93875                    |                             |

| $\alpha 1$ (rad) | $\alpha 2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) | $\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) | $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma_c'/\sigma_{ov}')$ | Cs log ( $(\sigma_c'/\sigma_{ov}')$ ) | $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | Cc log ( $(\sigma_{ov}'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ ) | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------------------|---|--|--------|------------------|
| 0.017            | 1.471            | 1.923                        | 1.921                                | 3.843                              | 4.396                           | Rumus 2      | 4.617                      | 0.191                                 | 1.722                                     | 0.280  | 0.000  | 0.000            |
| 0.049            | 1.234            | 1.894                        | 1.781                                | 3.675                              | 5.899                           | Rumus 2      | 1.899                      | 0.000                                 | 1.397                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.087            | 0.960            | 1.855                        | 1.394                                | 3.249                              | 8.343                           | Rumus 2      | 1.393                      | 0.000                                 | 1.176                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.114            | 0.785            | 1.819                        | 1.146                                | 2.965                              | 10.669                          | Rumus 2      | 1.260                      | 0.000                                 | 1.099                                     | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.156            | 0.665            | 1.734                        | 0.968                                | 2.702                              | 12.641                          | Rumus 2      | 1.201                      | 0.015                                 | 1.059                                     | 0.012  | 0.044  | 0.044            |

## 50% Tanah 50% Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah           | Tebal (m) | z (m) | M        | N   | I     | $e_0$ | Cs          | Cc          | $\gamma_{sat}$ ( $t/m^3$ ) | $\gamma'$ ( $t/m^3$ ) | $\sigma'_{ov}$ ( $t/m^2$ ) | $\sigma_{DAIT}$ ( $t/m^2$ ) |
|-----------|-----------------------|-----------|-------|----------|-----|-------|-------|-------------|-------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 2         | Lanau Kepasiran       | 2         | 1     | INFINITY | 5   | 0.248 | 2.092 | 0.287267476 | 1.188238593 | 1.553                      | 0.553                 | 0.553                      | 2                           |
| 5         | Pasir Halus Kelanauan | 3         | 3.5   |          | 1.4 | 0.23  | 1.293 | 0           | 0           | 1.745                      | 0.745                 | 2.2235                     |                             |
| 9         | Pasir Kasar           | 4         | 7     |          | 0.7 | 0.18  | 0.938 | 0           | 0           | 1.87671875                 | 0.87672               | 5.09444                    |                             |
| 11        | Pasir Kelanauan       | 2         | 10    |          | 0.5 | 0.148 | 0.990 | 0           | 0           | 1.8559375                  | 0.85594               | 7.70381                    |                             |
| 14.5      | Lempung Kelanauan     | 3.5       | 12.75 |          | 0.4 | 0.125 | 1.171 | 0.18795319  | 0.499359858 | 1.788                      | 0.788                 | 9.93875                    |                             |

| $\alpha 1$ (rad) | $\alpha 2$ (rad) | $\Delta\sigma z$ ( $t/m^2$ ) | $\Delta\sigma z$ ( $t/m2$ ) Persegi | $\sum\Delta\sigma z$ ( $t/m^2$ ) | $(\sigma_w'+\Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma_c'/\sigma_w')$ | Cs log ( $\sigma_c'/\sigma_w'$ ) | $(\sigma_w'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | $C_c \log (\sigma_w'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------|----------------------------------|--|---|--------|------------------|
| 0.017            | 1.471            | 2.326                        | 2.324                               | 4.650                            | 5.203                        | Rumus 2      | 4.617                   | 0.191                            | 2.038                                  | 0.367   | 0.000  | 0.000            |
| 0.049            | 1.234            | 2.292                        | 2.155                               | 4.447                            | 6.670                        | Rumus 2      | 1.899                   | 0.000                            | 1.579                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.087            | 0.960            | 2.244                        | 1.687                               | 3.930                            | 9.025                        | Rumus 2      | 1.393                   | 0.000                            | 1.272                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.114            | 0.785            | 2.200                        | 1.387                               | 3.587                            | 11.291                       | Rumus 2      | 1.260                   | 0.000                            | 1.164                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.156            | 0.665            | 2.097                        | 1.171                               | 3.269                            | 13.207                       | Rumus 2      | 1.201                   | 0.015                            | 1.106                                  | 0.022   | 0.059  | 0.059            |

## 25% Tanah 75% Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah           | Tebal (m) | z (m) | M        | N   | I     | $e_0$ | Cs          | Cc          | $\gamma_{sat}$ ( $t/m^3$ ) | $\gamma'$ ( $t/m^3$ ) | $\sigma'_{ov}$ ( $t/m^2$ ) | $\sigma_{DMT}$ ( $t/m^2$ ) |
|-----------|-----------------------|-----------|-------|----------|-----|-------|-------|-------------|-------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| 2         | Lanau Kepasiran       | 2         | 1     | INFINITY | 5   | 0.248 | 2.092 | 0.287267476 | 1.188238593 | 1.553                      | 0.553                 | 0.553                      | 2                          |
| 5         | Pasir Halus Kelanauan | 3         | 3.5   |          | 1.4 | 0.23  | 1.293 | 0           | 0           | 1.745                      | 0.745                 | 2.2235                     |                            |
| 9         | Pasir Kasar           | 4         | 7     |          | 0.7 | 0.18  | 0.938 | 0           | 0           | 1.87671875                 | 0.87672               | 5.09444                    |                            |
| 11        | Pasir Kelanauan       | 2         | 10    |          | 0.5 | 0.148 | 0.990 | 0           | 0           | 1.8559375                  | 0.85594               | 7.70381                    |                            |
| 14.5      | Lempung Kelanauan     | 3.5       | 12.75 |          | 0.4 | 0.125 | 1.171 | 0.18795319  | 0.499359858 | 1.788                      | 0.788                 | 9.93875                    |                            |

| $\alpha 1$ (rad) | $\alpha 2$ (rad) | $\Delta\sigma z$ ( $t/m^2$ ) | $\Delta\sigma z$ ( $t/m2$ ) Persegi | $\sum\Delta\sigma z$ ( $t/m^2$ ) | $(\sigma_w'+\Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma_c'/\sigma_w')$ | Cs log ( $\sigma_c'/\sigma_w'$ ) | $(\sigma_w'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | $C_c \log (\sigma_w'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------|----------------------------------|--|---|--------|------------------|
| 0.017            | 1.471            | 2.651                        | 2.649                               | 5.300                            | 5.853                        | Rumus 2      | 4.617                   | 0.191                            | 2.292                                  | 0.428   | 0.000  | 0.000            |
| 0.049            | 1.234            | 2.612                        | 2.456                               | 5.068                            | 7.292                        | Rumus 2      | 1.899                   | 0.000                            | 1.726                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.087            | 0.960            | 2.558                        | 1.922                               | 4.480                            | 9.574                        | Rumus 2      | 1.393                   | 0.000                            | 1.350                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.114            | 0.785            | 2.508                        | 1.581                               | 4.089                            | 11.792                       | Rumus 2      | 1.260                   | 0.000                            | 1.215                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.156            | 0.665            | 2.391                        | 1.335                               | 3.726                            | 13.664                       | Rumus 2      | 1.201                   | 0.015                            | 1.145                                  | 0.029   | 0.071  | 0.071            |

## Full Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah           | Tebal (m) | z (m) | M        | N   | I     | $e_0$ | Cs          | Cc          | $\gamma_{sat}$ ( $t/m^3$ ) | $\gamma'$ ( $t/m^3$ ) | $\sigma'_{ov}$ ( $t/m^2$ ) | $\sigma_{DMT}$ ( $t/m^2$ ) |
|-----------|-----------------------|-----------|-------|----------|-----|-------|-------|-------------|-------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| 2         | Lanau Kepasiran       | 2         | 1     | INFINITY | 5   | 0.248 | 2.092 | 0.287267476 | 1.188238593 | 1.553                      | 0.553                 | 0.553                      | 2                          |
| 5         | Pasir Halus Kelanauan | 3         | 3.5   |          | 1.4 | 0.23  | 1.293 | 0           | 0           | 1.745                      | 0.745                 | 2.2235                     |                            |
| 9         | Pasir Kasar           | 4         | 7     |          | 0.7 | 0.18  | 0.938 | 0           | 0           | 1.87671875                 | 0.87672               | 5.09444                    |                            |
| 11        | Pasir Kelanauan       | 2         | 10    |          | 0.5 | 0.148 | 0.990 | 0           | 0           | 1.8559375                  | 0.85594               | 7.70381                    |                            |
| 14.5      | Lempung Kelanauan     | 3.5       | 12.75 |          | 0.4 | 0.125 | 1.171 | 0.18795319  | 0.499359858 | 1.788                      | 0.788                 | 9.93875                    |                            |

| $\alpha 1$ (rad) | $\alpha 2$ (rad) | $\Delta\sigma z$ ( $t/m^2$ ) | $\Delta\sigma z$ ( $t/m2$ ) Persegi | $\sum\Delta\sigma z$ ( $t/m^2$ ) | $(\sigma_w'+\Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma_c'/\sigma_w')$ | Cs log ( $\sigma_c'/\sigma_w'$ ) | $(\sigma_w'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | $C_c \log (\sigma_w'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------|-------------------------|----------------------------------|--|---|--------|------------------|
| 0.017            | 1.471            | 1.117                        | 1.116                               | 2.233                            | 2.786                        | Rumus 2      | 4.617                   | 0.191                            | 1.091                                  | 0.045   | 0.000  | 0.000            |
| 0.049            | 1.234            | 1.101                        | 1.035                               | 2.136                            | 4.359                        | Rumus 2      | 1.899                   | 0.000                            | 1.032                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.087            | 0.960            | 1.078                        | 0.810                               | 1.888                            | 6.982                        | Rumus 2      | 1.393                   | 0.000                            | 0.984                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.114            | 0.785            | 1.057                        | 0.666                               | 1.723                            | 9.427                        | Rumus 2      | 1.260                   | 0.000                            | 0.971                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.156            | 0.665            | 1.007                        | 0.563                               | 1.570                            | 11.509                       | Rumus 2      | 1.201                   | 0.015                            | 0.964                                  | -0.008  | 0.011  | 0.011            |

## Rekap Hasil Perhitungan Sc dan Hintial dengan penggantian tanah STA 325

## Full Tanah

| Depth (m) | Jenis Tanah                        | Tebal (m) | z (m) | M        | n   | I     | $e_0$ | Cs    | Cc    | $\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\sigma'_{ov}$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\sigma_{DAIT}$ (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------------------|-----------|-------|----------|-----|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 3         | Lanau                              | 3         | 1.5   | INFINITY | 3.3 | 0.248 | 1.28  | 0.140 | 0.556 | 1.750                              | 0.750                         | 1.125                              | 2                                   |
| 8         | Pasir Kasar                        | 5         | 4     |          | 1.3 | 0.22  | 1.03  | 0.000 | 0.000 | 1.840                              | 0.840                         | 2.099                              |                                     |
| 9.5       | Pasir Halus                        | 1.5       | 4.75  |          | 1.1 | 0.218 | 1.06  | 0.000 | 0.000 | 1.826                              | 0.826                         | 0.620                              |                                     |
| 10.5      | Pasir Kasar                        | 1         | 5.25  |          | 1.0 | 0.215 | 0.54  | 0.000 | 0.000 | 2.100                              | 1.100                         | 0.550                              |                                     |
| 11.5      | Pasir Halus                        | 1         | 5.75  |          | 0.9 | 0.205 | 1.08  | 0.000 | 0.000 | 1.821                              | 0.821                         | 0.410                              |                                     |
| 13.5      | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | 2         | 6.75  |          | 0.7 | 0.175 | 1.07  | 0.122 | 0.323 | 1.825                              | 0.825                         | 0.825                              |                                     |
| 17.5      | Lanau Kelempungan                  | 4         | 8.75  |          | 0.6 | 0.163 | 1.17  | 0.123 | 0.320 | 1.790                              | 0.790                         | 1.580                              |                                     |

| $\alpha_1$ (rad) | $\alpha_2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $(\sigma'_{ov} + \Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma'_c / \sigma'_{ov})$ | Cs log $(\sigma'_c / \sigma'_{ov})$ | $(\sigma'_{ov} + \Delta\sigma_z) / \sigma'_c$ | $C_c \log \frac{(\sigma'_{ov} + \Delta\sigma_z) / \sigma'_c}{\sigma'_{ov} / \sigma'_c}$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------------------------|--------------|------------------------------|-------------------------------------|---|---|--------|------------------|
| 0.063            | 1.422            | 4.310                                | 4.278  | 8.588                                      | 9.713                             | Rumus 2      | 2.778                        | 0.062                               | 3.108   | 0.274   | 0.000  | 0.000            |
| 0.156            | 1.190            | 4.266                                | 3.795  | 8.061                                      | 10.160                            | Rumus 2      | 1.953                        | 0.000                               | 2.478   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.178            | 1.127            | 4.238                                | 3.761  | 7.998                                      | 8.618                             | Rumus 2      | 4.228                        | 0.000                               | 3.290   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.192            | 1.087            | 4.215                                | 3.709  | 7.924                                      | 8.474                             | Rumus 2      | 4.636                        | 0.000                               | 3.323   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.204            | 1.049            | 4.189                                | 3.536  | 7.725                                      | 8.136                             | Rumus 2      | 5.872                        | 0.000                               | 3.375   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.226            | 0.977            | 4.128                                | 3.019  | 7.146                                      | 7.971                             | Rumus 2      | 3.425                        | 0.065                               | 2.822   | 0.146   | 0.204  | 0.204            |
| 0.255            | 0.852            | 3.974                                | 2.812  | 6.785                                      | 8.365                             | Rumus 2      | 2.266                        | 0.044                               | 2.337   | 0.118   | 0.000  | 0.000            |

## 75% Tanah 25% Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah                        | Tebal (m) | z (m) | M        | n   | I     | $e_0$ | Cs    | Cc    | $\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\sigma'_{ov}$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\sigma_{DAIT}$ (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------------------|-----------|-------|----------|-----|-------|-------|-------|-------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 3         | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | 3         | 1.5   | INFINITY | 3.3 | 0.248 | 1.28  | 0.140 | 0.556 | 1.750                              | 0.750                         | 1.125                              | 2                                   |
| 8         | Pasir Kasar                        | 5         | 4     |          | 1.3 | 0.22  | 1.03  | 0.000 | 0.000 | 1.840                              | 0.840                         | 2.099                              |                                     |
| 9.5       | Pasir Halus                        | 1.5       | 4.75  |          | 1.1 | 0.218 | 1.06  | 0.000 | 0.000 | 1.826                              | 0.826                         | 0.620                              |                                     |
| 10.5      | Pasir Kasar                        | 1         | 5.25  |          | 1.0 | 0.215 | 0.54  | 0.000 | 0.000 | 2.100                              | 1.100                         | 0.550                              |                                     |
| 11.5      | Pasir Halus                        | 1         | 5.75  |          | 0.9 | 0.205 | 1.08  | 0.000 | 0.000 | 1.821                              | 0.821                         | 0.410                              |                                     |
| 13.5      | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | 2         | 6.75  |          | 0.7 | 0.175 | 1.07  | 0.122 | 0.323 | 1.825                              | 0.825                         | 0.825                              |                                     |
| 17.5      | Lanau Kelempungan                  | 4         | 8.75  |          | 0.6 | 0.163 | 1.17  | 0.123 | 0.320 | 1.790                              | 0.790                         | 1.580                              |                                     |

| $\alpha_1$ (rad) | $\alpha_2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $(\sigma'_{ov} + \Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma'_c / \sigma'_{ov})$ | Cs log $(\sigma'_c / \sigma'_{ov})$ | $(\sigma'_{ov} + \Delta\sigma_z) / \sigma'_c$ | $C_c \log \frac{(\sigma'_{ov} + \Delta\sigma_z) / \sigma'_c}{\sigma'_{ov} / \sigma'_c}$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------------------------|--------------|------------------------------|-------------------------------------|---|---|--------|------------------|
| 0.063            | 1.422            | 2.513                                | 2.494  | 5.007                                      | 6.132                             | Rumus 2      | 2.778                        | 0.062                               | 1.962   | 0.163   | 0.000  | 0.000            |
| 0.156            | 1.190            | 2.487                                | 2.213  | 4.700                                      | 6.799                             | Rumus 2      | 1.953                        | 0.000                               | 1.659   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.178            | 1.127            | 2.471                                | 2.193  | 4.663                                      | 5.283                             | Rumus 2      | 4.228                        | 0.000                               | 2.017   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.192            | 1.087            | 2.458                                | 2.162  | 4.620                                      | 5.170                             | Rumus 2      | 4.636                        | 0.000                               | 2.027   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.204            | 1.049            | 2.442                                | 2.062  | 4.504                                      | 4.915                             | Rumus 2      | 5.872                        | 0.000                               | 2.039   | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.226            | 0.977            | 2.407                                | 1.760  | 4.167                                      | 4.991                             | Rumus 2      | 3.425                        | 0.065                               | 1.767   | 0.080   | 0.140  | 0.140            |
| 0.255            | 0.852            | 2.317                                | 1.639  | 3.956                                      | 5.536                             | Rumus 2      | 2.266                        | 0.044                               | 1.546   | 0.061   | 0.000  | 0.000            |

## 50% Tanah 50% Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah                        | Tebal (m) | z (m) | M        | n    | I     | $e_0$ | Cs    | Cc    | $\gamma_{sat}$ ( $t/m^3$ ) | $\gamma'$ ( $t/m^3$ ) | $\sigma'_{ov}$ ( $t/m^2$ ) | $\sigma_{DAIT}$ ( $t/m^2$ ) |
|-----------|------------------------------------|-----------|-------|----------|------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 3         | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | 3         | 1.5   | INFINITY | 3.33 | 0.248 | 1.28  | 0.140 | 0.556 | 1.750                      | 0.750                 | 1.125                      | 2                           |
| 8         | Pasir Kasar                        | 5         | 4     |          | 1.25 | 0.22  | 1.03  | 0.000 | 0.000 | 1.840                      | 0.840                 | 2.099                      |                             |
| 9.5       | Pasir Halus                        | 1.5       | 4.75  |          | 1.05 | 0.218 | 1.06  | 0.000 | 0.000 | 1.826                      | 0.826                 | 0.620                      |                             |
| 10.5      | Pasir Kasar                        | 1         | 5.25  |          | 0.95 | 0.215 | 0.54  | 0.000 | 0.000 | 2.100                      | 1.100                 | 0.550                      |                             |
| 11.5      | Pasir Halus                        | 1         | 5.75  |          | 0.87 | 0.205 | 1.08  | 0.000 | 0.000 | 1.821                      | 0.821                 | 0.410                      |                             |
| 13.5      | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | 2         | 6.75  |          | 0.74 | 0.175 | 1.07  | 0.122 | 0.323 | 1.825                      | 0.825                 | 0.825                      |                             |
| 17.5      | Lanau Kelempungan                  | 4         | 8.75  |          | 0.57 | 0.163 | 1.17  | 0.123 | 0.320 | 1.790                      | 0.790                 | 1.580                      |                             |

| $\alpha_1$ (rad) | $\alpha_2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) | $\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) | $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma'_z / \sigma'_v)$ | Cs log $(\sigma'_z / \sigma'_v)$ | $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z) / \sigma'_v$ | $C_c \log (\sigma'_{ov} + \Delta\sigma_z) / \sigma'_v$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------------------|----------------------------------|--|--|--------|------------------|
| 0.063            | 1.422            | 3.122                        | 3.099                                | 6.221                              | 7.346                          | Rumus 2      | 2.778                     | 0.062                            | 2.351                                      | 0.206  | 0.000  | 0.000            |
| 0.156            | 1.190            | 3.090                        | 2.749                                | 5.839                              | 7.938                          | Rumus 2      | 1.953                     | 0.000                            | 1.936                                      | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.178            | 1.127            | 3.070                        | 2.724                                | 5.794                              | 6.413                          | Rumus 2      | 4.228                     | 0.000                            | 2.448                                      | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.192            | 1.087            | 3.053                        | 2.686                                | 5.740                              | 6.290                          | Rumus 2      | 4.636                     | 0.000                            | 2.467                                      | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.204            | 1.049            | 3.034                        | 2.561                                | 5.596                              | 6.006                          | Rumus 2      | 5.872                     | 0.000                            | 2.492                                      | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.226            | 0.977            | 2.990                        | 2.187                                | 5.177                              | 6.001                          | Rumus 2      | 3.425                     | 0.065                            | 2.125                                      | 0.106  | 0.166  | 0.166            |
| 0.255            | 0.852            | 2.878                        | 2.037                                | 4.915                              | 6.495                          | Rumus 2      | 2.266                     | 0.044                            | 1.814                                      | 0.083  | 0.000  | 0.000            |

## 25% Tanah 75% Mortar Busa

| Depth (m) | Jenis Tanah                        | Tebal (m) | z (m) | M        | n    | I     | $e_0$ | Cs    | Cc    | $\gamma_{sat}$ ( $t/m^3$ ) | $\gamma'$ ( $t/m^3$ ) | $\sigma'_{ov}$ ( $t/m^2$ ) | $\sigma_{DAIT}$ ( $t/m^2$ ) |
|-----------|------------------------------------|-----------|-------|----------|------|-------|-------|-------|-------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 3         | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | 3         | 1.5   | INFINITY | 3.33 | 0.248 | 1.28  | 0.140 | 0.556 | 1.750                      | 0.750                 | 1.125                      | 2                           |
| 8         | Pasir Kasar                        | 5         | 2.5   |          | 1.25 | 0.22  | 1.03  | 0.000 | 0.000 | 1.840                      | 0.840                 | 2.099                      |                             |
| 9.5       | Pasir Halus                        | 1.5       | 0.75  |          | 1.05 | 0.218 | 1.06  | 0.000 | 0.000 | 1.826                      | 0.826                 | 0.620                      |                             |
| 10.5      | Pasir Kasar                        | 1         | 0.5   |          | 0.95 | 0.215 | 0.54  | 0.000 | 0.000 | 2.100                      | 1.100                 | 0.550                      |                             |
| 11.5      | Pasir Halus                        | 1         | 0.5   |          | 0.87 | 0.205 | 1.08  | 0.000 | 0.000 | 1.821                      | 0.821                 | 0.410                      |                             |
| 13.5      | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | 2         | 1     |          | 0.74 | 0.175 | 1.07  | 0.122 | 0.323 | 1.825                      | 0.825                 | 0.825                      |                             |
| 17.5      | Lanau Kelempungan                  | 4         | 2     |          | 0.57 | 0.163 | 1.17  | 0.123 | 0.320 | 1.790                      | 0.790                 | 1.580                      |                             |

| $\alpha_1$ (rad) | $\alpha_2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) | $\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ ( $t/m^2$ ) | $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma'_z / \sigma'_v)$ | Cs log $(\sigma'_z / \sigma'_v)$ | $(\sigma'_v + \Delta\sigma_z) / \sigma'_v$ | $C_c \log (\sigma'_{ov} + \Delta\sigma_z) / \sigma'_v$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------------------|----------------------------------|--|--|--------|------------------|
| 0.063            | 1.422            | 3.605                        | 3.579                                | 7.184                              | 8.309                          | Rumus 2      | 2.778                     | 0.062                            | 2.659                                      | 0.236  | 0.000  | 0.000            |
| 0.156            | 1.326            | 3.880                        | 3.175                                | 7.054                              | 9.154                          | Rumus 2      | 1.953                     | 0.000                            | 2.233                                      | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.178            | 1.496            | 4.392                        | 3.146                                | 7.537                              | 8.157                          | Rumus 2      | 4.228                     | 0.000                            | 3.114                                      | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.192            | 1.521            | 4.522                        | 3.102                                | 7.624                              | 8.174                          | Rumus 2      | 4.636                     | 0.000                            | 3.206                                      | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.204            | 1.521            | 4.588                        | 2.958                                | 7.546                              | 7.957                          | Rumus 2      | 5.872                     | 0.000                            | 3.301                                      | 0.000  | 0.000  | 0.000            |
| 0.226            | 1.471            | 4.588                        | 2.525                                | 7.113                              | 7.938                          | Rumus 2      | 3.425                     | 0.065                            | 2.810                                      | 0.145  | 0.203  | 0.203            |
| 0.255            | 1.373            | 4.522                        | 2.352                                | 6.874                              | 8.454                          | Rumus 2      | 2.266                     | 0.044                            | 2.361                                      | 0.119  | 0.000  | 0.000            |

## Full Mortar

| Depth (m) | Jenis Tanah                        | Tebal (m) | z (m) | M        | n    | I     | $e_0$ | Cs   | Cc   | $\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> ) | $\sigma'_{ov}$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\sigma_{DMAT}$ (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|------------------------------------|-----------|-------|----------|------|-------|-------|------|------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 3         | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | 3         | 1.5   | INFINITY | 3.33 | 0.248 | 1.28  | 0.14 | 0.56 | 1.75                               | 0.750                         | 1.125                              | 2                                   |
| 8         | Pasir Kasar                        | 5         | 2.5   |          | 1.25 | 0.22  | 1.03  | 0.00 | 0.00 | 1.84                               | 0.840                         | 2.099                              |                                     |
| 9.5       | Pasir Halus                        | 1.5       | 0.75  |          | 1.05 | 0.218 | 1.06  | 0.00 | 0.00 | 1.83                               | 0.826                         | 0.620                              |                                     |
| 10.5      | Pasir Kasar                        | 1         | 0.5   |          | 0.95 | 0.215 | 0.54  | 0.00 | 0.00 | 2.10                               | 1.100                         | 0.550                              |                                     |
| 11.5      | Pasir Halus                        | 1         | 0.5   |          | 0.87 | 0.205 | 1.08  | 0.00 | 0.00 | 1.82                               | 0.821                         | 0.410                              |                                     |
| 13.5      | Lanau Kelempungan Sedikit Berpasir | 2         | 1     |          | 0.74 | 0.175 | 1.07  | 0.12 | 0.32 | 1.82                               | 0.825                         | 0.825                              |                                     |
| 17.5      | Lanau Kelempungan                  | 4         | 2     |          | 0.57 | 0.163 | 1.17  | 0.12 | 0.32 | 1.79                               | 0.790                         | 1.580                              |                                     |

| $\alpha_1$ (rad) | $\alpha_2$ (rad) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) Persegi | $\Sigma\Delta\sigma_z$ (t/m <sup>2</sup> ) | $(\sigma_w'+\Delta\sigma_z)$ | Cek Rumus Sc | $(\sigma_c'/\sigma_w')$ | Cs log $(\sigma_c'/\sigma_w')$ | $(\sigma_w'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | Cc log $(\sigma_w'+\Delta\sigma_z)/\sigma_c'$ | Sc (m) | Sc Kumulatif (m) |
|------------------|------------------|--------------------------------------|--|--|------------------------------|--------------|-------------------------|--------------------------------|--|---|--------|------------------|
| 0.063            | 1.422            | 1.312                                | 1.302  | 2.614                                      | 3.739                        | Rumus 2      | 2.778                   | 0.062                          | 1.196                                  | 0.043   | 0.000  | 0.000            |
| 0.103            | 1.326            | 1.309                                | 1.155  | 2.464                                      | 4.563                        | Rumus 2      | 1.953                   | 0.000                          | 1.113                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.032            | 1.496            | 1.312                                | 1.145  | 2.457                                      | 3.076                        | Rumus 2      | 4.228                   | 0.000                          | 1.174                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.021            | 1.521            | 1.312                                | 1.129  | 2.441                                      | 2.991                        | Rumus 2      | 4.636                   | 0.000                          | 1.173                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.021            | 1.521            | 1.312                                | 1.076  | 2.389                                      | 2.799                        | Rumus 2      | 5.872                   | 0.000                          | 1.161                                  | 0.000   | 0.000  | 0.000            |
| 0.043            | 1.471            | 1.312                                | 0.919  | 2.231                                      | 3.056                        | Rumus 2      | 3.425                   | 0.065                          | 1.082                                  | 0.011   | 0.074  | 0.074            |
| 0.084            | 1.373            | 1.311                                | 0.856  | 2.166                                      | 3.746                        | Rumus 2      | 2.266                   | 0.044                          | 1.046                                  | 0.006   | 0.000  | 0.000            |

### Rekap Sc dan H initial

| BH                   | STA 275 | STA 300 | STA 325 |
|----------------------|---------|---------|---------|
| TINGGI (m)           | 1.75    | 2.5     | 3.75    |
| <b>H Initial (m)</b> |         |         |         |
| Full Tanah           | 2.27    | 3.07    | 4.40    |
| 3/4 Mortar           | 1.89    | 2.67    | 3.99    |
| 1/2 Mortar           | 1.91    | 2.71    | 4.03    |
| 1/4 Mortar           | 1.96    | 2.77    | 4.11    |
| Full Mortar          | 1.79    | 2.55    | 3.82    |
| <b>SC (m)</b>        |         |         |         |
| Full Tanah           | 0.088   | 0.087   | 0.204   |
| 3/4 Mortar           | 0.052   | 0.044   | 0.140   |
| 1/2 Mortar           | 0.060   | 0.059   | 0.166   |
| 1/4 Mortar           | 0.070   | 0.071   | 0.203   |
| Full Mortar          | 0.046   | 0.011   | 0.074   |

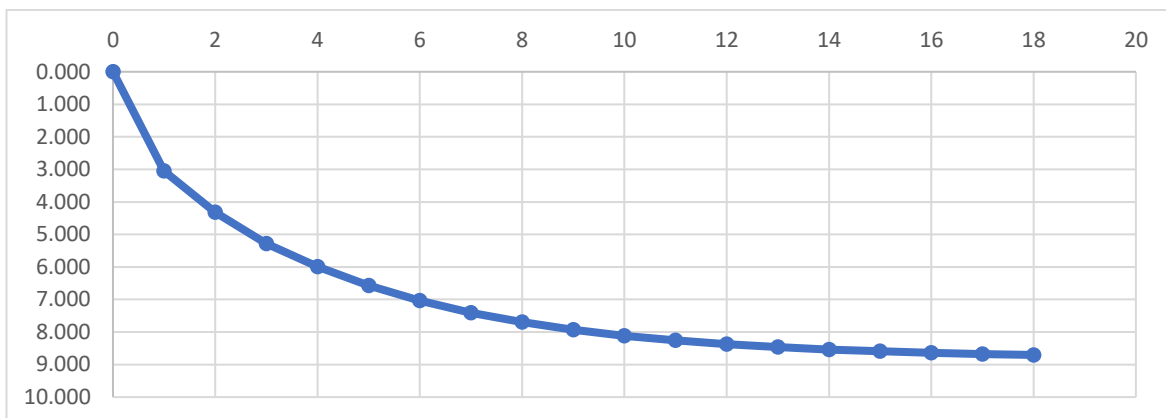
## Lampiran 3

### Rate of Settlement STA 275

| STA 275 |                        |       |                   |                     |                   |       |                |      |          |          |       |
|---------|------------------------|-------|-------------------|---------------------|-------------------|-------|----------------|------|----------|----------|-------|
| Depth   | Jenis Tanah            | Tebal | Cv                | H/Cv <sup>0.5</sup> | Cv gabungan       | Tv    | Jenis Drainage | Hdr  | t        |          |       |
| m       |                        | m     | m <sup>2</sup> /s |                     | m <sup>2</sup> /s |       |                | m    | Detik    | Hari     | Tahun |
| 1       | Lanau Berpasir         | 1     | 0.00000027        | 6069.769786669      | 0.000000067       | 0.848 | Double         | 4.75 | 2.84E+08 | 3288.932 | 9.01  |
| 2       | Pasir Kelanauan        | 1     | 0.000000800       | 1118.033988750      |                   |       | Double         |      |          |          |       |
| 3.5     | Pasir Kasar            | 1.5   | 0.000000077       | 5397.841295137      |                   |       | Double         |      |          |          |       |
| 4       | Lempung Berpasir       | 0.5   | 0.000000081       | 1751.498232599      |                   |       | Double         |      |          |          |       |
| 7.5     | Pasir Kasar            | 3.5   | 0.000000082       | 12200.850769257     |                   |       | Double         |      |          |          |       |
| 9.5     | Pasir Halus            | 2     | 0.000000087       | 6791.621759648      |                   |       | Double         |      |          |          |       |
| 10.5    | Lanau Berpasir         | 1     | 0.000000069       | 3818.813079130      |                   |       | Double         |      |          |          |       |
| 12      | Lanau Sedikit Berpasir | 1.5   | 0.000000069       | 5728.219618695      |                   |       | Double         |      |          |          |       |
| 16.5    | Lanau Kelempungan      | 4.5   | 0.000000075       | 16397.550672274     |                   |       | Double         |      |          |          |       |
| 17.5    | Lanau Sedikit Berpasir | 1     | 0.000000124       | 2845.551966122      |                   |       | Double         |      |          |          |       |

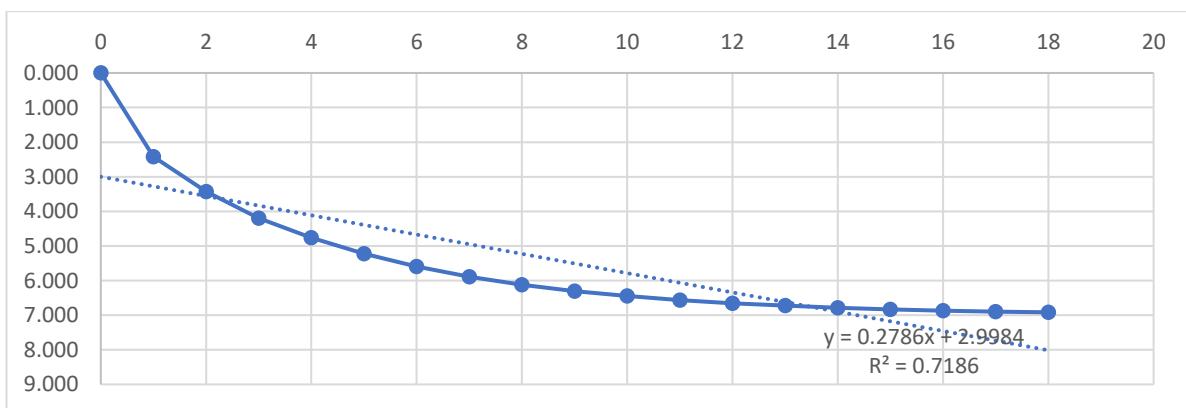
### Full Tanah

| t<br>Tahun | Cv                |                       | Hdr<br>m | Tv       | U       |         | U Pakai | Sc<br>m | Sc per Tahun |       | Selisih Sc per Tahun |
|------------|-------------------|-----------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|--------------|-------|----------------------|
|            | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |          |          | Runus 1 | Runus 2 |         |         | m            | cm    |                      |
| 0          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 0.00E+00 | 0%      | 19%     | 0%      | 0.088   | 0.000        | 0.000 | 0.000                |
| 1          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 9.41E-02 | 35%     | 36%     | 35%     | 0.088   | 0.031        | 3.051 | 3.051                |
| 2          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.88E-01 | 49%     | 49%     | 49%     | 0.088   | 0.043        | 4.314 | 1.264                |
| 3          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 2.82E-01 | 60%     | 60%     | 60%     | 0.088   | 0.053        | 5.284 | 0.970                |
| 4          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 3.76E-01 | 69%     | 68%     | 68%     | 0.088   | 0.060        | 5.991 | 0.707                |
| 5          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 4.71E-01 | 77%     | 75%     | 75%     | 0.088   | 0.066        | 6.576 | 0.585                |
| 6          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 5.65E-01 | 85%     | 80%     | 80%     | 0.088   | 0.070        | 7.040 | 0.464                |
| 7          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 6.59E-01 | 92%     | 84%     | 84%     | 0.088   | 0.074        | 7.407 | 0.368                |
| 8          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 7.53E-01 | 98%     | 87%     | 87%     | 0.088   | 0.077        | 7.699 | 0.291                |
| 9          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 8.47E-01 | 104%    | 90%     | 90%     | 0.088   | 0.079        | 7.930 | 0.231                |
| 10         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 9.41E-01 | 109%    | 92%     | 92%     | 0.088   | 0.081        | 8.113 | 0.183                |
| 11         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.04E+00 | 115%    | 94%     | 94%     | 0.088   | 0.083        | 8.258 | 0.145                |
| 12         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.13E+00 | 120%    | 95%     | 95%     | 0.088   | 0.084        | 8.373 | 0.115                |
| 13         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.22E+00 | 125%    | 96%     | 96%     | 0.088   | 0.085        | 8.464 | 0.091                |
| 14         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.32E+00 | 130%    | 97%     | 97%     | 0.088   | 0.085        | 8.536 | 0.072                |
| 15         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.41E+00 | 134%    | 98%     | 98%     | 0.088   | 0.086        | 8.594 | 0.057                |
| 16         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.51E+00 | 138%    | 98%     | 98%     | 0.088   | 0.086        | 8.639 | 0.045                |
| 17         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.60E+00 | 143%    | 98%     | 98%     | 0.088   | 0.087        | 8.675 | 0.036                |
| 18         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.69E+00 | 147%    | 99%     | 99%     | 0.088   | 0.087        | 8.704 | 0.029                |
| 19         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.79E+00 | 151%    | 99%     | 99%     | 0.088   | 0.087        | 8.726 | 0.023                |
| 20         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.88E+00 | 155%    | 99%     | 99%     | 0.088   | 0.087        | 8.744 | 0.018                |
| 21         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.98E+00 | 159%    | 99%     | 99%     | 0.088   | 0.088        | 8.759 | 0.014                |
| 22         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 2.07E+00 | 162%    | 100%    | 100%    | 0.088   | 0.088        | 8.770 | 0.011                |



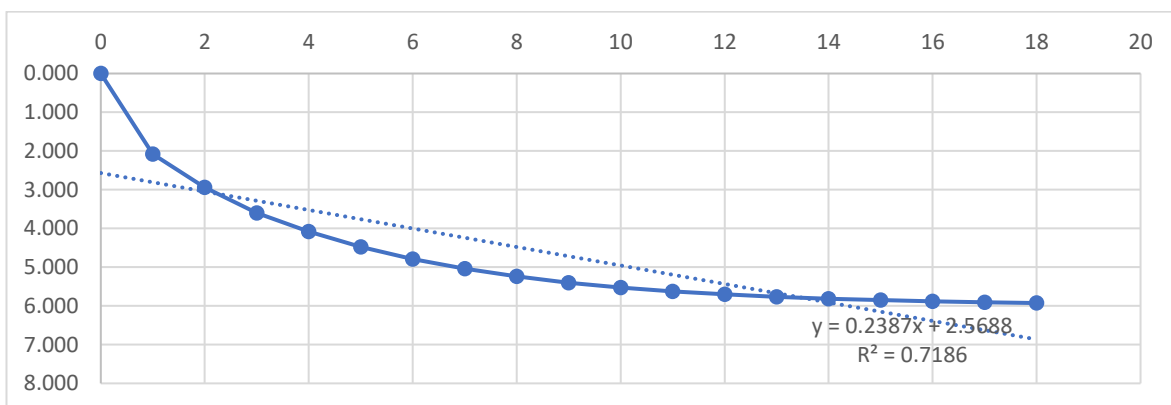
### 75% Tanah 25% Mortar Busa

| t<br>Tahun | Cv                |                       | Hdr<br>m | Tv       | U       |         | U Pakai | Sc<br>m | Sc per Tahun |       | Selisih Sc per Tahun |
|------------|-------------------|-----------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|--------------|-------|----------------------|
|            | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |          |          | Rumus 1 | Rumus 2 |         |         | m            | cm    |                      |
| 0          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 0.00E+00 | 0%      | 19%     | 0%      | 0.070   | 0.000        | 0.000 | 0.000                |
| 1          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 9.41E-02 | 35%     | 36%     | 35%     | 0.070   | 0.024        | 2.424 | 2.424                |
| 2          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.88E-01 | 49%     | 49%     | 49%     | 0.070   | 0.034        | 3.428 | 1.004                |
| 3          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 2.82E-01 | 60%     | 60%     | 60%     | 0.070   | 0.042        | 4.199 | 0.771                |
| 4          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 3.76E-01 | 69%     | 68%     | 68%     | 0.070   | 0.048        | 4.761 | 0.562                |
| 5          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 4.71E-01 | 77%     | 75%     | 75%     | 0.070   | 0.052        | 5.226 | 0.465                |
| 6          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 5.65E-01 | 85%     | 80%     | 80%     | 0.070   | 0.056        | 5.594 | 0.368                |
| 7          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 6.59E-01 | 92%     | 84%     | 84%     | 0.070   | 0.059        | 5.886 | 0.292                |
| 8          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 7.53E-01 | 98%     | 87%     | 87%     | 0.070   | 0.061        | 6.118 | 0.232                |
| 9          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 8.47E-01 | 104%    | 90%     | 90%     | 0.070   | 0.063        | 6.301 | 0.184                |
| 10         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 9.41E-01 | 109%    | 92%     | 92%     | 0.070   | 0.064        | 6.447 | 0.146                |
| 11         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.04E+00 | 115%    | 94%     | 94%     | 0.070   | 0.066        | 6.562 | 0.115                |
| 12         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.13E+00 | 120%    | 95%     | 95%     | 0.070   | 0.067        | 6.654 | 0.091                |
| 13         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.22E+00 | 125%    | 96%     | 96%     | 0.070   | 0.067        | 6.726 | 0.072                |
| 14         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.32E+00 | 130%    | 97%     | 97%     | 0.070   | 0.068        | 6.784 | 0.057                |
| 15         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.41E+00 | 134%    | 98%     | 98%     | 0.070   | 0.068        | 6.829 | 0.046                |
| 16         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.51E+00 | 138%    | 98%     | 98%     | 0.070   | 0.069        | 6.865 | 0.036                |
| 17         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.60E+00 | 143%    | 98%     | 98%     | 0.070   | 0.069        | 6.894 | 0.029                |
| 18         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.69E+00 | 147%    | 99%     | 99%     | 0.070   | 0.069        | 6.917 | 0.023                |
| 19         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.79E+00 | 151%    | 99%     | 99%     | 0.070   | 0.069        | 6.935 | 0.018                |
| 20         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.88E+00 | 155%    | 99%     | 99%     | 0.070   | 0.069        | 6.949 | 0.014                |
| 21         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.98E+00 | 159%    | 99%     | 99%     | 0.070   | 0.070        | 6.960 | 0.011                |
| 22         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 2.07E+00 | 162%    | 100%    | 100%    | 0.070   | 0.070        | 6.969 | 0.009                |



### 50% Tanah 50% Mortar Busa

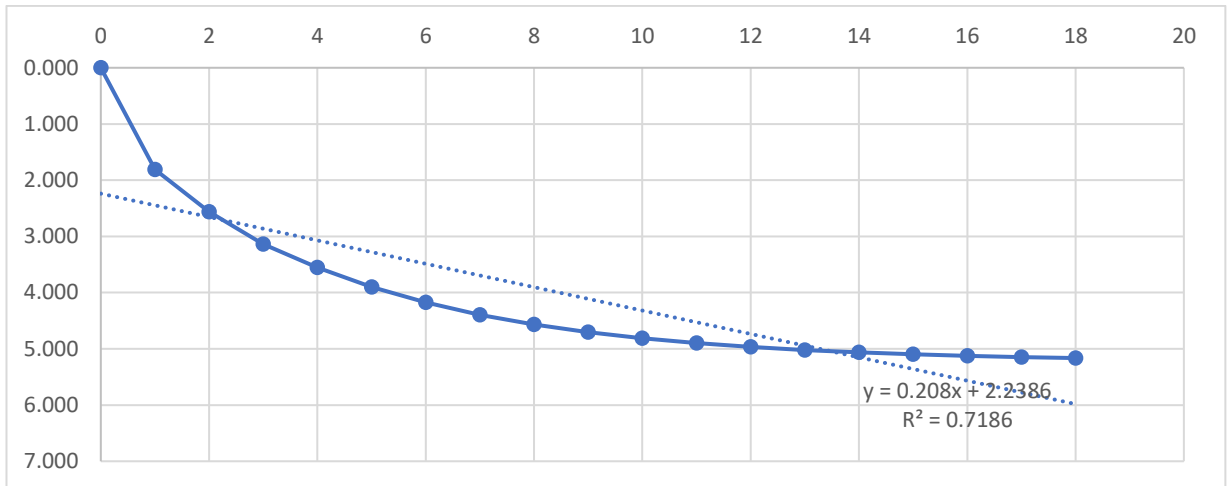
| t  | Cv       |                   | Hdr  | Tv       | U                     |      | U Pakai | Sc      |         |       | Selisih Sc per Tahun |
|----|----------|-------------------|------|----------|-----------------------|------|---------|---------|---------|-------|----------------------|
|    | Tahun    | m <sup>2</sup> /s |      |          | m <sup>2</sup> /tahun | m    |         | Rumus 1 | Rumus 2 | m     |                      |
| 0  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 0.00E+00 | 0%                    | 19%  | 0%      | 0.06000 | 0.000   | 0.000 | 0.000                |
| 1  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 9.41E-02 | 35%                   | 36%  | 35%     | 0.060   | 0.021   | 2.077 | 2.077                |
| 2  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.88E-01 | 49%                   | 49%  | 49%     | 0.060   | 0.029   | 2.937 | 0.860                |
| 3  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 2.82E-01 | 60%                   | 60%  | 60%     | 0.060   | 0.036   | 3.597 | 0.660                |
| 4  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 3.76E-01 | 69%                   | 68%  | 68%     | 0.060   | 0.041   | 4.079 | 0.481                |
| 5  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 4.71E-01 | 77%                   | 75%  | 75%     | 0.060   | 0.045   | 4.477 | 0.398                |
| 6  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 5.65E-01 | 85%                   | 80%  | 80%     | 0.060   | 0.048   | 4.793 | 0.316                |
| 7  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 6.59E-01 | 92%                   | 84%  | 84%     | 0.060   | 0.050   | 5.043 | 0.250                |
| 8  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 7.53E-01 | 98%                   | 87%  | 87%     | 0.060   | 0.052   | 5.241 | 0.198                |
| 9  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 8.47E-01 | 104%                  | 90%  | 90%     | 0.060   | 0.054   | 5.398 | 0.157                |
| 10 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 9.41E-01 | 109%                  | 92%  | 92%     | 0.060   | 0.055   | 5.523 | 0.125                |
| 11 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.04E+00 | 115%                  | 94%  | 94%     | 0.060   | 0.056   | 5.622 | 0.099                |
| 12 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.13E+00 | 120%                  | 95%  | 95%     | 0.060   | 0.057   | 5.700 | 0.078                |
| 13 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.22E+00 | 125%                  | 96%  | 96%     | 0.060   | 0.058   | 5.762 | 0.062                |
| 14 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.32E+00 | 130%                  | 97%  | 97%     | 0.060   | 0.058   | 5.812 | 0.049                |
| 15 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.41E+00 | 134%                  | 98%  | 98%     | 0.060   | 0.059   | 5.851 | 0.039                |
| 16 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.51E+00 | 138%                  | 98%  | 98%     | 0.060   | 0.059   | 5.882 | 0.031                |
| 17 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.60E+00 | 143%                  | 98%  | 98%     | 0.060   | 0.059   | 5.906 | 0.025                |
| 18 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.69E+00 | 147%                  | 99%  | 99%     | 0.060   | 0.059   | 5.926 | 0.019                |
| 19 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.79E+00 | 151%                  | 99%  | 99%     | 0.060   | 0.059   | 5.941 | 0.015                |
| 20 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.88E+00 | 155%                  | 99%  | 99%     | 0.060   | 0.060   | 5.953 | 0.012                |
| 21 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.98E+00 | 159%                  | 99%  | 99%     | 0.060   | 0.060   | 5.963 | 0.010                |
| 22 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 2.07E+00 | 162%                  | 100% | 100%    | 0.060   | 0.060   | 5.971 | 0.008                |



### 25% Tanah 75% Mortar Busa

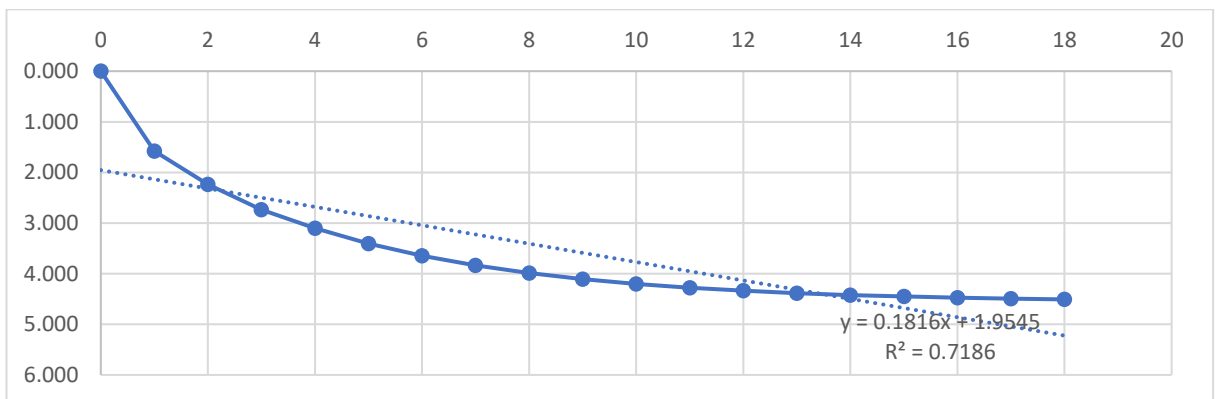
| t  | Cv       |                   | Hdr  | Tv       | U                     |      | U Pakai | Sc      |         |       | Selisih Sc per Tahun |
|----|----------|-------------------|------|----------|-----------------------|------|---------|---------|---------|-------|----------------------|
|    | Tahun    | m <sup>2</sup> /s |      |          | m <sup>2</sup> /tahun | m    |         | Rumus 1 | Rumus 2 | m     |                      |
| 0  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 0.00E+00 | 0%                    | 19%  | 0%      | 0.052   | 0.000   | 0.000 | 0.000                |
| 1  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 9.41E-02 | 35%                   | 36%  | 35%     | 0.052   | 0.018   | 1.810 | 1.810                |
| 2  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.88E-01 | 49%                   | 49%  | 49%     | 0.052   | 0.026   | 2.560 | 0.750                |
| 3  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 2.82E-01 | 60%                   | 60%  | 60%     | 0.052   | 0.031   | 3.135 | 0.575                |
| 4  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 3.76E-01 | 69%                   | 68%  | 68%     | 0.052   | 0.036   | 3.555 | 0.420                |
| 5  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 4.71E-01 | 77%                   | 75%  | 75%     | 0.052   | 0.039   | 3.902 | 0.347                |
| 6  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 5.65E-01 | 85%                   | 80%  | 80%     | 0.052   | 0.042   | 4.177 | 0.275                |
| 7  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 6.59E-01 | 92%                   | 84%  | 84%     | 0.052   | 0.044   | 4.395 | 0.218                |
| 8  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 7.53E-01 | 98%                   | 87%  | 87%     | 0.052   | 0.046   | 4.568 | 0.173                |
| 9  | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 8.47E-01 | 104%                  | 90%  | 90%     | 0.052   | 0.047   | 4.705 | 0.137                |
| 10 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 9.41E-01 | 109%                  | 92%  | 92%     | 0.052   | 0.048   | 4.813 | 0.109                |
| 11 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.04E+00 | 115%                  | 94%  | 94%     | 0.052   | 0.049   | 4.899 | 0.086                |
| 12 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.13E+00 | 120%                  | 95%  | 95%     | 0.052   | 0.050   | 4.968 | 0.068                |
| 13 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.22E+00 | 125%                  | 96%  | 96%     | 0.052   | 0.050   | 5.022 | 0.054                |
| 14 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.32E+00 | 130%                  | 97%  | 97%     | 0.052   | 0.051   | 5.065 | 0.043                |
| 15 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.41E+00 | 134%                  | 98%  | 98%     | 0.052   | 0.051   | 5.099 | 0.034                |
| 16 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.51E+00 | 138%                  | 98%  | 98%     | 0.052   | 0.051   | 5.126 | 0.027                |
| 17 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.60E+00 | 143%                  | 98%  | 98%     | 0.052   | 0.051   | 5.147 | 0.021                |
| 18 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.69E+00 | 147%                  | 99%  | 99%     | 0.052   | 0.052   | 5.164 | 0.017                |
| 19 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.79E+00 | 151%                  | 99%  | 99%     | 0.052   | 0.052   | 5.177 | 0.013                |
| 20 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.88E+00 | 155%                  | 99%  | 99%     | 0.052   | 0.052   | 5.188 | 0.011                |
| 21 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 1.98E+00 | 159%                  | 99%  | 99%     | 0.052   | 0.052   | 5.197 | 0.008                |
| 22 | 6.73E-08 | 2.12E+00          | 4.75 | 2.07E+00 | 162%                  | 100% | 100%    | 0.052   | 0.052   | 5.203 | 0.007                |





### Full Mortar Busa

| t<br>Tahun | Cv                |                       | Hdr<br>m | Tv       | U       |         | U Pakai | Sc    |       |       | Seisih Sc per Tahun |
|------------|-------------------|-----------------------|----------|----------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|---------------------|
|            | m <sup>3</sup> /s | m <sup>3</sup> /tahun |          |          | Rumus 1 | Rumus 2 |         | m     | m     | cm    |                     |
| 0          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 0.00E+00 | 0%      | 19%     | 0%      | 0.046 | 0.000 | 0.000 | 0.000               |
| 1          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 9.41E-02 | 35%     | 36%     | 35%     | 0.046 | 0.016 | 1.580 | 1.580               |
| 2          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.88E-01 | 49%     | 49%     | 49%     | 0.046 | 0.022 | 2.235 | 0.655               |
| 3          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 2.82E-01 | 60%     | 60%     | 60%     | 0.046 | 0.027 | 2.737 | 0.502               |
| 4          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 3.76E-01 | 69%     | 68%     | 68%     | 0.046 | 0.031 | 3.103 | 0.366               |
| 5          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 4.71E-01 | 77%     | 75%     | 75%     | 0.046 | 0.034 | 3.406 | 0.303               |
| 6          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 5.65E-01 | 85%     | 80%     | 80%     | 0.046 | 0.036 | 3.646 | 0.240               |
| 7          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 6.59E-01 | 92%     | 84%     | 84%     | 0.046 | 0.038 | 3.837 | 0.190               |
| 8          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 7.53E-01 | 98%     | 87%     | 87%     | 0.046 | 0.040 | 3.988 | 0.151               |
| 9          | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 8.47E-01 | 104%    | 90%     | 90%     | 0.046 | 0.041 | 4.107 | 0.120               |
| 10         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 9.41E-01 | 109%    | 92%     | 92%     | 0.046 | 0.042 | 4.202 | 0.095               |
| 11         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.04E+00 | 115%    | 94%     | 94%     | 0.046 | 0.043 | 4.278 | 0.075               |
| 12         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.13E+00 | 120%    | 95%     | 95%     | 0.046 | 0.043 | 4.337 | 0.060               |
| 13         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.22E+00 | 125%    | 96%     | 96%     | 0.046 | 0.044 | 4.384 | 0.047               |
| 14         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.32E+00 | 130%    | 97%     | 97%     | 0.046 | 0.044 | 4.422 | 0.037               |
| 15         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.41E+00 | 134%    | 98%     | 98%     | 0.046 | 0.045 | 4.452 | 0.030               |
| 16         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.51E+00 | 138%    | 98%     | 98%     | 0.046 | 0.045 | 4.475 | 0.024               |
| 17         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.60E+00 | 143%    | 98%     | 98%     | 0.046 | 0.045 | 4.494 | 0.019               |
| 18         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.69E+00 | 147%    | 99%     | 99%     | 0.046 | 0.045 | 4.509 | 0.015               |
| 19         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.79E+00 | 151%    | 99%     | 99%     | 0.046 | 0.045 | 4.520 | 0.012               |
| 20         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.88E+00 | 155%    | 99%     | 99%     | 0.046 | 0.045 | 4.530 | 0.009               |
| 21         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 1.98E+00 | 159%    | 99%     | 99%     | 0.046 | 0.045 | 4.537 | 0.007               |
| 22         | 6.73E-08          | 2.12E+00              | 4.75     | 2.07E+00 | 162%    | 100%    | 100%    | 0.046 | 0.045 | 4.543 | 0.006               |

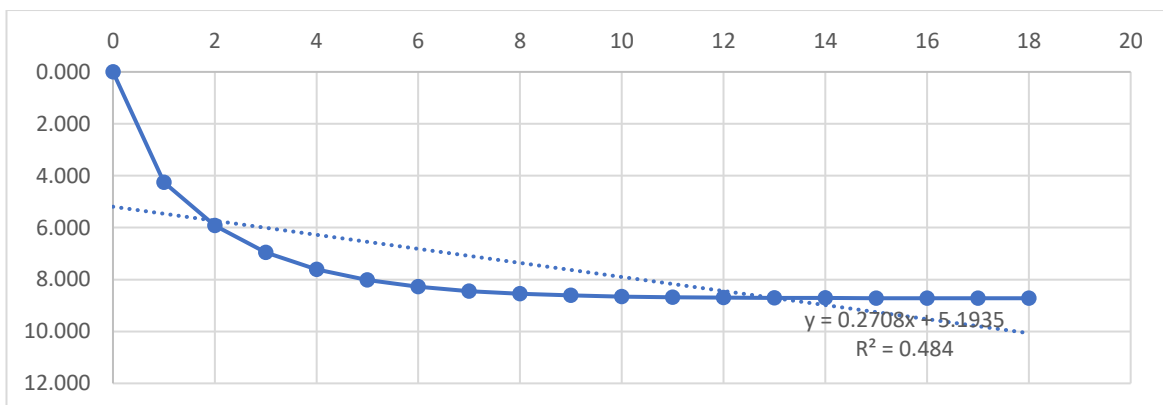


### Rate of Settlement Dengan Penggantian Tanah STA 300

| Depth | Jenis Tanah           | Tebal | Cv       | H/Cv <sup>0.5</sup> | Cv gabungan | Tv    | Jenis Drainage | Hdr  | t        |          |      |
|-------|-----------------------|-------|----------|---------------------|-------------|-------|----------------|------|----------|----------|------|
|       |                       |       |          |                     |             |       |                |      | m        | Detik    | Hari |
| 2     | Lanau Kepasiran       | 2     | 2.76E-08 | 12044.821302421     | 0.000000045 | 0.848 | Double         | 2.75 | 1.43E+08 | 1651.009 | 4.52 |
| 5     | Pasir Halus Kelanauan | 3     | 6.79E-08 | 11516.578439249     |             |       |                |      |          |          |      |
| 9     | Pasir Kasar           | 4     | 8.95E-08 | 13374.028144914     |             |       |                |      |          |          |      |
| 11    | Pasir Kelanauan       | 2     | 8.60E-08 | 6820.356461747      |             |       |                |      |          |          |      |
| 14.5  | Lempung Kelanauan     | 3.5   | 7.47E-08 | 12808.688457450     |             |       |                |      |          |          |      |

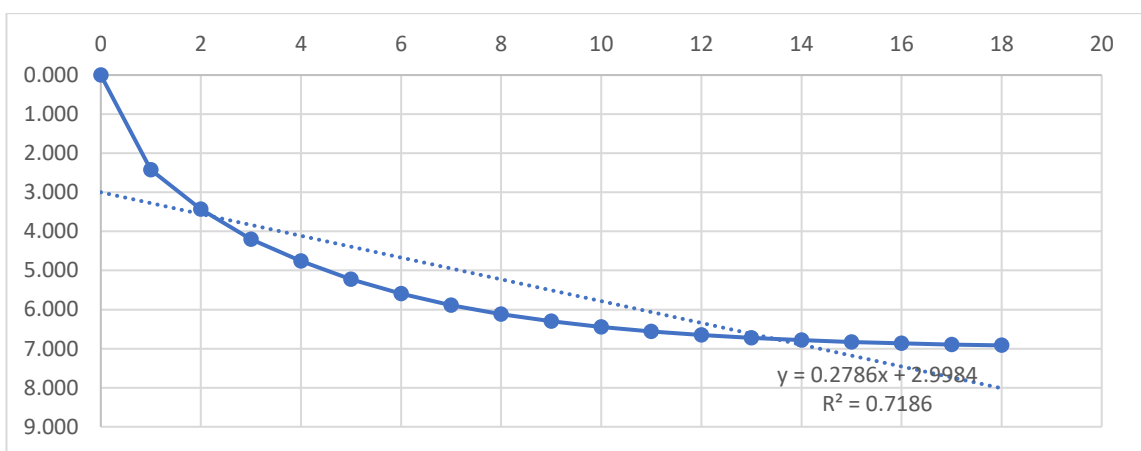
## Full Tanah

| t  | Cv                |                       | Hdr  | Tv       | U       |         | U Pakai | Sc    | Sc per Tahun |       | Selisih Sc per Tahun |
|----|-------------------|-----------------------|------|----------|---------|---------|---------|-------|--------------|-------|----------------------|
|    | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |      |          | Rumus 1 | Rumus 2 |         |       | m            | cm    |                      |
| 0  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 0.00E+00 | 0%      | 19%     | 0%      | 0.087 | 0.000        | 0.000 | 0.000                |
| 1  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.87E-01 | 49%     | 49%     | 49%     | 0.087 | 0.043        | 4.261 | 4.261                |
| 2  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.75E-01 | 69%     | 68%     | 68%     | 0.087 | 0.059        | 5.919 | 1.658                |
| 3  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 5.62E-01 | 85%     | 80%     | 80%     | 0.087 | 0.070        | 6.957 | 1.038                |
| 4  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 7.50E-01 | 98%     | 87%     | 87%     | 0.087 | 0.076        | 7.611 | 0.654                |
| 5  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 9.37E-01 | 109%    | 92%     | 92%     | 0.087 | 0.080        | 8.023 | 0.412                |
| 6  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.12E+00 | 120%    | 95%     | 95%     | 0.087 | 0.083        | 8.282 | 0.259                |
| 7  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.31E+00 | 129%    | 97%     | 97%     | 0.087 | 0.084        | 8.445 | 0.163                |
| 8  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.50E+00 | 138%    | 98%     | 98%     | 0.087 | 0.085        | 8.548 | 0.103                |
| 9  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.69E+00 | 147%    | 99%     | 99%     | 0.087 | 0.086        | 8.612 | 0.065                |
| 10 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.87E+00 | 154%    | 99%     | 99%     | 0.087 | 0.087        | 8.653 | 0.041                |
| 11 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.06E+00 | 162%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.679 | 0.026                |
| 12 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.25E+00 | 169%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.695 | 0.016                |
| 13 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.44E+00 | 176%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.705 | 0.010                |
| 14 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.62E+00 | 183%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.712 | 0.006                |
| 15 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.81E+00 | 189%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.716 | 0.004                |
| 16 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.00E+00 | 195%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.718 | 0.003                |
| 17 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.19E+00 | 201%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.720 | 0.002                |
| 18 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.37E+00 | 207%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.721 | 0.001                |
| 19 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.56E+00 | 213%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.721 | 0.001                |
| 20 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.75E+00 | 218%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.722 | 0.000                |
| 21 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.94E+00 | 224%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.722 | 0.000                |
| 22 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 4.12E+00 | 229%    | 100%    | 100%    | 0.087 | 0.087        | 8.722 | 0.000                |



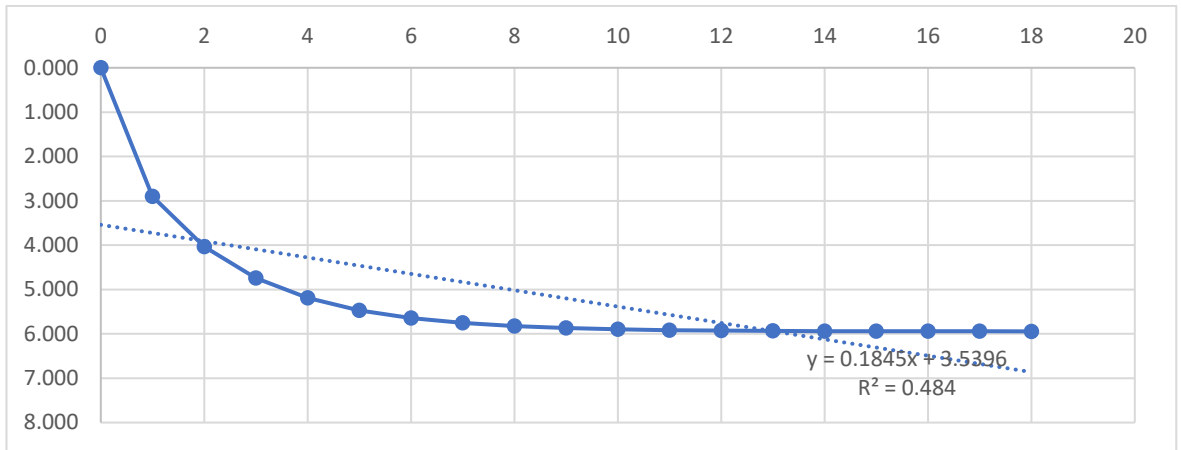
## 75% Tanah 25% Mortar Busa

| t  | Cv                |                       | Hdr  | Tv       | U    |         | U Pakai | Sc      |       |       | Selsih Sc per Tahun |
|----|-------------------|-----------------------|------|----------|------|---------|---------|---------|-------|-------|---------------------|
|    | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |      |          | m    | Rumus 1 |         | Rumus 2 | m     | m     |                     |
| 0  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 0.00E+00 | 0%   | 19%     | 0%      | 0.071   | 0.000 | 0.000 | 0.000               |
| 1  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.87E-01 | 49%  | 49%     | 49%     | 0.071   | 0.035 | 3.486 | 3.486               |
| 2  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.75E-01 | 69%  | 68%     | 68%     | 0.071   | 0.048 | 4.841 | 1.356               |
| 3  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 5.62E-01 | 85%  | 80%     | 80%     | 0.071   | 0.057 | 5.691 | 0.849               |
| 4  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 7.50E-01 | 98%  | 87%     | 87%     | 0.071   | 0.062 | 6.225 | 0.535               |
| 5  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 9.37E-01 | 109% | 92%     | 92%     | 0.071   | 0.066 | 6.562 | 0.337               |
| 6  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.12E+00 | 120% | 95%     | 95%     | 0.071   | 0.068 | 6.774 | 0.212               |
| 7  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.31E+00 | 129% | 97%     | 97%     | 0.071   | 0.069 | 6.907 | 0.133               |
| 8  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.50E+00 | 138% | 98%     | 98%     | 0.071   | 0.070 | 6.991 | 0.084               |
| 9  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.69E+00 | 147% | 99%     | 99%     | 0.071   | 0.070 | 7.044 | 0.053               |
| 10 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.87E+00 | 154% | 99%     | 99%     | 0.071   | 0.071 | 7.078 | 0.033               |
| 11 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.06E+00 | 162% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.099 | 0.021               |
| 12 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.25E+00 | 169% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.112 | 0.013               |
| 13 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.44E+00 | 176% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.120 | 0.008               |
| 14 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.62E+00 | 183% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.125 | 0.005               |
| 15 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.81E+00 | 189% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.129 | 0.003               |
| 16 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.00E+00 | 195% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.131 | 0.002               |
| 17 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.19E+00 | 201% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.132 | 0.001               |
| 18 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.37E+00 | 207% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.133 | 0.001               |
| 19 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.56E+00 | 213% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.133 | 0.001               |
| 20 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.75E+00 | 218% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.134 | 0.000               |
| 21 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.94E+00 | 224% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.134 | 0.000               |
| 22 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 4.12E+00 | 229% | 100%    | 100%    | 0.071   | 0.071 | 7.134 | 0.000               |



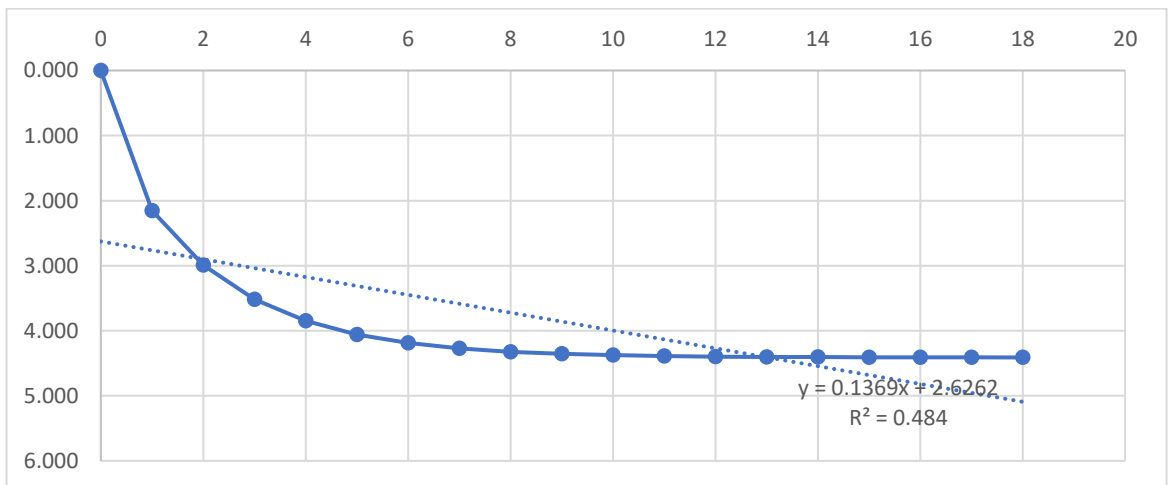
### 50% Tanah 50% Mortar Busa

| t  | Cv                |                       | Hdr  | Tv       | U    |         | U Pakai | Sc      |       |       | Selsih Sc per Tahun |
|----|-------------------|-----------------------|------|----------|------|---------|---------|---------|-------|-------|---------------------|
|    | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |      |          | m    | Rumus 1 |         | Rumus 2 | m     | m     |                     |
| 0  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 0.00E+00 | 0%   | 19%     | 0%      | 0.05945 | 0.000 | 0.000 | 0.000               |
| 1  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.87E-01 | 49%  | 49%     | 49%     | 0.059   | 0.029 | 2.904 | 2.904               |
| 2  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.75E-01 | 69%  | 68%     | 68%     | 0.059   | 0.040 | 4.034 | 1.130               |
| 3  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 5.62E-01 | 85%  | 80%     | 80%     | 0.059   | 0.047 | 4.742 | 0.708               |
| 4  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 7.50E-01 | 98%  | 87%     | 87%     | 0.059   | 0.052 | 5.187 | 0.446               |
| 5  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 9.37E-01 | 109% | 92%     | 92%     | 0.059   | 0.055 | 5.468 | 0.281               |
| 6  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.12E+00 | 120% | 95%     | 95%     | 0.059   | 0.056 | 5.645 | 0.177               |
| 7  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.31E+00 | 129% | 97%     | 97%     | 0.059   | 0.058 | 5.756 | 0.111               |
| 8  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.50E+00 | 138% | 98%     | 98%     | 0.059   | 0.058 | 5.826 | 0.070               |
| 9  | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.69E+00 | 147% | 99%     | 99%     | 0.059   | 0.059 | 5.870 | 0.044               |
| 10 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 1.87E+00 | 154% | 99%     | 99%     | 0.059   | 0.059 | 5.898 | 0.028               |
| 11 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.06E+00 | 162% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.915 | 0.017               |
| 12 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.25E+00 | 169% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.926 | 0.011               |
| 13 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.44E+00 | 176% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.933 | 0.007               |
| 14 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.62E+00 | 183% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.937 | 0.004               |
| 15 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 2.81E+00 | 189% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.940 | 0.003               |
| 16 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.00E+00 | 195% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.942 | 0.002               |
| 17 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.19E+00 | 201% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.943 | 0.001               |
| 18 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.37E+00 | 207% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.944 | 0.001               |
| 19 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.56E+00 | 213% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.944 | 0.000               |
| 20 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.75E+00 | 218% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.944 | 0.000               |
| 21 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 3.94E+00 | 224% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.944 | 0.000               |
| 22 | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75 | 4.12E+00 | 229% | 100%    | 100%    | 0.059   | 0.059 | 5.945 | 0.000               |



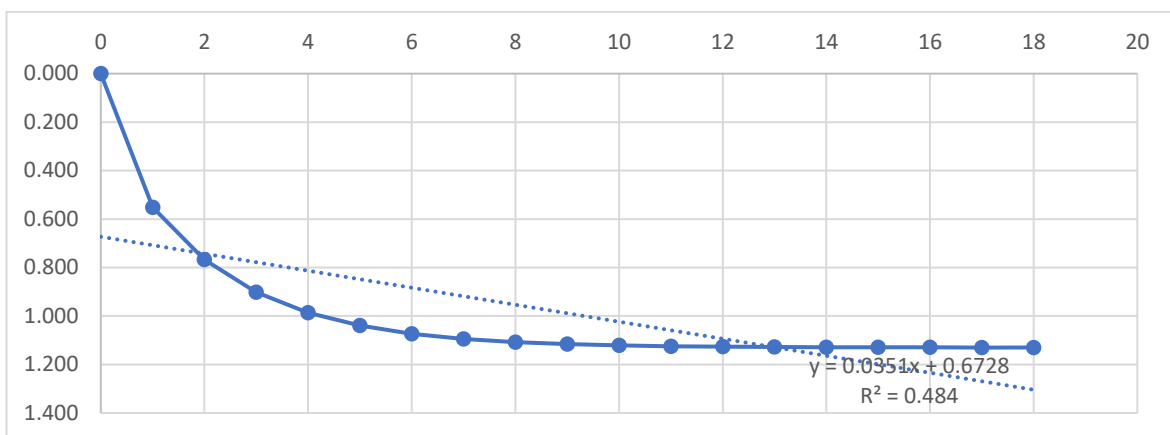
### 25% Tanah 75% Mortar Busa

| t<br>Tahun | Cv                |                       | Hdr<br>m | Tv       | U       |         | U Pakai | Sc    |       |       | Selisih Sc per Tahun |
|------------|-------------------|-----------------------|----------|----------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|----------------------|
|            | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |          |          | Rumus 1 | Rumus 2 |         | m     | m     | cm    |                      |
| 0          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 0.00E+00 | 0%      | 19%     | 0%      | 0.044 | 0.000 | 0.000 | 0.000                |
| 1          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.87E-01 | 49%     | 49%     | 49%     | 0.044 | 0.022 | 2.155 | 2.155                |
| 2          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.75E-01 | 69%     | 68%     | 68%     | 0.044 | 0.030 | 2.993 | 0.838                |
| 3          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 5.62E-01 | 85%     | 80%     | 80%     | 0.044 | 0.035 | 3.518 | 0.525                |
| 4          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 7.50E-01 | 98%     | 87%     | 87%     | 0.044 | 0.038 | 3.849 | 0.331                |
| 5          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 9.37E-01 | 109%    | 92%     | 92%     | 0.044 | 0.041 | 4.057 | 0.208                |
| 6          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.12E+00 | 120%    | 95%     | 95%     | 0.044 | 0.042 | 4.188 | 0.131                |
| 7          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.31E+00 | 129%    | 97%     | 97%     | 0.044 | 0.043 | 4.270 | 0.083                |
| 8          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.50E+00 | 138%    | 98%     | 98%     | 0.044 | 0.043 | 4.322 | 0.052                |
| 9          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.69E+00 | 147%    | 99%     | 99%     | 0.044 | 0.044 | 4.355 | 0.033                |
| 10         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.87E+00 | 154%    | 99%     | 99%     | 0.044 | 0.044 | 4.376 | 0.021                |
| 11         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.06E+00 | 162%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.389 | 0.013                |
| 12         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.25E+00 | 169%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.397 | 0.008                |
| 13         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.44E+00 | 176%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.402 | 0.005                |
| 14         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.62E+00 | 183%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.405 | 0.003                |
| 15         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.81E+00 | 189%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.407 | 0.002                |
| 16         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.00E+00 | 195%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.409 | 0.001                |
| 17         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.19E+00 | 201%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.409 | 0.001                |
| 18         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.37E+00 | 207%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.410 | 0.001                |
| 19         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.56E+00 | 213%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.410 | 0.000                |
| 20         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.75E+00 | 218%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.410 | 0.000                |
| 21         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.94E+00 | 224%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.410 | 0.000                |
| 22         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 4.12E+00 | 229%    | 100%    | 100%    | 0.044 | 0.044 | 4.411 | 0.000                |



### Full Mortar Busa

| t<br>Tahun | Cv                |                       | Hdr<br>m | Tv       | U       |         | U Pakai | Sc<br>m | Se per Tahun |       | Selisih Sc per<br>Tahun |
|------------|-------------------|-----------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|--------------|-------|-------------------------|
|            | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |          |          | Rumus 1 | Rumus 2 |         |         | m            | cm    |                         |
| 0          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 0.00E+00 | 0%      | 19%     | 0%      | 0.011   | 0.000        | 0.000 | 0.000                   |
| 1          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.87E-01 | 49%     | 49%     | 49%     | 0.011   | 0.006        | 0.552 | 0.552                   |
| 2          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.75E-01 | 69%     | 68%     | 68%     | 0.011   | 0.008        | 0.767 | 0.215                   |
| 3          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 5.62E-01 | 85%     | 80%     | 80%     | 0.011   | 0.009        | 0.901 | 0.135                   |
| 4          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 7.50E-01 | 98%     | 87%     | 87%     | 0.011   | 0.010        | 0.986 | 0.085                   |
| 5          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 9.37E-01 | 109%    | 92%     | 92%     | 0.011   | 0.010        | 1.039 | 0.053                   |
| 6          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.12E+00 | 120%    | 95%     | 95%     | 0.011   | 0.011        | 1.073 | 0.034                   |
| 7          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.31E+00 | 129%    | 97%     | 97%     | 0.011   | 0.011        | 1.094 | 0.021                   |
| 8          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.50E+00 | 138%    | 98%     | 98%     | 0.011   | 0.011        | 1.107 | 0.013                   |
| 9          | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.69E+00 | 147%    | 99%     | 99%     | 0.011   | 0.011        | 1.116 | 0.008                   |
| 10         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 1.87E+00 | 154%    | 99%     | 99%     | 0.011   | 0.011        | 1.121 | 0.005                   |
| 11         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.06E+00 | 162%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.124 | 0.003                   |
| 12         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.25E+00 | 169%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.126 | 0.002                   |
| 13         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.44E+00 | 176%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.128 | 0.001                   |
| 14         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.62E+00 | 183%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.129 | 0.001                   |
| 15         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 2.81E+00 | 189%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.129 | 0.001                   |
| 16         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.00E+00 | 195%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.129 | 0.000                   |
| 17         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.19E+00 | 201%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.130 | 0.000                   |
| 18         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.37E+00 | 207%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.130 | 0.000                   |
| 19         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.56E+00 | 213%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.130 | 0.000                   |
| 20         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.75E+00 | 218%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.130 | 0.000                   |
| 21         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 3.94E+00 | 224%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.130 | 0.000                   |
| 22         | 4.50E-08          | 1.42E+00              | 2.75     | 4.12E+00 | 229%    | 100%    | 100%    | 0.011   | 0.011        | 1.130 | 0.000                   |

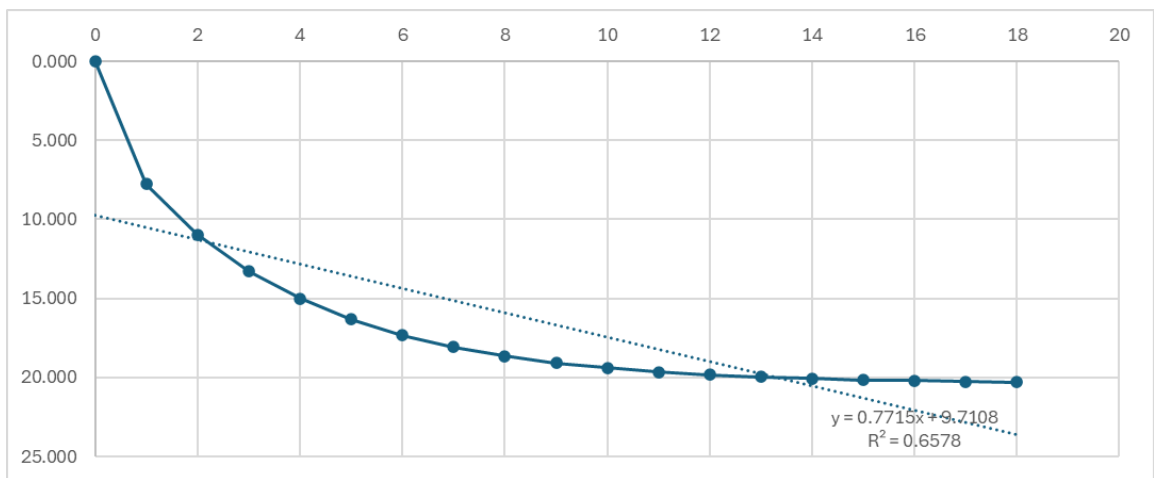


### Rate of Settlement Dengan Penggantian Tanah STA 325

| Depth<br>m | Jenis Tanah                         | Tebal<br>m | Cv<br>m <sup>2</sup> /s | H/Cv <sup>0.5</sup> | Cv gabungan<br>m <sup>2</sup> /s | Tv    | Jenis Drainage | Hdr<br>m | t        |          |       |
|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------|---------------------|----------------------------------|-------|----------------|----------|----------|----------|-------|
|            |                                     |            |                         |                     |                                  |       |                |          | Detik    | Hari     | Tahun |
| 3          | Lanau Kelermpungan Sedikit Berpasir | 3          | 6.86E-08                | 11456.439237390     | 0.000000073                      | 0.848 | Double         | 4.5      | 2.35E+08 | 2719.869 | 7.45  |
| 8          | Pasir Kasar                         | 5          | 8.33E-08                | 17324.839827182     |                                  |       |                |          |          |          |       |
| 9.5        | Pasir Halus                         | 1.5        | 8.10E-08                | 5270.236852857      |                                  |       |                |          |          |          |       |
| 10.5       | Pasir Kasar                         | 1          | 8.00E-07                | 1118.033988750      |                                  |       |                |          |          |          |       |
| 11.5       | Pasir Halus                         | 1          | 8.02E-08                | 3532.086285507      |                                  |       |                |          |          |          |       |
| 13.5       | Lanau Kelermpungan Sedikit Berpasir | 2          | 8.08E-08                | 7036.224905346      |                                  |       |                |          |          |          |       |
| 17.5       | Lanau Kelermpungan                  | 4          | 7.50E-08                | 14605.934866804     |                                  |       |                |          |          |          |       |

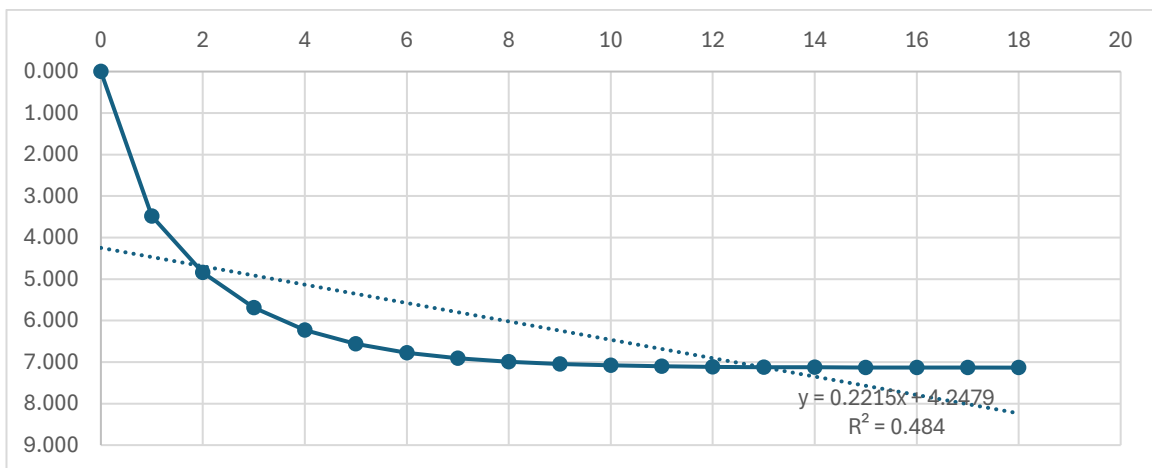
Full Tanah

| t  | Cv                |                       | Hdr | Tv       | U       |         | U Pakai | Sc    | Sc per Tahun |        | Selisih Sc per Tahun |
|----|-------------------|-----------------------|-----|----------|---------|---------|---------|-------|--------------|--------|----------------------|
|    | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |     |          | Rumus 1 | Rumus 2 |         |       | m            | m      |                      |
| 0  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 0.00E+00 | 0%      | 19%     | 0%      | 0.204 | 0.000        | 0.000  | 0.000                |
| 1  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.14E-01 | 38%     | 39%     | 38%     | 0.204 | 0.078        | 7.766  | 7.766                |
| 2  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.28E-01 | 54%     | 54%     | 54%     | 0.204 | 0.110        | 10.983 | 3.217                |
| 3  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 3.41E-01 | 66%     | 65%     | 65%     | 0.204 | 0.133        | 13.280 | 2.296                |
| 4  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 4.55E-01 | 76%     | 74%     | 74%     | 0.204 | 0.150        | 15.024 | 1.744                |
| 5  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 5.69E-01 | 85%     | 80%     | 80%     | 0.204 | 0.163        | 16.341 | 1.317                |
| 6  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 6.83E-01 | 93%     | 85%     | 85%     | 0.204 | 0.173        | 17.335 | 0.995                |
| 7  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 7.97E-01 | 101%    | 89%     | 89%     | 0.204 | 0.181        | 18.086 | 0.751                |
| 8  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 9.10E-01 | 108%    | 91%     | 91%     | 0.204 | 0.187        | 18.654 | 0.567                |
| 9  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.02E+00 | 114%    | 94%     | 94%     | 0.204 | 0.191        | 19.082 | 0.428                |
| 10 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.14E+00 | 120%    | 95%     | 95%     | 0.204 | 0.194        | 19.405 | 0.323                |
| 11 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.25E+00 | 126%    | 96%     | 96%     | 0.204 | 0.196        | 19.649 | 0.244                |
| 12 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.37E+00 | 132%    | 97%     | 97%     | 0.204 | 0.198        | 19.834 | 0.184                |
| 13 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.48E+00 | 137%    | 98%     | 98%     | 0.204 | 0.200        | 19.973 | 0.139                |
| 14 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.59E+00 | 142%    | 98%     | 98%     | 0.204 | 0.201        | 20.078 | 0.105                |
| 15 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.71E+00 | 147%    | 99%     | 99%     | 0.204 | 0.202        | 20.158 | 0.079                |
| 16 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.82E+00 | 152%    | 99%     | 99%     | 0.204 | 0.202        | 20.218 | 0.060                |
| 17 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.93E+00 | 157%    | 99%     | 99%     | 0.204 | 0.203        | 20.263 | 0.045                |
| 18 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.05E+00 | 161%    | 99%     | 99%     | 0.204 | 0.203        | 20.297 | 0.034                |
| 19 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.16E+00 | 166%    | 100%    | 100%    | 0.204 | 0.203        | 20.323 | 0.026                |
| 20 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.28E+00 | 170%    | 100%    | 100%    | 0.204 | 0.203        | 20.342 | 0.020                |
| 21 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.39E+00 | 174%    | 100%    | 100%    | 0.204 | 0.204        | 20.357 | 0.015                |
| 22 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.50E+00 | 179%    | 100%    | 100%    | 0.204 | 0.204        | 20.368 | 0.011                |



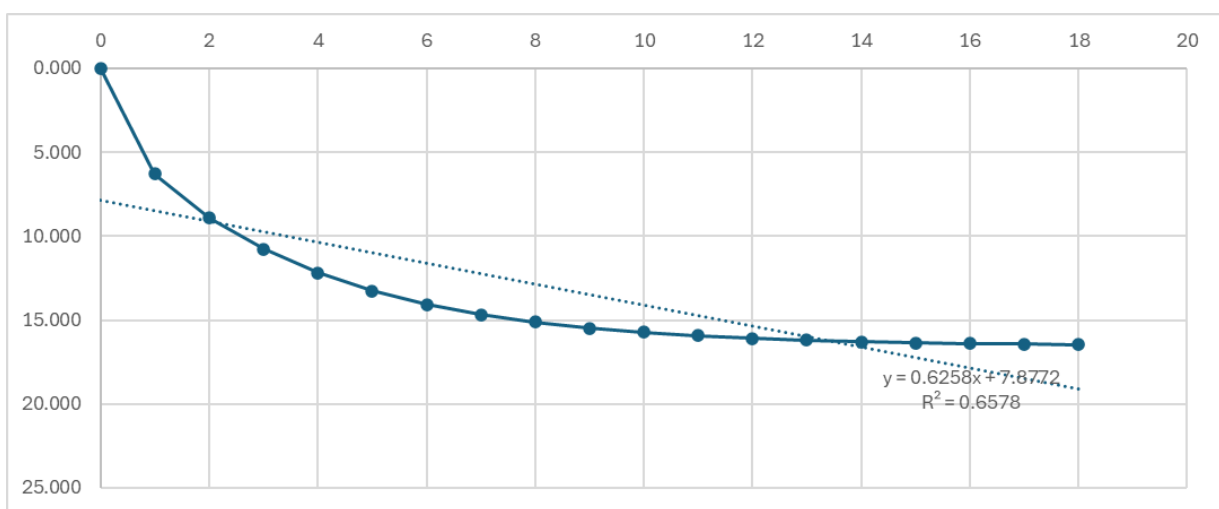
75% Tanah 25% Mortar Busa

| t  | Cv                |                       | Hdr | Tv       | U       |         | U Pakai | Sc    | Sc per Tahun |        | Selisih Sc per Tahun |
|----|-------------------|-----------------------|-----|----------|---------|---------|---------|-------|--------------|--------|----------------------|
|    | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |     |          | Rumus 1 | Rumus 2 |         |       | m            | m      |                      |
| 0  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 0.00E+00 | 0%      | 19%     | 0%      | 0.203 | 0.000        | 0.000  | 0.000                |
| 1  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.14E-01 | 38%     | 39%     | 38%     | 0.203 | 0.077        | 7.744  | 7.744                |
| 2  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.28E-01 | 54%     | 54%     | 54%     | 0.203 | 0.110        | 10.952 | 3.208                |
| 3  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 3.41E-01 | 66%     | 65%     | 65%     | 0.203 | 0.132        | 13.242 | 2.290                |
| 4  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 4.55E-01 | 76%     | 74%     | 74%     | 0.203 | 0.150        | 14.981 | 1.739                |
| 5  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 5.69E-01 | 85%     | 80%     | 80%     | 0.203 | 0.163        | 16.295 | 1.313                |
| 6  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 6.83E-01 | 93%     | 85%     | 85%     | 0.203 | 0.173        | 17.287 | 0.992                |
| 7  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 7.97E-01 | 101%    | 89%     | 89%     | 0.203 | 0.180        | 18.036 | 0.749                |
| 8  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 9.10E-01 | 108%    | 91%     | 91%     | 0.203 | 0.186        | 18.601 | 0.566                |
| 9  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.02E+00 | 114%    | 94%     | 94%     | 0.203 | 0.190        | 19.028 | 0.427                |
| 10 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.14E+00 | 120%    | 95%     | 95%     | 0.203 | 0.194        | 19.351 | 0.323                |
| 11 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.25E+00 | 126%    | 96%     | 96%     | 0.203 | 0.196        | 19.594 | 0.244                |
| 12 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.37E+00 | 132%    | 97%     | 97%     | 0.203 | 0.198        | 19.778 | 0.184                |
| 13 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.48E+00 | 137%    | 98%     | 98%     | 0.203 | 0.199        | 19.917 | 0.139                |
| 14 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.59E+00 | 142%    | 98%     | 98%     | 0.203 | 0.200        | 20.022 | 0.105                |
| 15 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.71E+00 | 147%    | 99%     | 99%     | 0.203 | 0.201        | 20.101 | 0.079                |
| 16 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.82E+00 | 152%    | 99%     | 99%     | 0.203 | 0.202        | 20.161 | 0.060                |
| 17 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.93E+00 | 157%    | 99%     | 99%     | 0.203 | 0.202        | 20.206 | 0.045                |
| 18 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.05E+00 | 161%    | 99%     | 99%     | 0.203 | 0.202        | 20.240 | 0.034                |
| 19 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.16E+00 | 166%    | 100%    | 100%    | 0.203 | 0.203        | 20.266 | 0.026                |
| 20 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.28E+00 | 170%    | 100%    | 100%    | 0.203 | 0.203        | 20.285 | 0.019                |
| 21 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.39E+00 | 174%    | 100%    | 100%    | 0.203 | 0.203        | 20.300 | 0.015                |
| 22 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.50E+00 | 179%    | 100%    | 100%    | 0.203 | 0.203        | 20.311 | 0.011                |



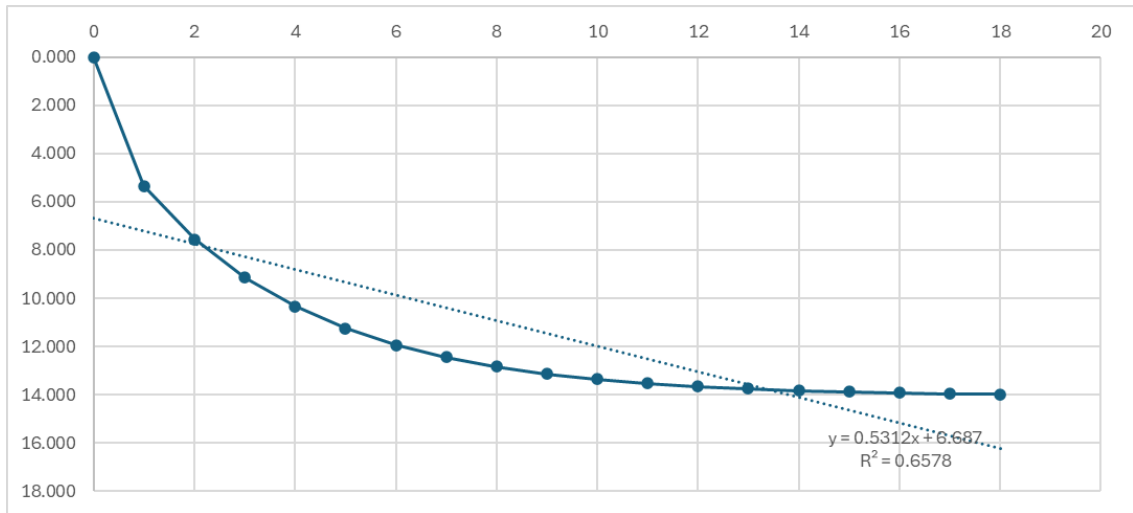
### 50% Tanah 50% Mortar Busa

| t<br>Tahun | Cv                |                       | Hdr<br>m | Tv       | U       |         | U Pakai | Sc<br>m | Sc per Tahun |        | Selisih Sc per<br>Tahun |
|------------|-------------------|-----------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|--------------|--------|-------------------------|
|            | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |          |          | Rumus 1 | Rumus 2 |         |         | m            | cm     |                         |
| 0          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 0.00E+00 | 0%      | 19%     | 0%      | 0.16550 | 0.000        | 0.000  | 0.000                   |
| 1          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.14E-01 | 38%     | 39%     | 38%     | 0.166   | 0.063        | 6.300  | 6.300                   |
| 2          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 2.28E-01 | 54%     | 54%     | 54%     | 0.166   | 0.089        | 8.909  | 2.609                   |
| 3          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 3.41E-01 | 66%     | 65%     | 65%     | 0.166   | 0.108        | 10.772 | 1.863                   |
| 4          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 4.55E-01 | 76%     | 74%     | 74%     | 0.166   | 0.122        | 12.187 | 1.415                   |
| 5          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 5.69E-01 | 85%     | 80%     | 80%     | 0.166   | 0.133        | 13.255 | 1.068                   |
| 6          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 6.83E-01 | 93%     | 85%     | 85%     | 0.166   | 0.141        | 14.062 | 0.807                   |
| 7          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 7.97E-01 | 101%    | 89%     | 89%     | 0.166   | 0.147        | 14.671 | 0.609                   |
| 8          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 9.10E-01 | 108%    | 91%     | 91%     | 0.166   | 0.151        | 15.131 | 0.460                   |
| 9          | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.02E+00 | 114%    | 94%     | 94%     | 0.166   | 0.155        | 15.479 | 0.347                   |
| 10         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.14E+00 | 120%    | 95%     | 95%     | 0.166   | 0.157        | 15.741 | 0.262                   |
| 11         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.25E+00 | 126%    | 96%     | 96%     | 0.166   | 0.159        | 15.939 | 0.198                   |
| 12         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.37E+00 | 132%    | 97%     | 97%     | 0.166   | 0.161        | 16.089 | 0.150                   |
| 13         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.48E+00 | 137%    | 98%     | 98%     | 0.166   | 0.162        | 16.202 | 0.113                   |
| 14         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.59E+00 | 142%    | 98%     | 98%     | 0.166   | 0.163        | 16.287 | 0.085                   |
| 15         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.71E+00 | 147%    | 99%     | 99%     | 0.166   | 0.164        | 16.351 | 0.064                   |
| 16         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.82E+00 | 152%    | 99%     | 99%     | 0.166   | 0.164        | 16.400 | 0.049                   |
| 17         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 1.93E+00 | 157%    | 99%     | 99%     | 0.166   | 0.164        | 16.437 | 0.037                   |
| 18         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 2.05E+00 | 161%    | 99%     | 99%     | 0.166   | 0.165        | 16.465 | 0.028                   |
| 19         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 2.16E+00 | 166%    | 100%    | 100%    | 0.166   | 0.165        | 16.485 | 0.021                   |
| 20         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 2.28E+00 | 170%    | 100%    | 100%    | 0.166   | 0.165        | 16.501 | 0.016                   |
| 21         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 2.39E+00 | 174%    | 100%    | 100%    | 0.166   | 0.165        | 16.513 | 0.012                   |
| 22         | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5      | 2.50E+00 | 179%    | 100%    | 100%    | 0.166   | 0.165        | 16.522 | 0.009                   |



### 25% Tanah 75% Mortar Busa

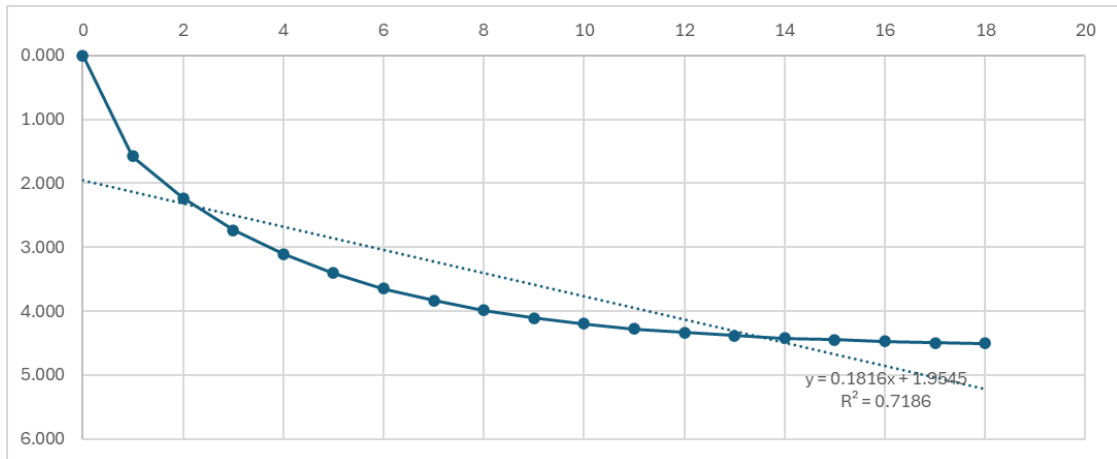
| t  | Cv                |                       | Hdr | Tv       | U    |         | U Pakai | Sc    | Sc per Tahun |        |       | Selisih Sc per Tahun |
|----|-------------------|-----------------------|-----|----------|------|---------|---------|-------|--------------|--------|-------|----------------------|
|    | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |     |          | m    | Rumus 1 |         |       | Rumus 2      | m      | m     |                      |
| 0  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 0.00E+00 | 0%   | 19%     | 0%      | 0.140 | 0.000        | 0.000  | 0.000 |                      |
| 1  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.14E-01 | 38%  | 39%     | 38%     | 0.140 | 0.053        | 5.348  | 5.348 |                      |
| 2  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.28E-01 | 54%  | 54%     | 54%     | 0.140 | 0.076        | 7.563  | 2.215 |                      |
| 3  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 3.41E-01 | 66%  | 65%     | 65%     | 0.140 | 0.091        | 9.144  | 1.581 |                      |
| 4  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 4.55E-01 | 76%  | 74%     | 74%     | 0.140 | 0.103        | 10.346 | 1.201 |                      |
| 5  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 5.69E-01 | 85%  | 80%     | 80%     | 0.140 | 0.113        | 11.252 | 0.907 |                      |
| 6  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 6.83E-01 | 93%  | 85%     | 85%     | 0.140 | 0.119        | 11.937 | 0.685 |                      |
| 7  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 7.97E-01 | 101% | 89%     | 89%     | 0.140 | 0.125        | 12.455 | 0.517 |                      |
| 8  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 9.10E-01 | 108% | 91%     | 91%     | 0.140 | 0.128        | 12.845 | 0.391 |                      |
| 9  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.02E+00 | 114% | 94%     | 94%     | 0.140 | 0.131        | 13.140 | 0.295 |                      |
| 10 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.14E+00 | 120% | 95%     | 95%     | 0.140 | 0.134        | 13.363 | 0.223 |                      |
| 11 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.25E+00 | 126% | 96%     | 96%     | 0.140 | 0.135        | 13.531 | 0.168 |                      |
| 12 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.37E+00 | 132% | 97%     | 97%     | 0.140 | 0.137        | 13.658 | 0.127 |                      |
| 13 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.48E+00 | 137% | 98%     | 98%     | 0.140 | 0.138        | 13.754 | 0.096 |                      |
| 14 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.59E+00 | 142% | 98%     | 98%     | 0.140 | 0.138        | 13.826 | 0.072 |                      |
| 15 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.71E+00 | 147% | 99%     | 99%     | 0.140 | 0.139        | 13.881 | 0.055 |                      |
| 16 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.82E+00 | 152% | 99%     | 99%     | 0.140 | 0.139        | 13.922 | 0.041 |                      |
| 17 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.93E+00 | 157% | 99%     | 99%     | 0.140 | 0.140        | 13.953 | 0.031 |                      |
| 18 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.05E+00 | 161% | 99%     | 99%     | 0.140 | 0.140        | 13.977 | 0.024 |                      |
| 19 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.16E+00 | 166% | 100%    | 100%    | 0.140 | 0.140        | 13.995 | 0.018 |                      |
| 20 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.28E+00 | 170% | 100%    | 100%    | 0.140 | 0.140        | 14.008 | 0.013 |                      |
| 21 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.39E+00 | 174% | 100%    | 100%    | 0.140 | 0.140        | 14.018 | 0.010 |                      |
| 22 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.50E+00 | 179% | 100%    | 100%    | 0.140 | 0.140        | 14.026 | 0.008 |                      |



### Full Mortar Busa

| t  | Cv                |                       | Hdr | Tv       | U    |         | U Pakai | Sc    | Sc per Tahun |       |       | Selisih Sc per Tahun |
|----|-------------------|-----------------------|-----|----------|------|---------|---------|-------|--------------|-------|-------|----------------------|
|    | m <sup>2</sup> /s | m <sup>2</sup> /tahun |     |          | m    | Rumus 1 |         |       | Rumus 2      | m     | m     |                      |
| 0  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 0.00E+00 | 0%   | 19%     | 0%      | 0.074 | 0.000        | 0.000 | 0.000 |                      |
| 1  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.14E-01 | 38%  | 39%     | 38%     | 0.074 | 0.028        | 2.813 | 2.813 |                      |
| 2  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.28E-01 | 54%  | 54%     | 54%     | 0.074 | 0.040        | 3.978 | 1.165 |                      |
| 3  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 3.41E-01 | 66%  | 65%     | 65%     | 0.074 | 0.048        | 4.810 | 0.832 |                      |
| 4  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 4.55E-01 | 76%  | 74%     | 74%     | 0.074 | 0.054        | 5.442 | 0.632 |                      |
| 5  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 5.69E-01 | 85%  | 80%     | 80%     | 0.074 | 0.059        | 5.919 | 0.477 |                      |
| 6  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 6.83E-01 | 93%  | 85%     | 85%     | 0.074 | 0.063        | 6.279 | 0.360 |                      |
| 7  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 7.97E-01 | 101% | 89%     | 89%     | 0.074 | 0.066        | 6.551 | 0.272 |                      |
| 8  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 9.10E-01 | 108% | 91%     | 91%     | 0.074 | 0.068        | 6.756 | 0.205 |                      |
| 9  | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.02E+00 | 114% | 94%     | 94%     | 0.074 | 0.069        | 6.911 | 0.155 |                      |
| 10 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.14E+00 | 120% | 95%     | 95%     | 0.074 | 0.070        | 7.029 | 0.117 |                      |
| 11 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.25E+00 | 126% | 96%     | 96%     | 0.074 | 0.071        | 7.117 | 0.088 |                      |
| 12 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.37E+00 | 132% | 97%     | 97%     | 0.074 | 0.072        | 7.184 | 0.067 |                      |
| 13 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.48E+00 | 137% | 98%     | 98%     | 0.074 | 0.072        | 7.234 | 0.050 |                      |
| 14 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.59E+00 | 142% | 98%     | 98%     | 0.074 | 0.073        | 7.272 | 0.038 |                      |
| 15 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.71E+00 | 147% | 99%     | 99%     | 0.074 | 0.073        | 7.301 | 0.029 |                      |
| 16 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.82E+00 | 152% | 99%     | 99%     | 0.074 | 0.073        | 7.323 | 0.022 |                      |
| 17 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 1.93E+00 | 157% | 99%     | 99%     | 0.074 | 0.073        | 7.339 | 0.016 |                      |
| 18 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.05E+00 | 161% | 99%     | 99%     | 0.074 | 0.074        | 7.352 | 0.012 |                      |
| 19 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.16E+00 | 166% | 100%    | 100%    | 0.074 | 0.074        | 7.361 | 0.009 |                      |
| 20 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.28E+00 | 170% | 100%    | 100%    | 0.074 | 0.074        | 7.368 | 0.007 |                      |
| 21 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.39E+00 | 174% | 100%    | 100%    | 0.074 | 0.074        | 7.373 | 0.005 |                      |
| 22 | 7.31E-08          | 2.30E+00              | 4.5 | 2.50E+00 | 179% | 100%    | 100%    | 0.074 | 0.074        | 7.377 | 0.004 |                      |

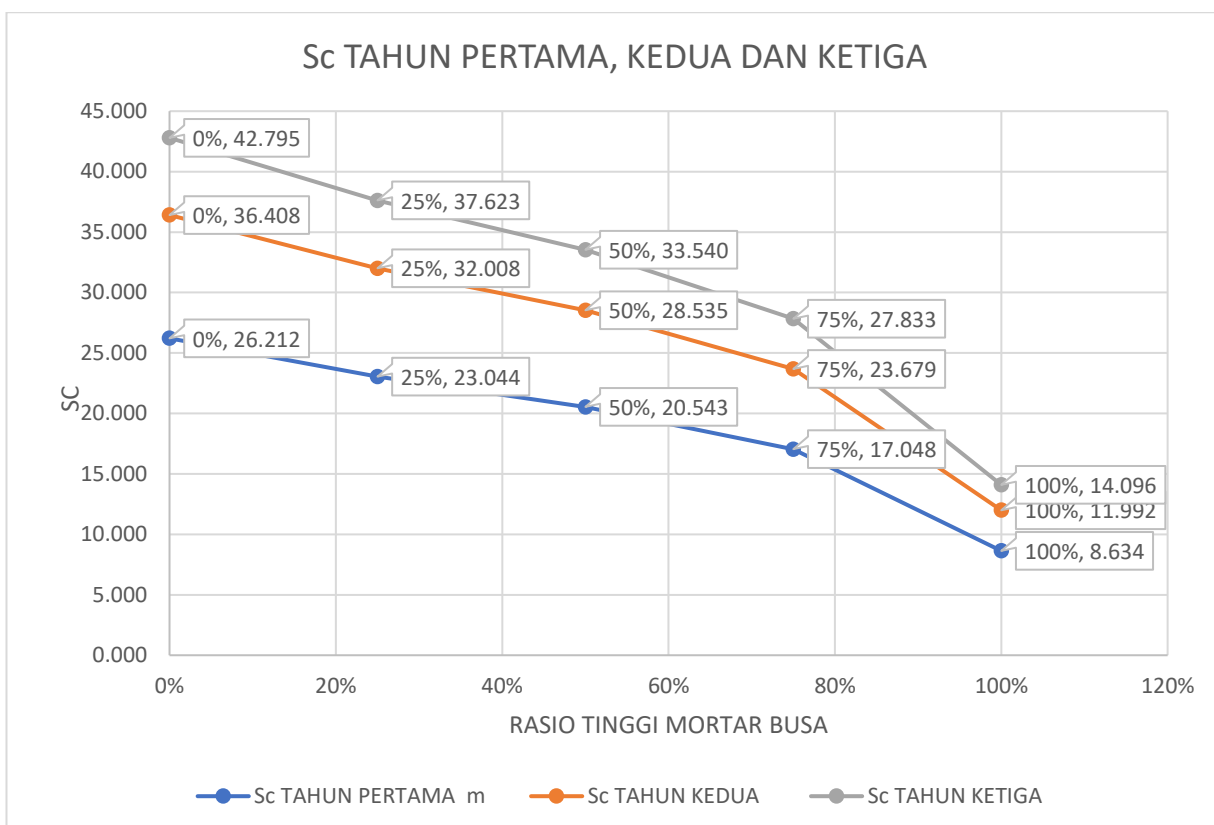




#### Lampiran 4

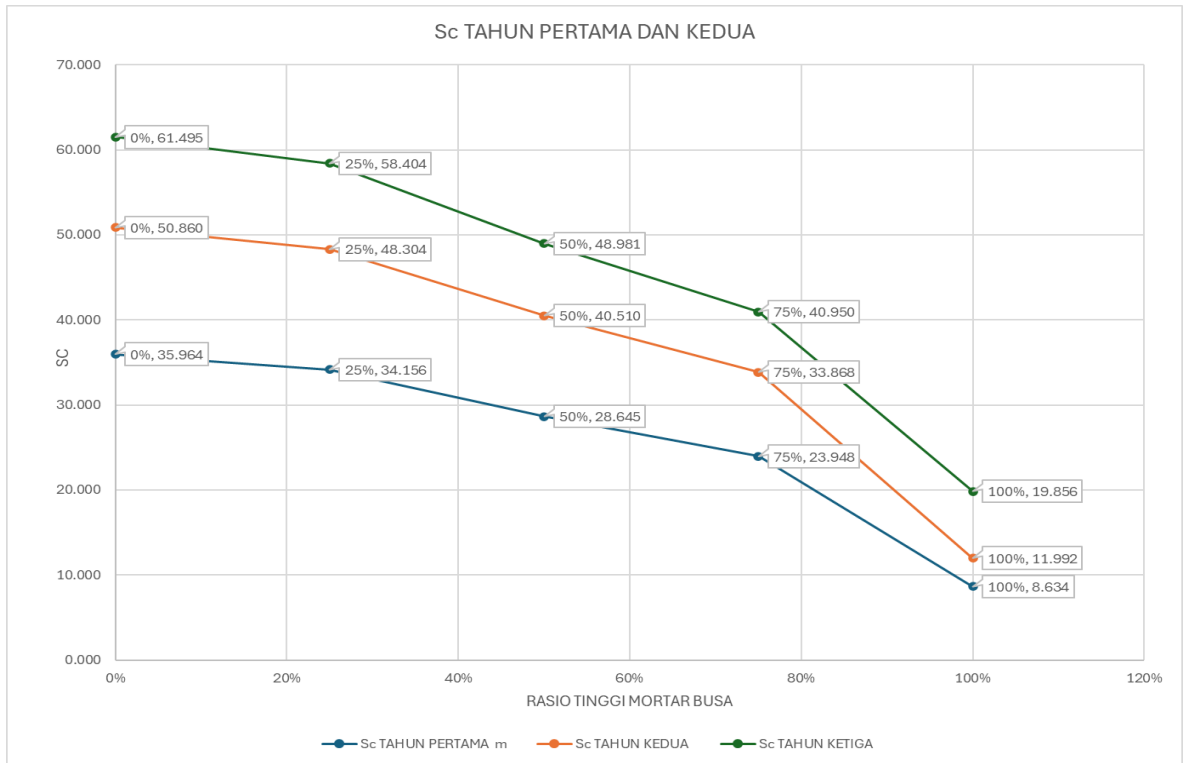
Tabel Rekap dan Grafik Sc Tanpa Penggantian Tanah STA 300

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO PRESENTASE MORTAR BUSA TERHADAP TANAH | Sc TAHUN PERTAMA | Sc TAHUN KEDUA | Sc TAHUN KETIGA |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|---|------------------|----------------|-----------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %   | m                | m              | m               |
| 300 | 2.9             | 2.5                         | 2.5                   | 0                  | 0%  | 26.212           | 36.408         | 42.795          |
|     |                 |                             | 1.875                 | 0.625              | 25%   | 23.044           | 32.008         | 37.623          |
|     |                 |                             | 1.25                  | 1.25               | 50%   | 20.543           | 28.535         | 33.540          |
|     |                 |                             | 0.625                 | 1.875              | 75%   | 17.048           | 23.679         | 27.833          |
|     |                 |                             | 0                     | 2.5                | 100%  | 8.634            | 11.992         | 14.096          |



Tabel Rekap dan Grafik Sc Tanpa Penggantian Tanah STA 325

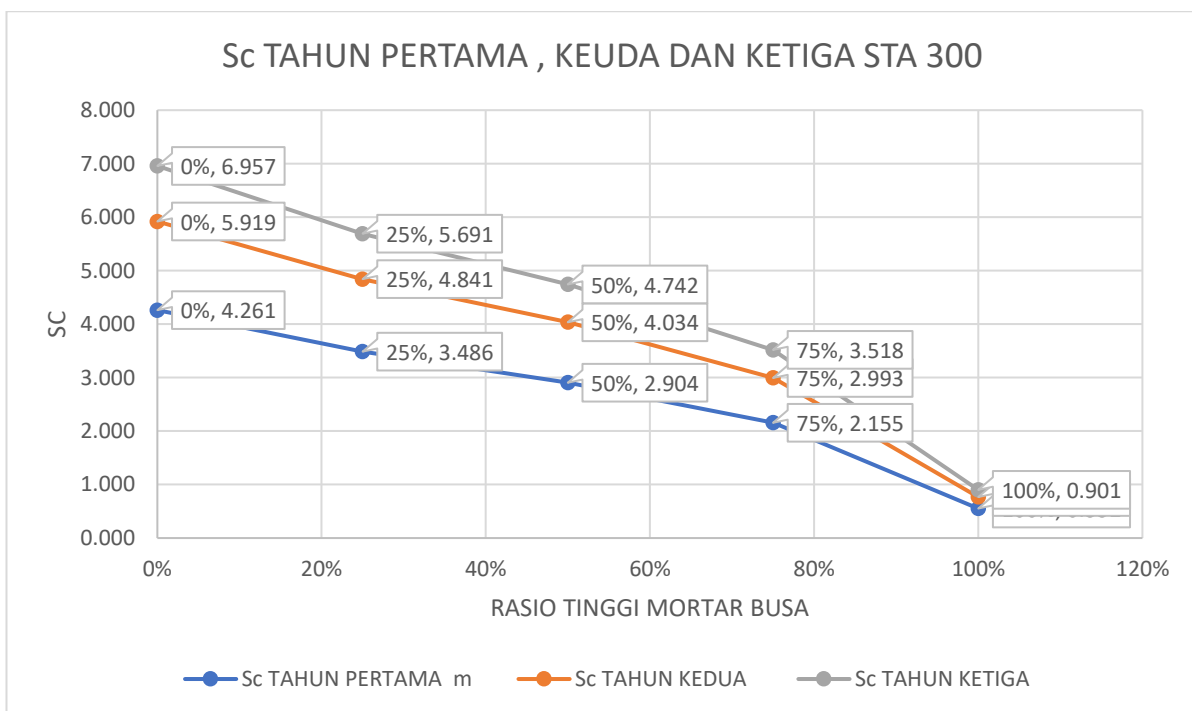
| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO PRESENTASE MORTAR BUSA TERHADAP TANAH | Sc TAHUN PERTAMA | Sc TAHUN KEDUA | Sc TAHUN KETIGA |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|---|------------------|----------------|-----------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %   | m                | m              | m               |
| 325 | 4.15            | 3.75                        | 3.75                  | 0                  | 0%  | 35.964           | 50.860         | 61.495          |
|     |                 |                             | 2.8125                | 0.9375             | 25%   | 34.156           | 48.304         | 58.404          |
|     |                 |                             | 1.875                 | 1.875              | 50%   | 28.645           | 40.510         | 48.981          |
|     |                 |                             | 0.9375                | 2.8125             | 75%   | 23.948           | 33.868         | 40.950          |
|     |                 |                             | 0                     | 3.75               | 100%  | 8.634            | 11.992         | 19.856          |



## Lampiran 5

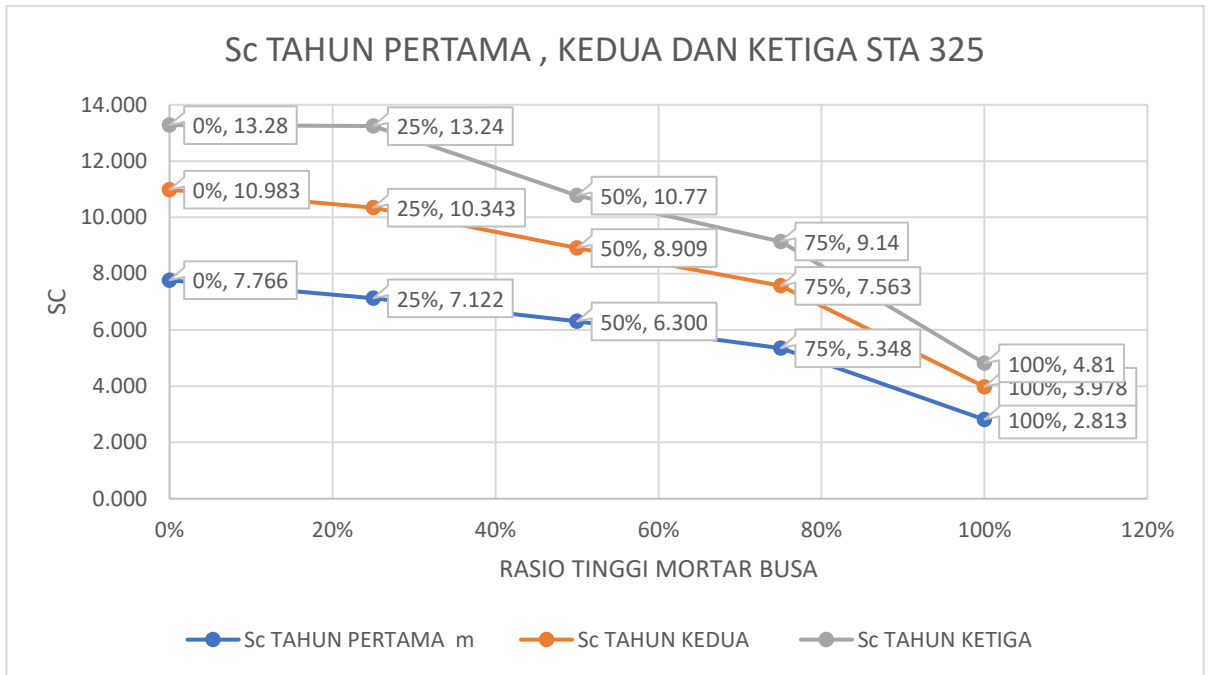
Tabel Rekap dan Grafik Sc Dengan Penggantian Tanah STA 300

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA TERHADAP TIMBUNAN TANAH | Sc TAHUN PERTAMA | Sc TAHUN KEDUA | Sc TAHUN KETIGA |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--|------------------|----------------|-----------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %  | m                | m              | m               |
| 300 | 2.9             | 2.5                         | 2.5                   | 0                  | 0%   | 4.261            | 5.919          | 6.957           |
|     |                 |                             | 1.875                 | 0.625              | 25%  | 3.486            | 4.841          | 5.691           |
|     |                 |                             | 1.25                  | 1.25               | 50%  | 2.904            | 4.034          | 4.742           |
|     |                 |                             | 0.625                 | 1.875              | 75%  | 2.155            | 2.993          | 3.518           |
|     |                 |                             | 0                     | 2.5                | 100%   | 0.552            | 0.767          | 0.901           |



Tabel Rekap dan Grafik Sc Dengan Penggantian Tanah STA 325

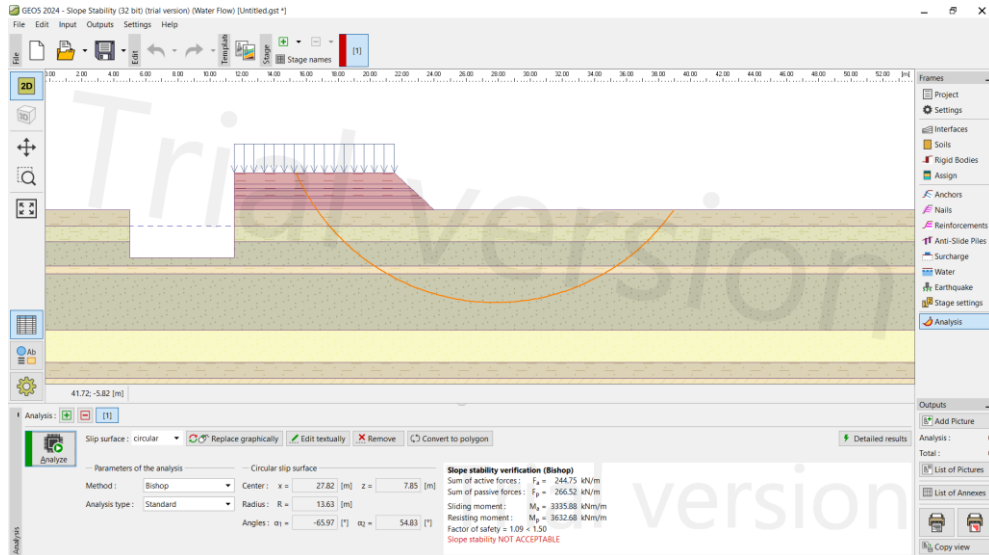
| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA TERHADAP TIMBUNAN TANAH | Sc TAHUN PERTAMA | Sc TAHUN KEDUA | Sc TAHUN KETIGA |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--|------------------|----------------|-----------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %  | m                | m              | m               |
| 325 | 4.15            | 3.75                        | 3.75                  | 0                  | 0%   | 7.766            | 10.983         | 13.28           |
|     |                 |                             | 2.8125                | 0.9375             | 25%  | 7.122            | 10.343         | 13.24           |
|     |                 |                             | 1.875                 | 1.875              | 50%  | 6.300            | 8.909          | 10.77           |
|     |                 |                             | 0.9375                | 2.8125             | 75%  | 5.348            | 7.563          | 9.14            |
|     |                 |                             | 0                     | 3.75               | 100%   | 2.813            | 3.978          | 4.81            |



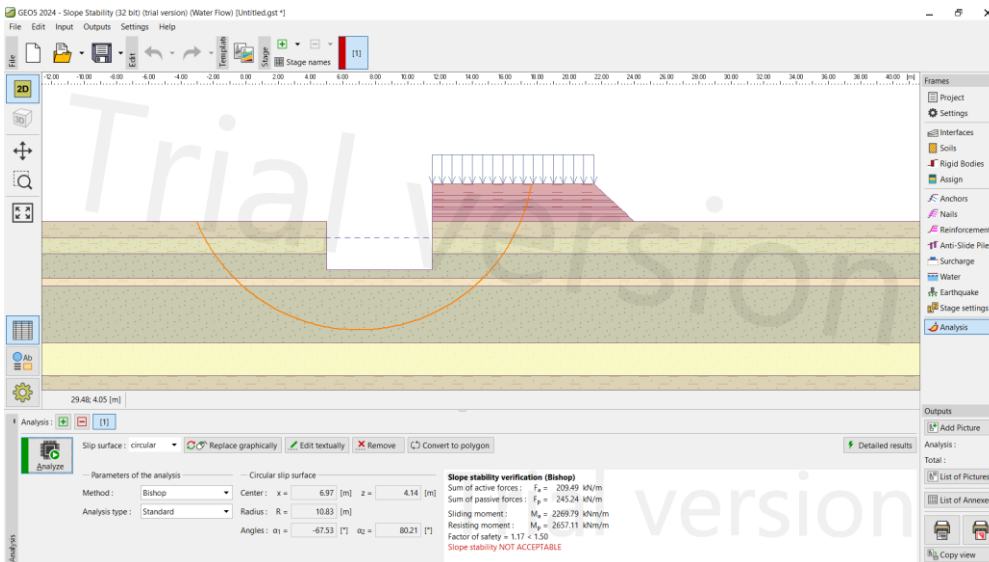
## Lampiran 6

### Hasil Bantuan Geo5 STA 275

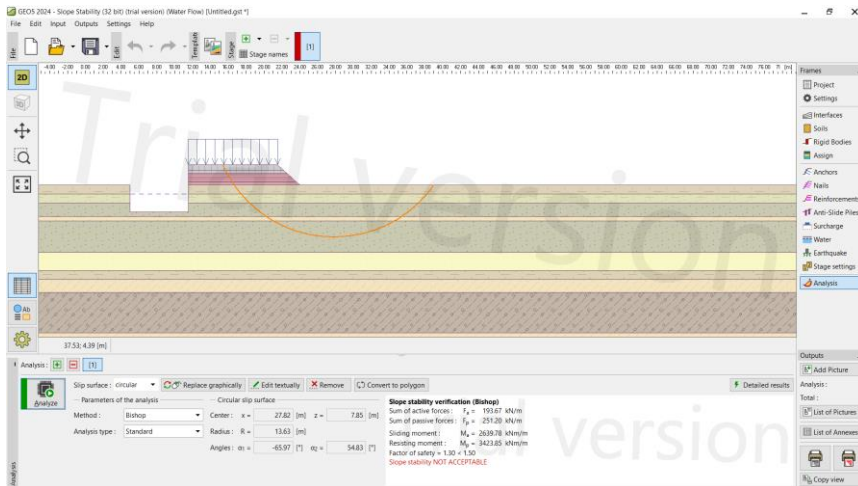
#### Full Tanah Sisi Miring



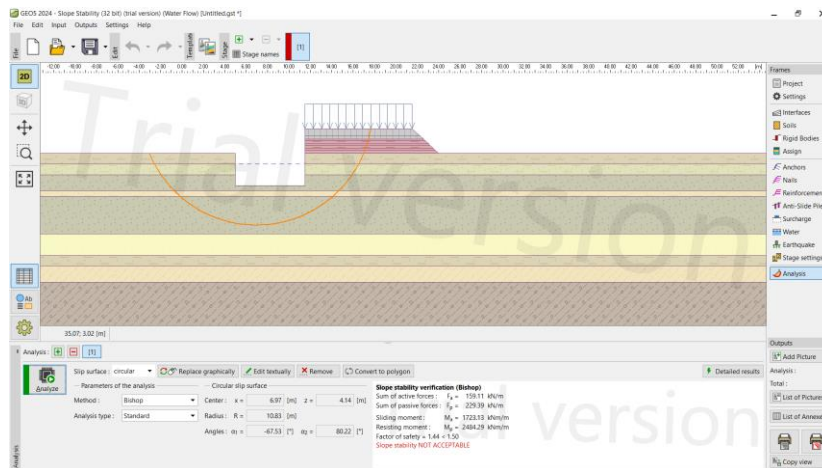
#### Full Tanah Sisi Tegak



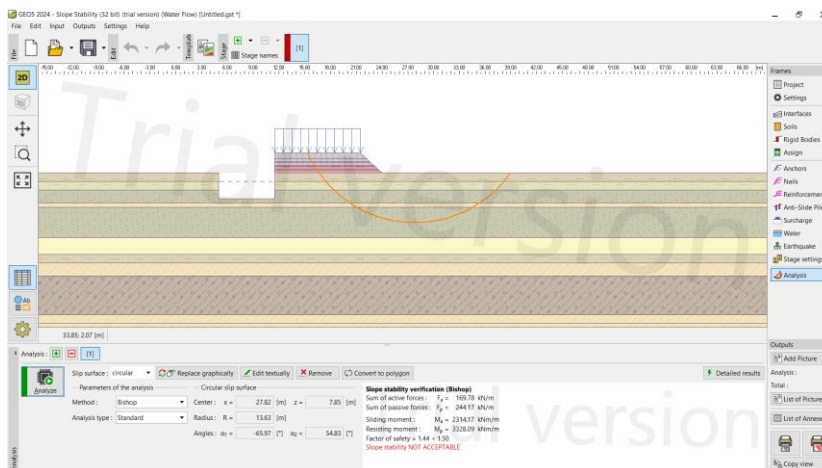
#### 75% Tanah 25% Mortar Busa Sisi Miring



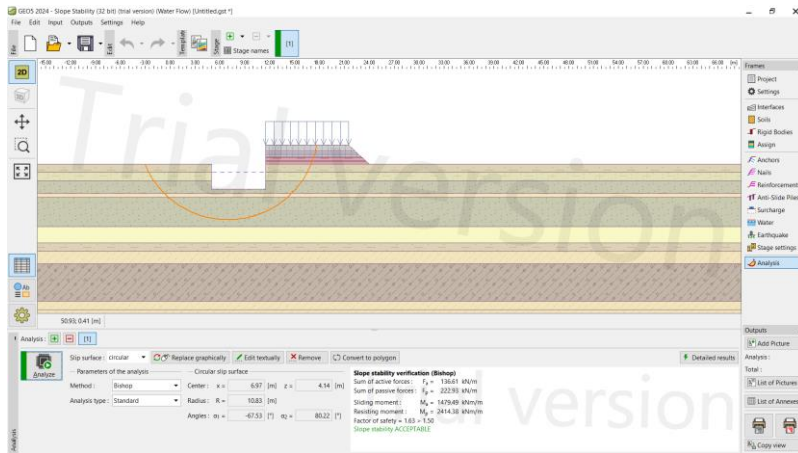
75% Tanah 25% Mortar Busa Sisi Tegak



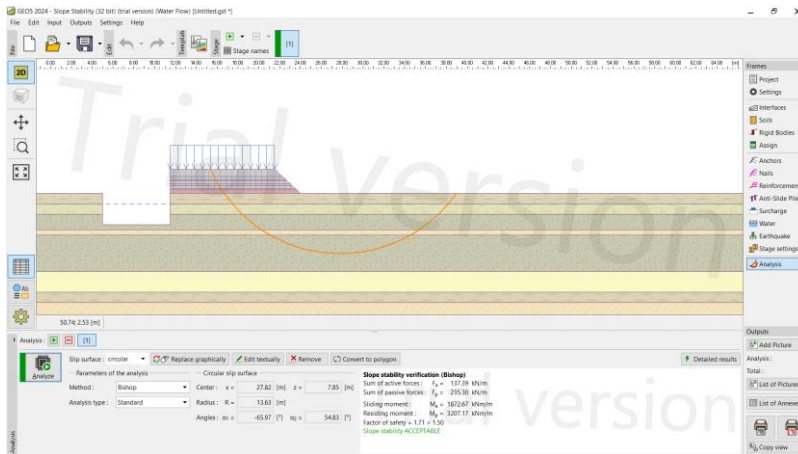
50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi Miring



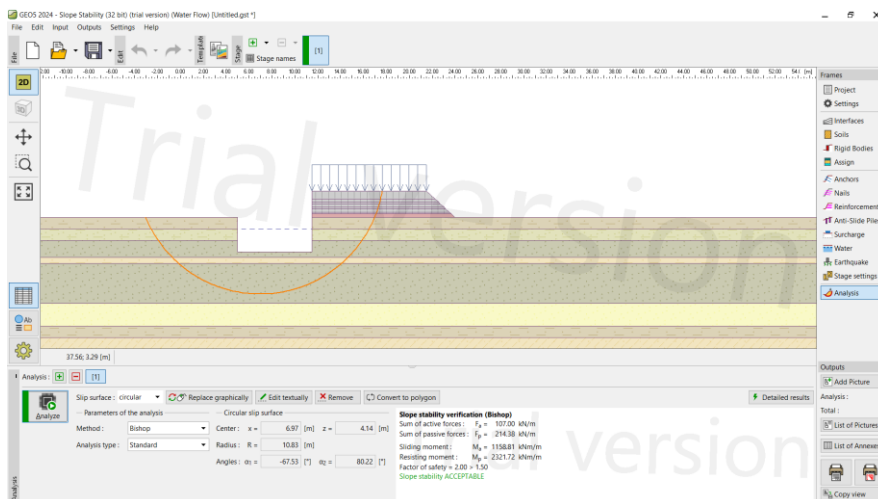
50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi Tegak



25% Tanah 75% Mortar Busa Sisi Miring

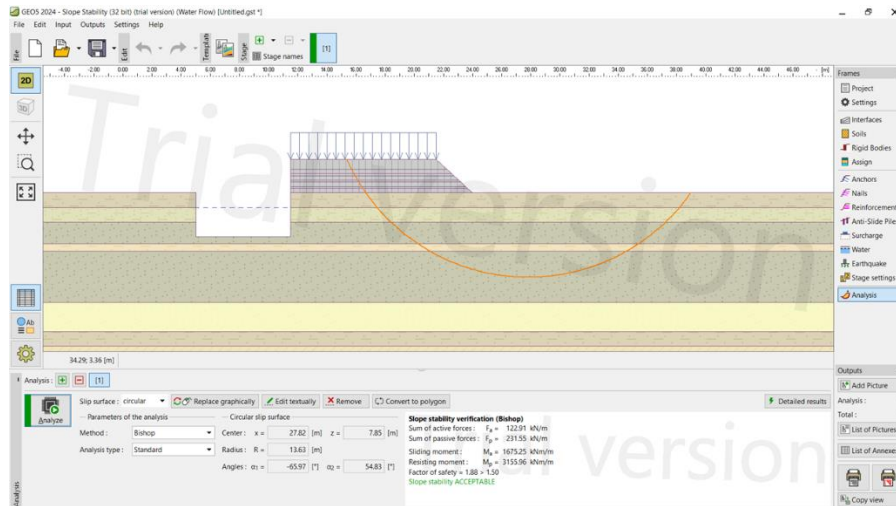


25% Tanah 75% Mortar Busa Sisi Tegak

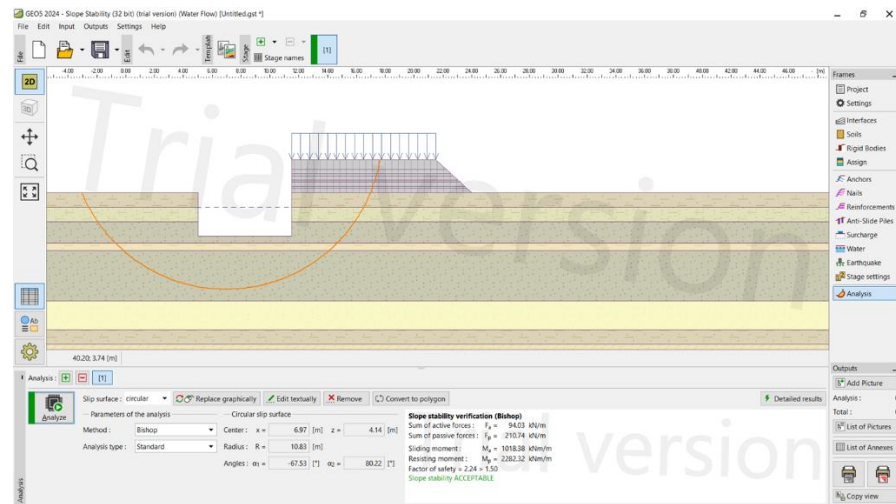


Full Mortar Busa Sisi Miring



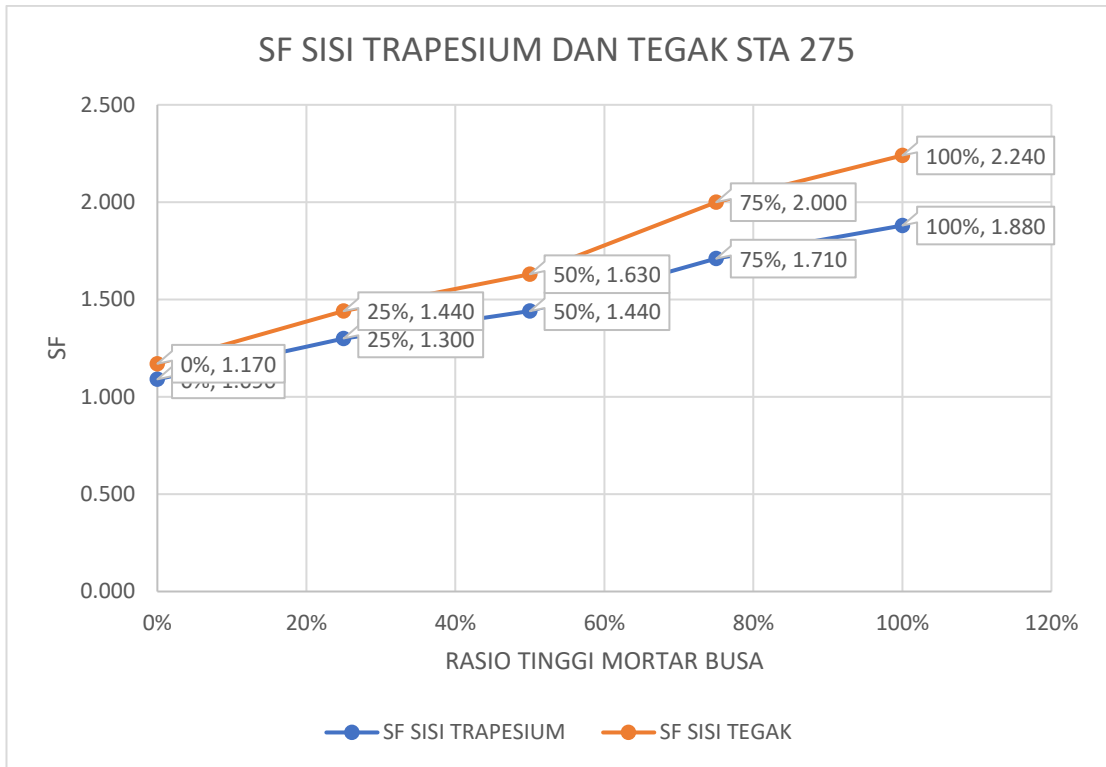


Full Mortar Busa Sisi Tegak



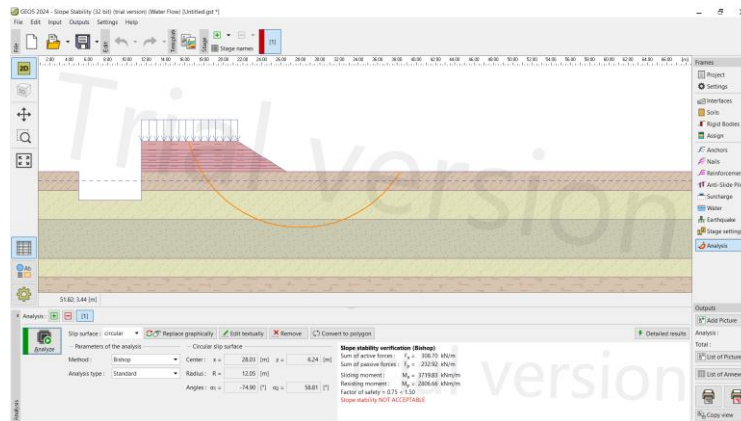
Tabel Rekap dan Grafik SF STA 275

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA | SF SISI TRAPESIUM | SF SISI TEGAK |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|---------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %                        |                   |               |
| 275 | 2.15            | 1.75                        | 1.75                  | 0                  | 0%                       | 1.090             | 1.170         |
|     |                 |                             | 1.3125                | 0.4375             | 25%                      | 1.300             | 1.440         |
|     |                 |                             | 0.875                 | 0.875              | 50%                      | 1.440             | 1.630         |
|     |                 |                             | 0.4375                | 1.3125             | 75%                      | 1.710             | 2.000         |
|     |                 |                             | 0                     | 1.75               | 100%                     | 1.880             | 2.240         |

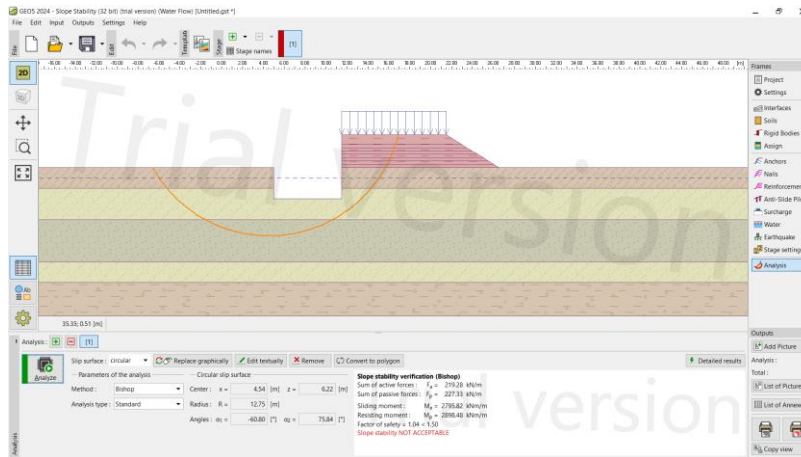


## Hasil Bantuan Geo5 STA 300

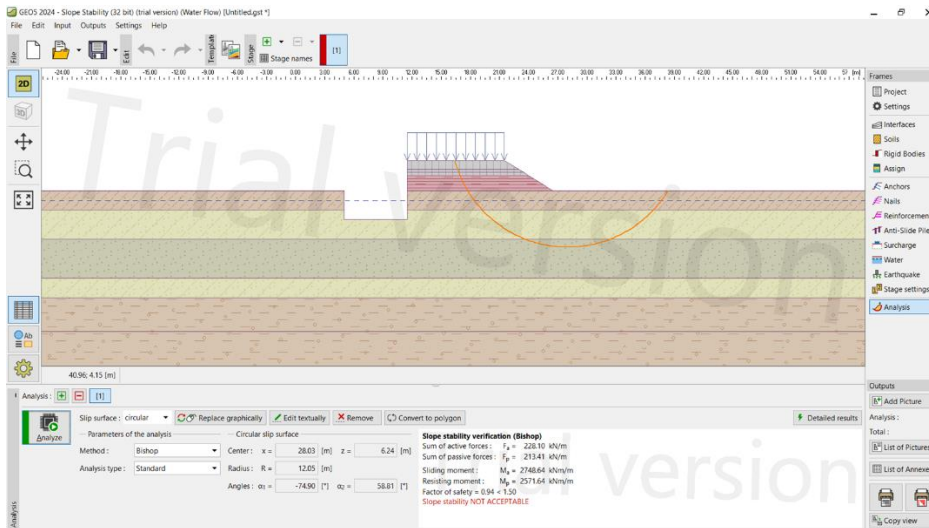
### Full Tanah Sisi Miring



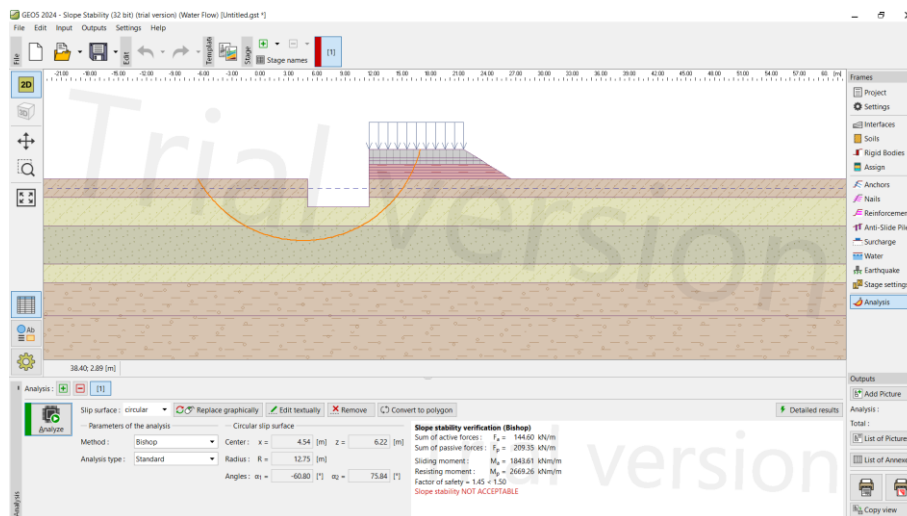
### Full Tanah Sisi Tegak



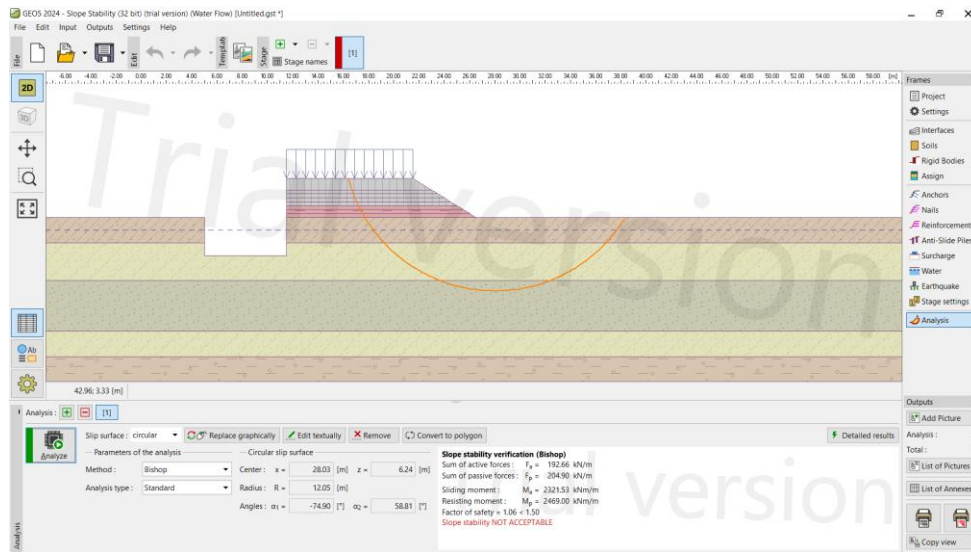
75% Tanah 25% Sisi Miring



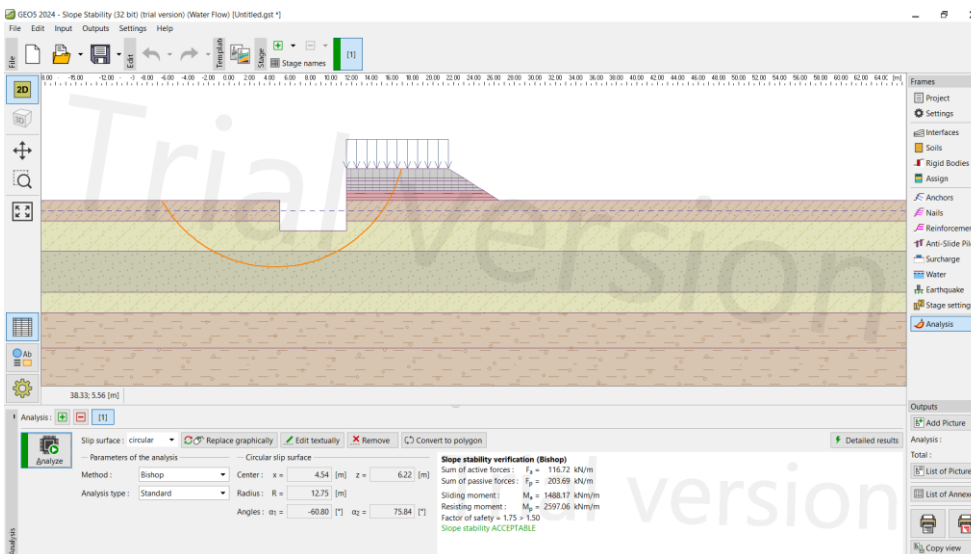
75% Tanah 25% Mortar Busa sisi Tegak



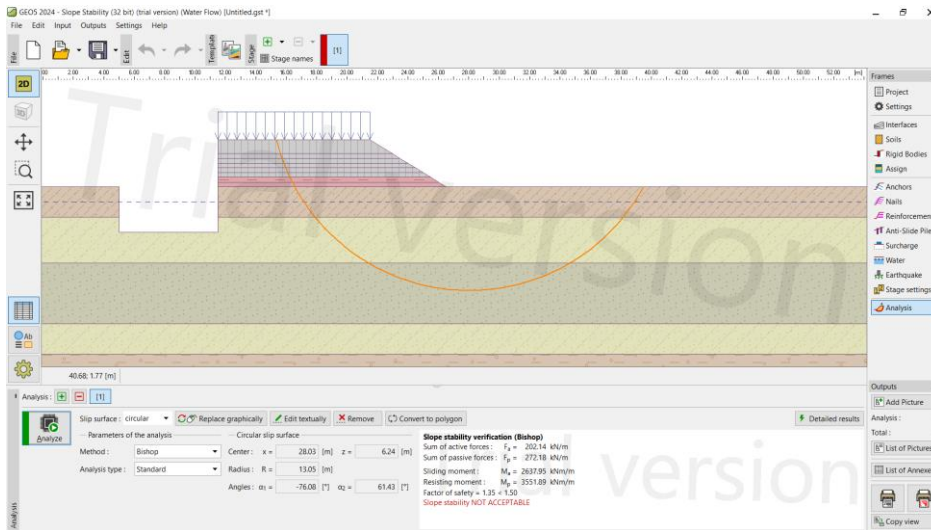
### 50% Tanah 50% mortar Busa sisi Miring



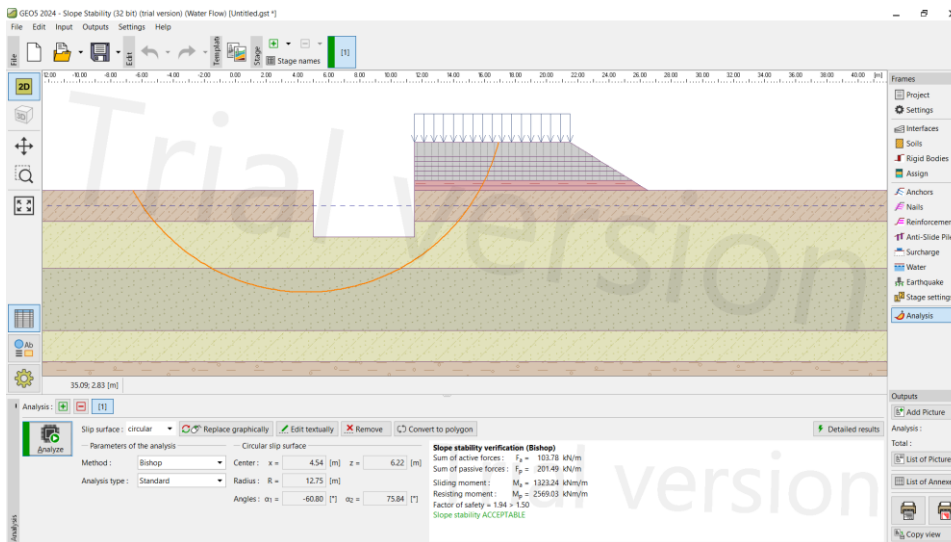
### 50% Tanah 50% mortar Busa sisi Tegak



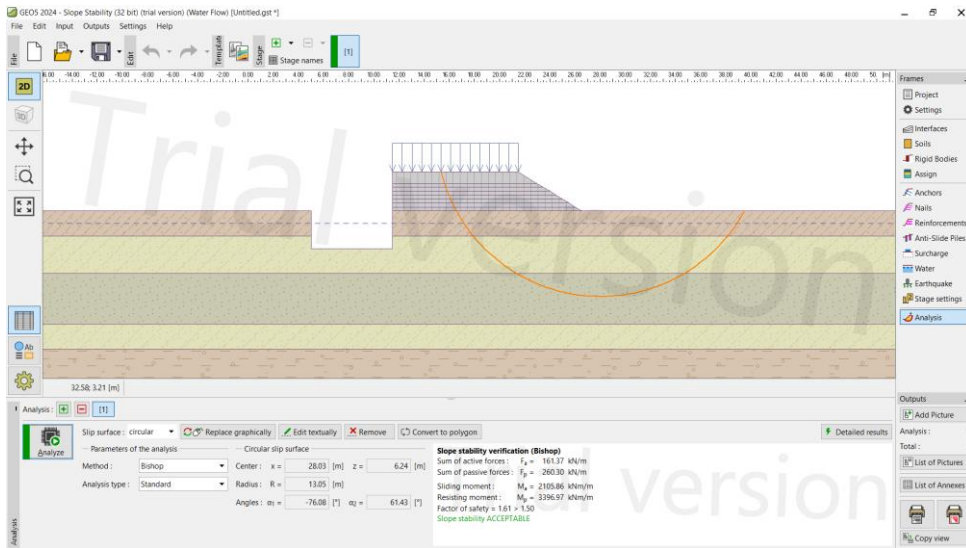
### 25% Tanah 75% Mortar Busa sisi Miring



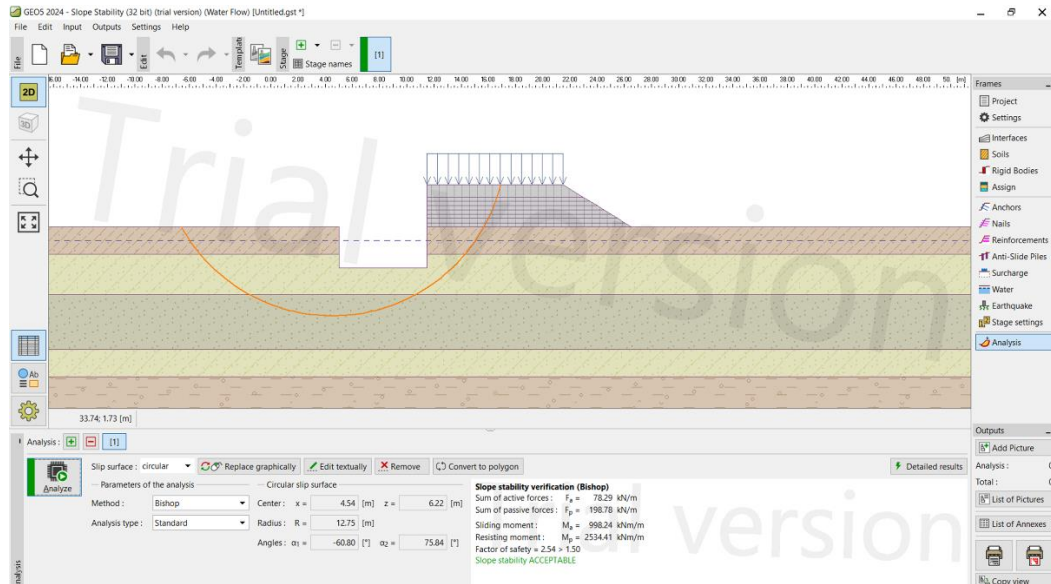
25% Tanah 75% Mortar Busa Sisi tegak



Full Mortar Busa Sisi Miring

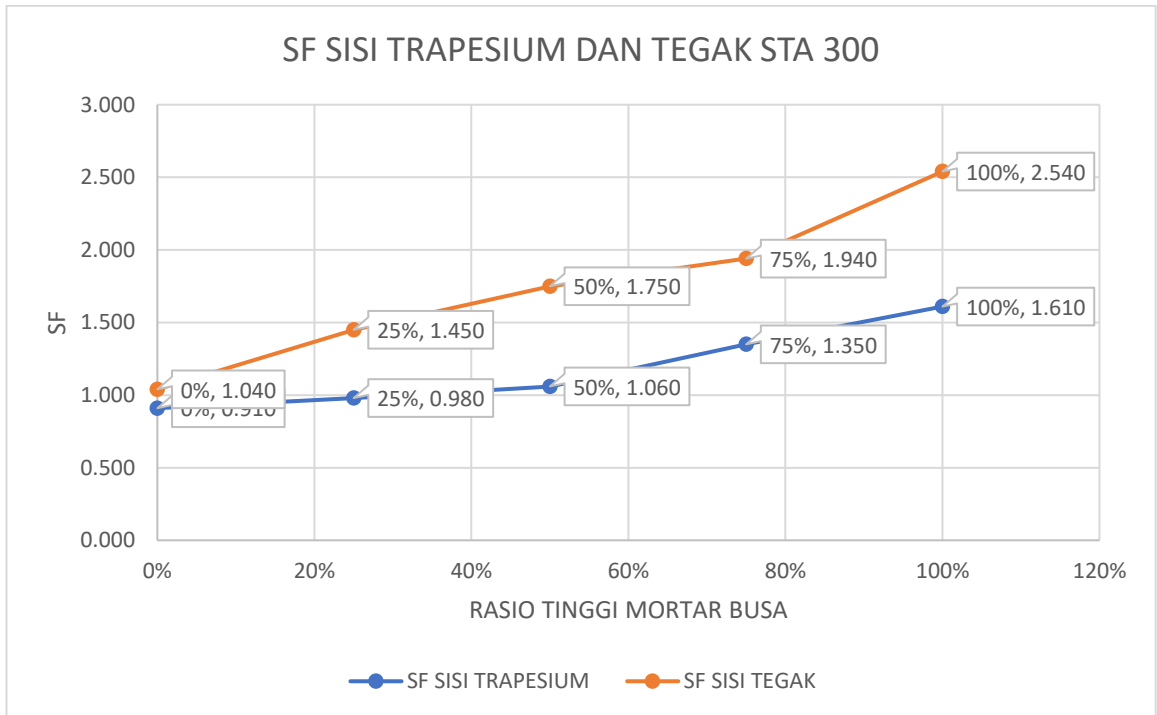


## Full Mortar Busa Sisi Tegak



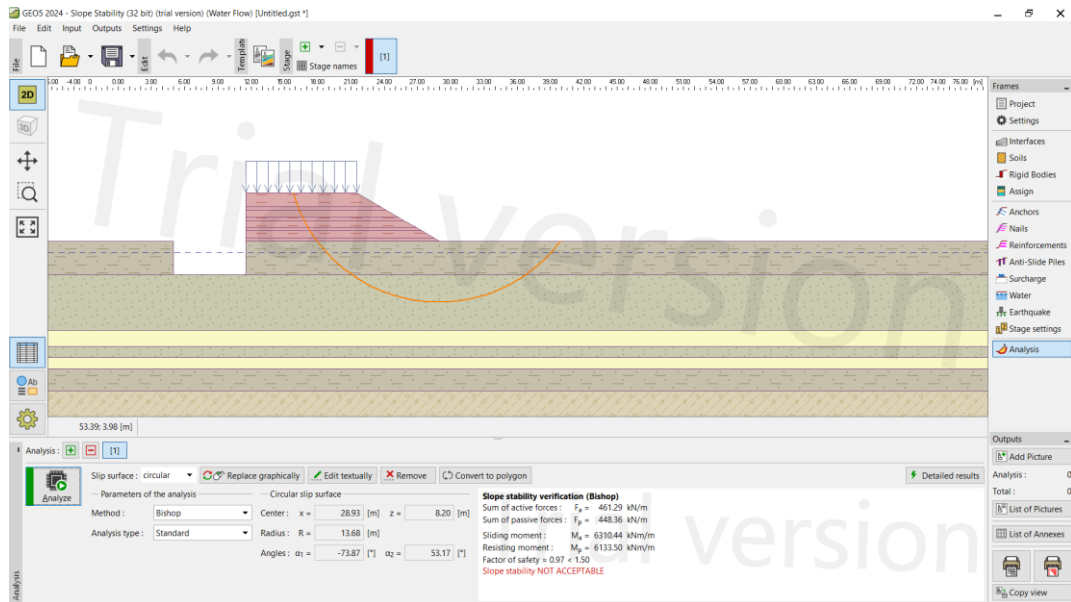
Tabel Rekap dan Grafik SF STA 300

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA | SF SISI TRAPESIUM | SF SISI TEGAK |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|---------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %                        | m                 | m             |
| 300 | 2.9             | 2.5                         | 2.5                   | 0                  | 0%                       | 0.910             | 1.040         |
|     |                 |                             | 1.875                 | 0.625              | 25%                      | 0.980             | 1.450         |
|     |                 |                             | 1.25                  | 1.25               | 50%                      | 1.060             | 1.750         |
|     |                 |                             | 0.625                 | 1.875              | 75%                      | 1.350             | 1.940         |
|     |                 |                             | 0                     | 2.5                | 100%                     | 1.610             | 2.540         |

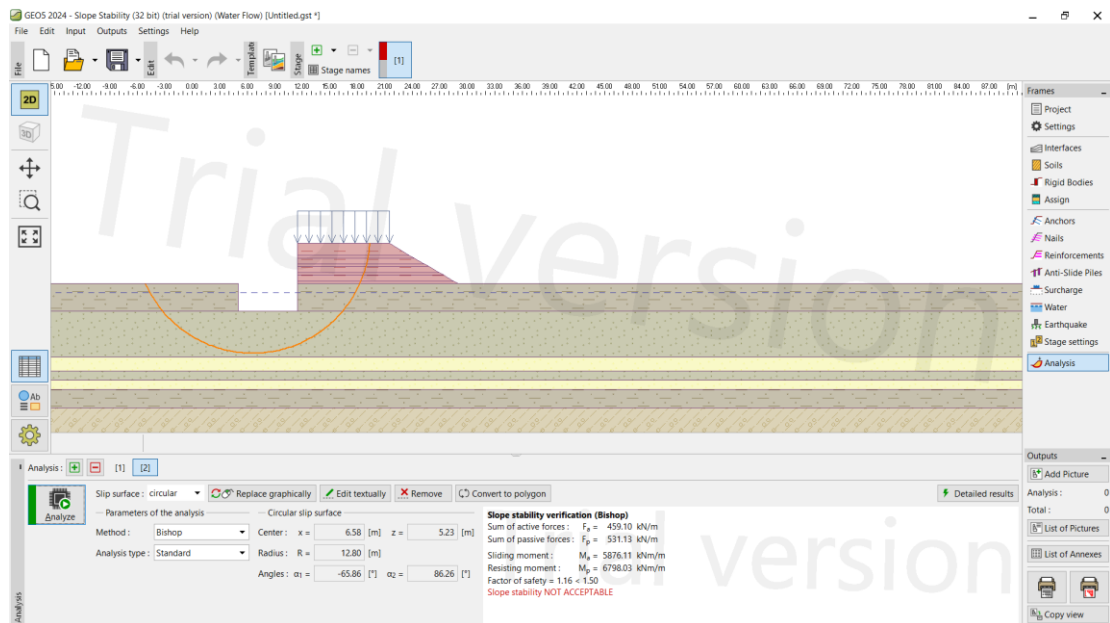


## Hasil Bantuan Geo5 STA 325

### Full Tanah Sisi Miring

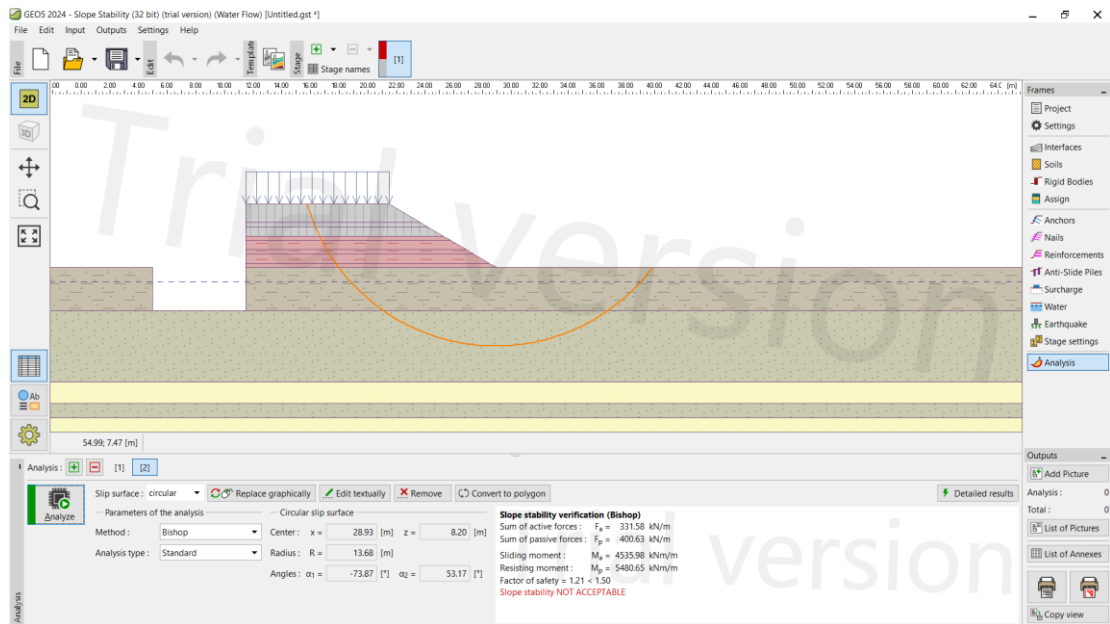


### Full Tanah Sisi Tegak

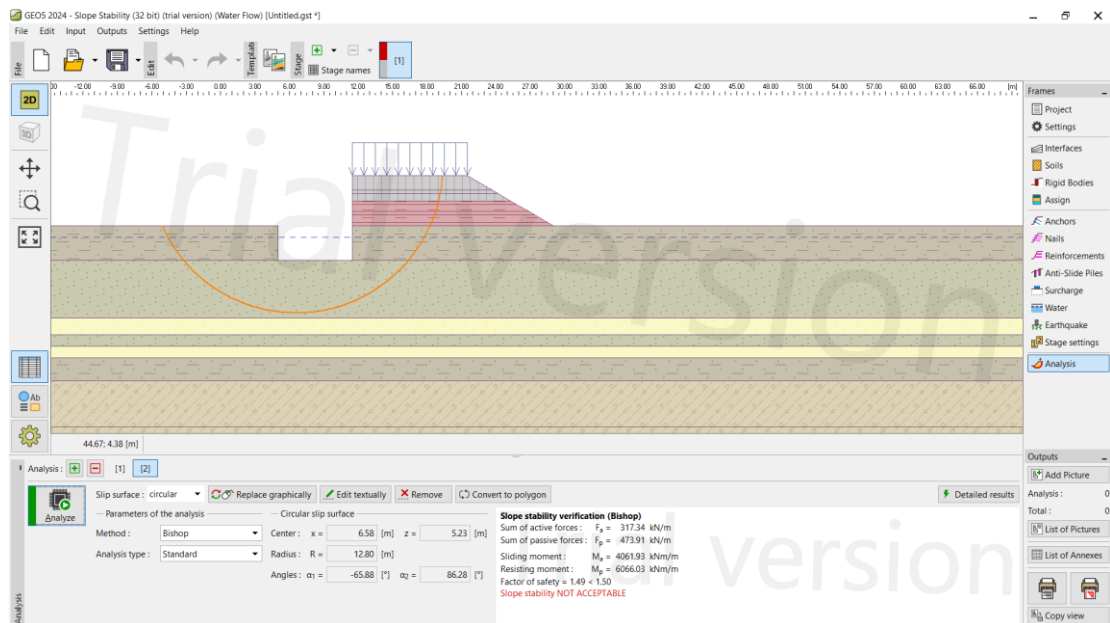




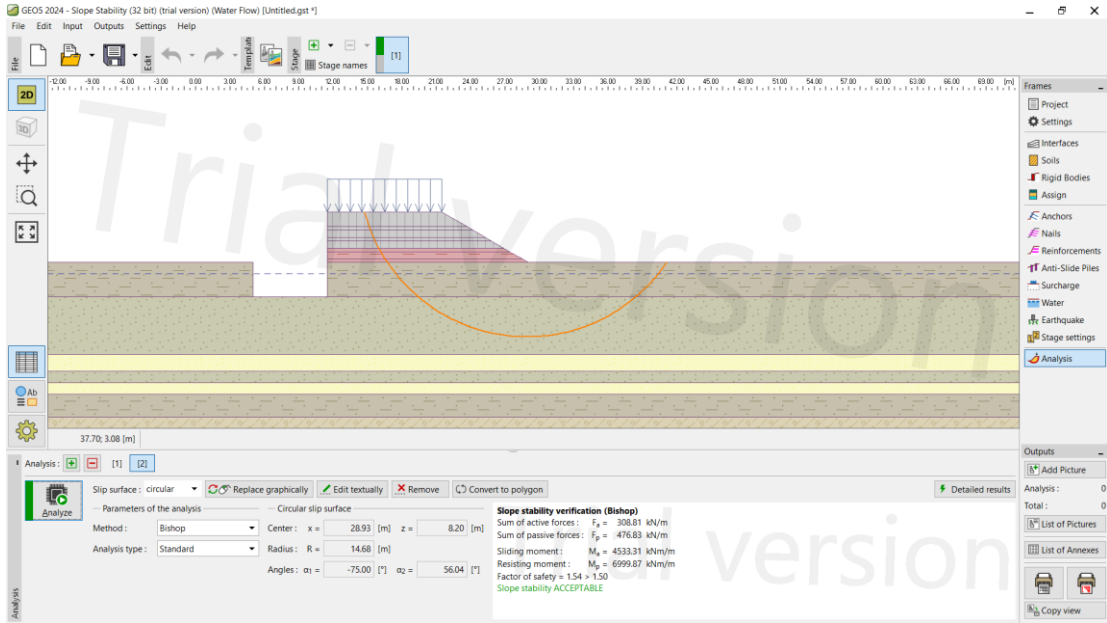
## 75% Tanah 25% Mortar Busa Sisi Miring



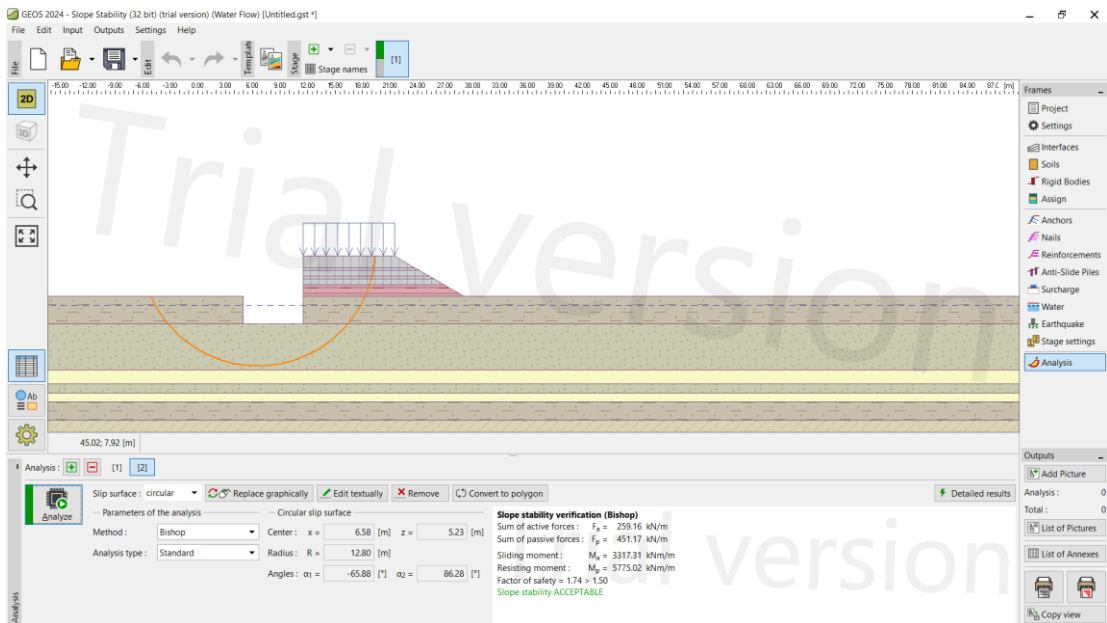
## 75% Tanah 25% Mortar Busa Sisi Tegak



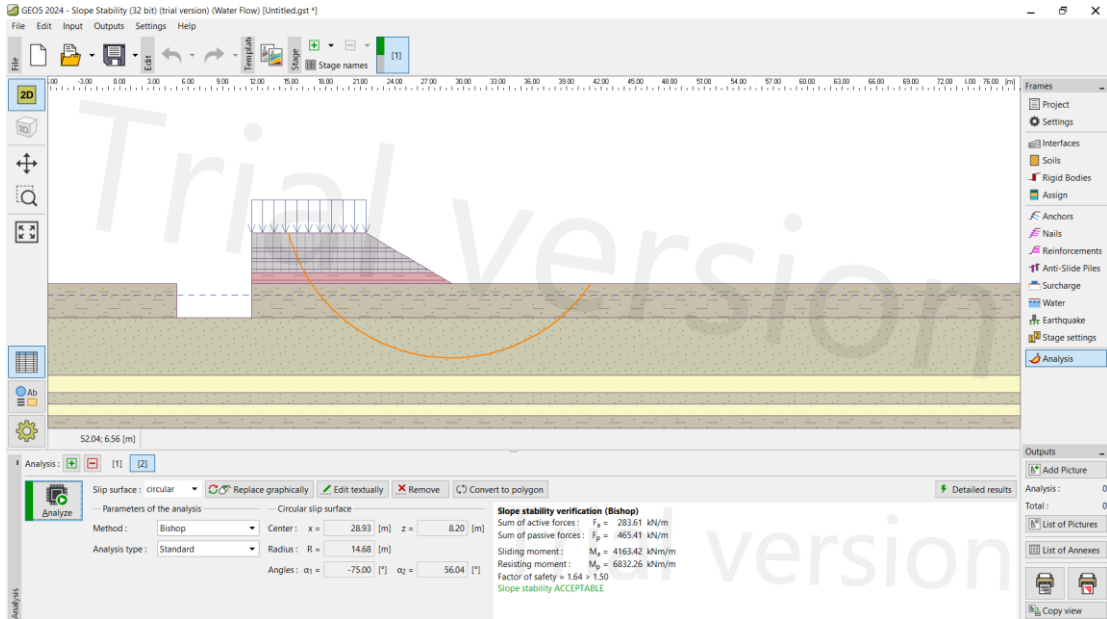
## 50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi Miring



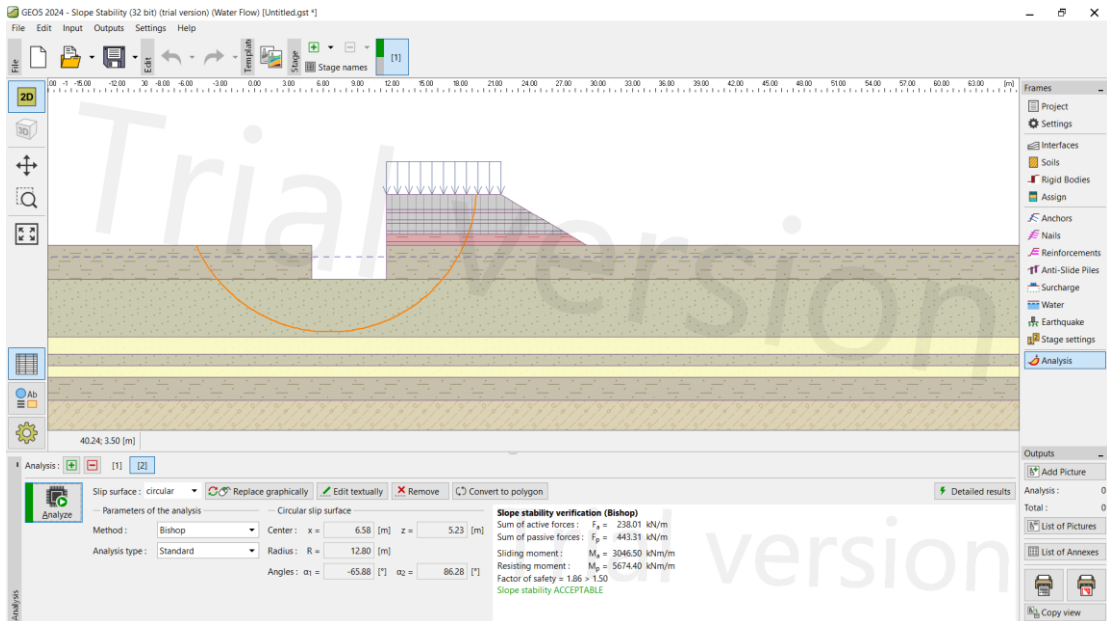
50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi tegak



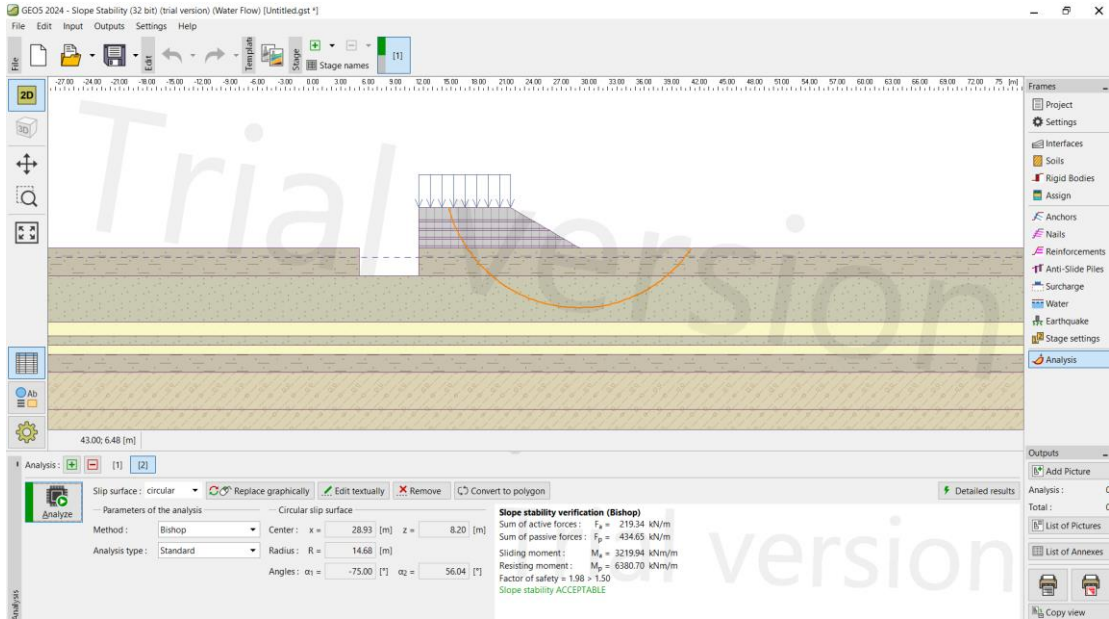
25% Tanah 75% Mortar Busa Sisi Miring



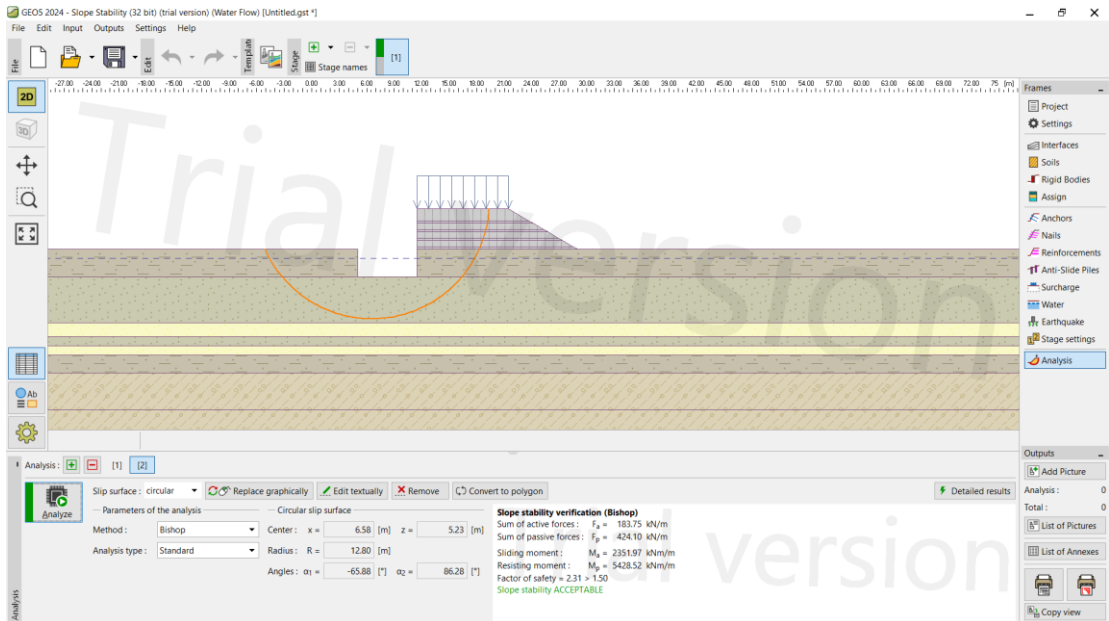
25% Tanah 75% Mortar Busa Sisi Tegak



Full Mortar Busa Sisi Miring

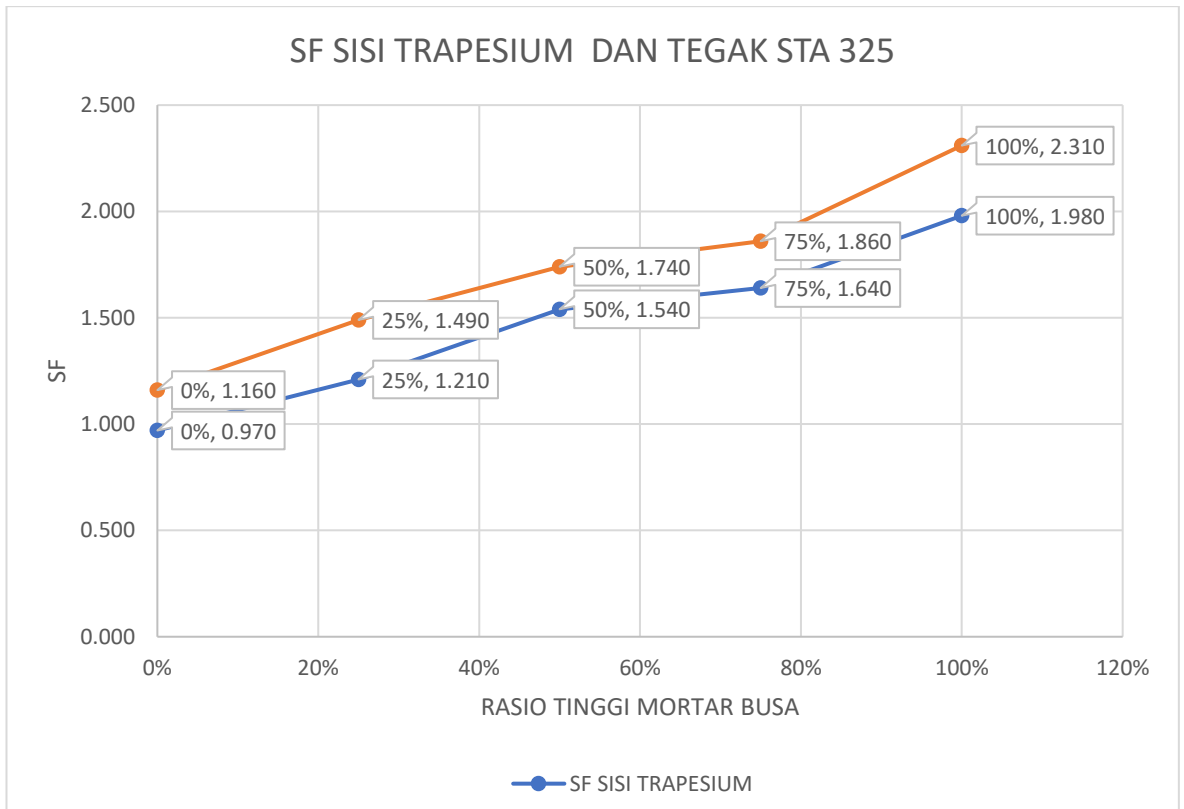


### Full Mortar Busa Sisi Tegak



### Tabel Rekap dan Grafik SF STA 325

| STA | TINGGI TIMBUNAN | TINGGI JALAN TANPA PAVEMENT | TINGGI TIMBUNAN TANAH | TINGGI MORTAR BUSA | RASIO TINGGI MORTAR BUSA | SF SISI TRAPESIUM | SF SISI TEGAK |
|-----|-----------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|-------------------|---------------|
|     | m               | m                           | m                     | m                  | %                        | m                 | m             |
| 325 | 4.15            | 3.75                        | 3.75                  | 0                  | 0%                       | 0.970             | 1.160         |
|     |                 |                             | 2.8125                | 0.9375             | 25%                      | 1.210             | 1.490         |
|     |                 |                             | 1.875                 | 1.875              | 50%                      | 1.540             | 1.740         |
|     |                 |                             | 0.9375                | 2.8125             | 75%                      | 1.640             | 1.860         |
|     |                 |                             | 0                     | 3.75               | 100%                     | 1.980             | 2.310         |



## Lampiran 7

### Perhitungan Kebutuhan Cerucuk STA 275

| STA 275 SISI TRAPESIUM FULL TANAH            |   |                            |  | STA 275 SISI TEGAK FULL TANAH                |   |                            |  |
|--|---|----------------------------|--|--|---|----------------------------|--|
| Hasil analisis stabilitas timbunan           |   |                            |  | Hasil analisis stabilitas timbunan           |   |                            |  |
| SF   | = | 1.09                       |  | SF   | = | 1.17                       |  |
| MR   | = | 3632                       | kN-m   | MR   | = | 2658                       | kN-m   |
| MD   | = | 3335                       | kN-m   | MD   | = | 2269.79                    | kN-m   |
| SF rencana                                   | = | 1.5                        |  | SF rencana                                   | = | 1.5                        |  |
| $\Delta$ MR                                  | = | 1370.5                     | kN-m   | $\Delta$ MR                                  | = | 746.685                    | kN-m   |
|  | = | 137050                     | kN-cm  |  | = | 74668.5                    | kN-cm  |
| Garis Longsor                                |   |                            |  | Garis Longsor                                |   |                            |  |
| Depth  | = | 5.78                       | m  | Depth  | = | 6.69                       | m  |
|  | = | 578                        | cm   |  | = | 669                        | cm   |
| Radius                                       | = | 13.63                      | m  | Radius                                       | = | 10.83                      | m  |
|  | = | 1363                       | cm   |  | = | 1083                       | cm   |
| Kekakuan Relatif                             |   |                            |  | Kekakuan Relatif                             |   |                            |  |
| Cu   | = | 25.00                      | kN/cm <sup>2</sup>                           | Cu   | = | 25.00                      | kN/cm <sup>2</sup>                           |
|  | = | 0.233                      | tsf  |  | = | 0.233                      | tsf  |
| Dr   | = |                            | %  | Dr   | = |                            | %  |
| f  | = | 2.7                        | ton/ft <sup>3</sup> ... <i>(dari grafik)</i> | f  | = | 2.7                        | ton/ft <sup>3</sup> ... <i>(dari grafik)</i> |
|  | = | 0.0864                     | kg/cm <sup>3</sup>                           |  | = | 0.0864                     | kg/cm <sup>3</sup>                           |
| T  | = | 238.20                     | cm   | T  | = | 238.20                     | cm   |
| Mencari Nilai FM                             |   |                            |  | Mencari Nilai FM                             |   |                            |  |
| L minipile                                   | = | Depth Kelongsoran + 150 cm |  | L minipile                                   | = | Depth Kelongsoran + 150 cm |  |
|  | = | 1054                       | cm   |  | = | 1145                       | cm   |
| L pakai                                      | = | 1200                       | cm   | L pakai                                      | = | 1200                       | cm   |
| L/T  | = | 5.04                       |  | L/T  | = | 5.04                       |  |
| FM   | = | 1                          | ... <i>(dari grafik)</i>                     | FM   | = | 1                          | ... <i>(dari grafik)</i>                     |
| Kekuatan Maksimum Satu Tiang                 |   |                            |  | Kekuatan Maksimum Satu Tiang                 |   |                            |  |
| P  | = | 4962                       | kg   | P  | = | 4962                       | kg   |
|  | = | 48.68                      | kN   |  | = | 48.68                      | kN   |
| Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan |   |                            |  | Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan |   |                            |  |
| R  | = | 1363                       | cm   | R  | = | 1083                       | cm   |
| n  | = | 2.07                       | buah/m'                                      | n  | = | 1.42                       | buah/m'                                      |
| n pakai                                      | = | 3                          | buah/m'                                      | n pakai                                      | = | 2                          | buah/m'                                      |

| STA 275 SISI TRAPESIUM 75% TANAH             |  | STA 275 SISI TEGAK 75% TANAH                 |  | STA 275 SISI MIRING 50% TANAH                |  |
|--|--|--|--|--|--|
| Hasil analisis stabilitas timbunan           |  | Hasil analisis stabilitas timbunan           |  | Hasil analisis stabilitas timbunan           |  |
| SF   | = 1.3                                  | SF   | = 1.44                                 | SF   | = 1.44                                 |
| MR   | = 3424 kN-m                            | MR   | = 2485 kN-m                            | MR   | = 3329 kN-m                            |
| MD   | = 2639 kN-m                            | MD   | = 1724 kN-m                            | MD   | = 2315 kN-m                            |
| SF rencana                                   | = 1.5                                  | SF rencana                                   | = 1.5                                  | SF rencana                                   | = 1.5                                  |
| ΔMR  | = 534.5 kN-m                           | ΔMR  | = 101 kN-m                             | ΔMR  | = 143.5 kN-m                           |
|  | = 53450 kN-cm                          |  | = 10100 kN-cm                          |  | = 14350 kN-cm                          |
| Garis Longsor                                |  | Garis Longsor                                |  | Garis Longsor                                |  |
| Depth  | = 5.78 m                               | Depth  | = 6.69 m                               | Depth  | = 5.78 m                               |
|  | = 578 cm                               |  | = 669 cm                               |  | = 578 cm                               |
| Radius                                       | = 13.63 m                              | Radius                                       | = 10.83 m                              | Radius                                       | = 13.63 m                              |
|  | = 1363 cm                              |  | = 1083 cm                              |  | = 1363 cm                              |
| Kekakuan Relatif                             |  | Kekakuan Relatif                             |  | Kekakuan Relatif                             |  |
| Cu   | = 25.00 kN/cm2                         | Cu   | = 25.00 kN/cm2                         | Cu   | = 25.00 kN/cm2                         |
|  | = 0.233 tsf                            |  | = 0.233 tsf                            |  | = 0.233 tsf                            |
| Dr   | = %                                    | Dr   | = %                                    | Dr   | = %                                    |
| f  | = 2.7 ton/ft3 ... <i>(dari grafik)</i> | f  | = 2.7 ton/ft3 ... <i>(dari grafik)</i> | f  | = 2.7 ton/ft3 ... <i>(dari grafik)</i> |
|  | = 0.0864 kg/cm3                        |  | = 0.0864 kg/cm3                        |  | = 0.0864 kg/cm3                        |
| T  | = 238.20 cm                            | T  | = 238.20 cm                            | T  | = 238.20 cm                            |
| Mencari Nilai FM                             |  | Mencari Nilai FM                             |  | Mencari Nilai FM                             |  |
| L minipile                                   | = Depth Kelongsoran + 150 cm           | L minipile                                   | = Depth Kelongsoran + 150 cm           | L minipile                                   | = Depth Kelongsoran + 150 cm           |
|  | = 1054 cm                              |  | = 1145 cm                              |  | = 1054 cm                              |
| L pakai                                      | = 1200 cm                              | L pakai                                      | = 1200 cm                              | L pakai                                      | = 1200 cm                              |
| L/T  | = 5.04                                 | L/T  | = 5.04                                 | L/T  | = 5.04                                 |
| FM   | = 1 ... <i>(dari grafik)</i>           | FM   | = 1 ... <i>(dari grafik)</i>           | FM   | = 1 ... <i>(dari grafik)</i>           |
| Kekuatan Maksimum Satu Tiang                 |  | Kekuatan Maksimum Satu Tiang                 |  | Kekuatan Maksimum Satu Tiang                 |  |
| P  | = 4962 kg                              | P  | = 4962 kg                              | P  | = 4962 kg                              |
|  | = 48.68 kN                             |  | = 48.68 kN                             |  | = 48.68 kN                             |
| Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan |  | Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan |  | Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan |  |
| R  | = 1363 cm                              | R  | = 1083 cm                              | R  | = 1363 cm                              |
| n  | = 0.81 buah/m'                         | n  | = 0.19 buah/m'                         | n  | = 0.22 buah/m'                         |
| n pakai                                      | = 1 buah/m'                            | n pakai                                      | = 1 buah/m'                            | n pakai                                      | = 1 buah/m'                            |

## Perhitungan Kebutuhan Cerucuk STA 300

| STA 300 SISI TRAPESIUM FULL TANAH                   | STA 300 SISI TEGAK FULL TANAH           | STA 300 SISI TRAPESIUM 25% MORTAR BUSA  |
|---|---|---|
| <b>Hasil analisis stabilitas timbunan</b>           |   |   |
| SF = 0.98   | SF = 1.04                               | SF = 0.94                               |
| MR = 2807 kN-m                                      | MR = 2899 kN-m                          | MR = 2572 kN-m                          |
| MD = 3720 kN-m                                      | MD = 2796 kN-m                          | MD = 2749 kN-m                          |
| <b>SF rencana</b>                                   |   |   |
| ΔMR = 2773 kN-m                                     | ΔMR = 1295 kN-m                         | ΔMR = 1551.5 kN-m                       |
| ΔMR = 277300 kN-cm                                  | ΔMR = 129500 kN-cm                      | ΔMR = 155150 kN-cm                      |
| <b>Garis Longsor</b>                                |   |   |
| Depth = 5.81 m                                      | Depth = 6.53 m                          | Depth = 5.81 m                          |
| = 581 cm  | = 653 cm                                | = 581 cm                                |
| Radius = 12.05 m                                    | Radius = 12.75 m                        | Radius = 12.05 m                        |
| = 1205 cm   | = 1275 cm                               | = 1205 cm                               |
| <b>Kekakuan Relatif</b>                             |   |   |
| Cu = 23.75 kN/cm2                                   | Cu = 23.75 kN/cm2                       | Cu = 23.75 kN/cm2                       |
| = 0.221 tsf   | = 0.221 tsf                             | = 0.221 tsf                             |
| <b>Dr</b>   |   |   |
| f = 2.5 ton/ft3 <i>...(dari grafik)</i>             | f = 2.5 ton/ft3 <i>...(dari grafik)</i> | f = 2.5 ton/ft3 <i>...(dari grafik)</i> |
| = 0.08 kg/cm3                                       | = 0.08 kg/cm3                           | = 0.08 kg/cm3                           |
| T = 241.90 cm                                       | T = 241.90 cm                           | T = 241.90 cm                           |
| <b>Mencari Nilai FM</b>                             |   |   |
| L minipile = Depth Kelongsoran + 150 cm             | L minipile = Depth Kelongsoran + 150 cm | L minipile = Depth Kelongsoran + 150 cm |
| = 1065 cm   | = 1137 cm                               | = 1065 cm                               |
| L pakai = 1200 cm                                   | L pakai = 1200 cm                       | L pakai = 1200 cm                       |
| L/T = 4.96  | L/T = 4.96                              | L/T = 4.96                              |
| FM = 1 <i>...(dari grafik)</i>                      | FM = 1 <i>...(dari grafik)</i>          | FM = 1 <i>...(dari grafik)</i>          |
| <b>Kekuatan Maksimum Satu Tiang</b>                 |   |   |
| P = 4886 kg   | P = 4886 kg                             | P = 4886 kg                             |
| = 47.93 kN  | = 47.93 kN                              | = 47.93 kN                              |
| <b>Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan</b> |   |   |
| R = 1205 cm   | R = 1275 cm                             | R = 1205 cm                             |
| n = 4.80 buah/m'                                    | n = 2.12 buah/m'                        | n = 2.69 buah/m'                        |
| n pakai = 5 buah/m'                                 | n pakai = 3 buah/m'                     | n pakai = 3 buah/m'                     |

| STA 300 SISI TEGAK 25% MORTAR BUSA                  | STA 300 SISI TRAPESIUM 50% MORTAR BUSA  | STA 300 SISI TRAPESIUM 75% MORTAR BUSA  |
|---|---|---|
| <b>Hasil analisis stabilitas timbunan</b>           |   |   |
| SF = 1.45   | SF = 1.06                               | SF = 1.35                               |
| MR = 2670 kN-m                                      | MR = 2470 kN-m                          | MR = 3552 kN-m                          |
| MD = 1844 kN-m                                      | MD = 2322 kN-m                          | MD = 2638 kN-m                          |
| <b>SF rencana</b>                                   |   |   |
| ΔMR = 96 kN-m                                       | ΔMR = 1013 kN-m                         | ΔMR = 405 kN-m                          |
| ΔMR = 9600 kN-cm                                    | ΔMR = 101300 kN-cm                      | ΔMR = 40500 kN-cm                       |
| <b>Garis Longsor</b>                                |   |   |
| Depth = 6.53 m                                      | Depth = 5.81 m                          | Depth = 6.81 m                          |
| = 653 cm  | = 581 cm                                | = 681 cm                                |
| Radius = 12.75 m                                    | Radius = 12.05 m                        | Radius = 13.05 m                        |
| = 1275 cm   | = 1205 cm                               | = 1305 cm                               |
| <b>Kekakuan Relatif</b>                             |   |   |
| Cu = 23.75 kN/cm2                                   | Cu = 23.75 kN/cm2                       | Cu = 23.75 kN/cm2                       |
| = 0.221 tsf   | = 0.221 tsf                             | = 0.221 tsf                             |
| <b>Dr</b>   |   |   |
| f = 2.5 ton/ft3 <i>...(dari grafik)</i>             | f = 2.5 ton/ft3 <i>...(dari grafik)</i> | f = 2.5 ton/ft3 <i>...(dari grafik)</i> |
| = 0.08 kg/cm3                                       | = 0.08 kg/cm3                           | = 0.08 kg/cm3                           |
| T = 241.90 cm                                       | T = 241.90 cm                           | T = 241.90 cm                           |
| <b>Mencari Nilai FM</b>                             |   |   |
| L minipile = Depth Kelongsoran + 150 cm             | L minipile = Depth Kelongsoran + 150 cm | L minipile = Depth Kelongsoran + 150 cm |
| = 1137 cm   | = 1065 cm                               | = 1165 cm                               |
| L pakai = 1200 cm                                   | L pakai = 1200 cm                       | L pakai = 1200 cm                       |
| L/T = 4.96  | L/T = 4.96                              | L/T = 4.96                              |
| FM = 1 <i>...(dari grafik)</i>                      | FM = 1 <i>...(dari grafik)</i>          | FM = 1 <i>...(dari grafik)</i>          |
| <b>Kekuatan Maksimum Satu Tiang</b>                 |   |   |
| P = 4886 kg   | P = 4886 kg                             | P = 4886 kg                             |
| = 47.93 kN  | = 47.93 kN                              | = 47.93 kN                              |
| <b>Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan</b> |   |   |
| R = 1275 cm   | R = 1205 cm                             | R = 1305 cm                             |
| n = 0.16 buah/m'                                    | n = 1.75 buah/m'                        | n = 0.65 buah/m'                        |
| n pakai = 1 buah/m'                                 | n pakai = 2 buah/m'                     | n pakai = 1 buah/m'                     |



## Perhitungan Kebutuhan Cerucuk STA 325

| STA 325 SISI TRAPESIUM FULL TANAH            |   |  | STA 325 SISI TEGAK FULL TANAH                |   |  |
|--|---|--|--|---|--|
| Hasil analisis stabilitas timbunan           |   |  | Hasil analisis stabilitas timbunan           |   |  |
| SF   | = | 0.97   | SF   | = | 1.16   |
| MR   | = | 6134 kN-m  | MR   | = | 6799 kN-m  |
| MD   | = | 6311 kN-m  | MD   | = | 5877 kN-m  |
| SF rencana                                   | = | 1.5  | SF rencana                                   | = | 1.5  |
| ΔMR  | = | 3332.5 kN-m                                      | ΔMR  | = | 2016.5 kN-m                                      |
|  | = | 333250 kN-cm                                     |  | = | 201650 kN-cm                                     |
| Garis Longsor                                |   |  | Garis Longsor                                |   |  |
| Depth  | = | 5.48 m   | Depth  | = | 7.57 m   |
|  | = | 548 cm   |  | = | 757 cm   |
| Radius                                       | = | 13.68 m  | Radius                                       | = | 12.8 m   |
|  | = | 1368 cm  |  | = | 1280 cm  |
| Kekakuan Relatif                             |   |  | Kekakuan Relatif                             |   |  |
| Cu   | = | 21.15 kN/cm <sup>2</sup>                         | Cu   | = | 21.15 kN/cm <sup>2</sup>                         |
|  | = | 0.205 tsf  |  | = | 0.197 tsf  |
| Dr   | = | %  | Dr   | = | %  |
| f  | = | 2.7 ton/ft <sup>3</sup> ... <i>(dari grafik)</i> | f  | = | 2.7 ton/ft <sup>3</sup> ... <i>(dari grafik)</i> |
|  | = | 0.0864 kg/cm <sup>3</sup>                        |  | = | 0.0864 kg/cm <sup>3</sup>                        |
| T  | = | 238.20 cm  | T  | = | 238.20 cm  |
| Mencari Nilai FM                             |   |  | Mencari Nilai FM                             |   |  |
| L minipile                                   | = | Depth Kelongsoran + 150 cm                       | L minipile                                   | = | Depth Kelongsoran + 150 cm                       |
|  | = | 1024 cm  |  | = | 1233 cm  |
| L pakai                                      | = | 1200 cm  | L pakai                                      | = | 1400 cm  |
| L/T  | = | 5.04   | L/T  | = | 5.88   |
| FM   | = | 1 ... <i>(dari grafik)</i>                       | FM   | = | 1 ... <i>(dari grafik)</i>                       |
| Kekuatan Maksimum Satu Tiang                 |   |  | Kekuatan Maksimum Satu Tiang                 |   |  |
| P  | = | 4962 kg  | P  | = | 4962 kg  |
|  | = | 48.68 kN   |  | = | 48.68 kN   |
| Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan |   |  | Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan |   |  |
| R  | = | 1368 cm  | R  | = | 1280 cm  |
| n  | = | 5.00 buah/m'                                     | n  | = | 3.24 buah/m'                                     |
| n pakai                                      | = | 6 buah/m'  | n pakai                                      | = | 4 buah/m'  |

**STA 325 SISI TRAPESIUM 25% MORTAR**

Hasil analisis stabilitas timbunan

|    |   |           |
|----|---|-----------|
| SF | = | 1.21      |
| MR | = | 5481 kN-m |
| MD | = | 4536 kN-m |

|           |   |              |
|-----------|---|--------------|
| SF rencar | = | 1.5          |
| ΔMR       | = | 1323 kN-m    |
|           | = | 132300 kN-cm |

Garis Longsor

|        |   |         |
|--------|---|---------|
| Depth  | = | 5.48 m  |
|        | = | 548 cm  |
| Radius | = | 13.68 m |
|        | = | 1368 cm |

Kekakuan Relatif

|    |   |                          |
|----|---|--------------------------|
| Cu | = | 21.15 kN/cm <sup>2</sup> |
|    | = | 0.197 tsf                |

|    |   |  |
|----|---|--|
| Dr | = | %  |
| f  | = | 2.5 ton/ft <sup>3</sup> ... <i>(dari grafik)</i> |
|    | = | 0.08 kg/cm <sup>3</sup>                          |
| T  | = | 241.90 cm  |

Mencari Nilai FM

|            |   |                            |
|------------|---|----------------------------|
| L minipile | = | Depth Kelongsoran + 150 cm |
|            | = | 1032 cm                    |
| L pakai    | = | 1200 cm                    |
| L/T        | = | 4.96                       |
| FM         | = | 1 ... <i>(dari grafik)</i> |

Kekuatan Maksimum Satu Tiang

|   |   |          |
|---|---|----------|
| P | = | 4886 kg  |
|   | = | 47.93 kN |

Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan

|         |   |              |
|---------|---|--------------|
| R       | = | 1368 cm      |
| n       | = | 2.02 buah/m' |
| n pakai | = | 3 buah/m'    |

**STA 325 SISI TEGAK 25% MORTAR**

Hasil analisis stabilitas timbunan

|    |   |           |
|----|---|-----------|
| SF | = | 1.49      |
| MR | = | 6067 kN-m |
| MD | = | 4062 kN-m |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| SF rencar | = | 1.5        |
| ΔMR       | = | 26 kN-m    |
|           | = | 2600 kN-cm |

Garis Longsor

|        |   |         |
|--------|---|---------|
| Depth  | = | 7.57 m  |
|        | = | 757 cm  |
| Radius | = | 12.8 m  |
|        | = | 1280 cm |

Kekakuan Relatif

|    |   |                          |
|----|---|--------------------------|
| Cu | = | 21.15 kN/cm <sup>2</sup> |
|    | = | 0.197 tsf                |

|    |   |  |
|----|---|--|
| Dr | = | %  |
| f  | = | 2.5 ton/ft <sup>3</sup> ... <i>(dari grafik)</i> |
|    | = | 0.08 kg/cm <sup>3</sup>                          |
| T  | = | 241.90 cm  |

Mencari Nilai FM

|            |   |                            |
|------------|---|----------------------------|
| L minipile | = | Depth Kelongsoran + 150 cm |
|            | = | 1241 cm                    |
| L pakai    | = | 1400 cm                    |
| L/T        | = | 5.79                       |
| FM         | = | 1 ... <i>(dari grafik)</i> |

Kekuatan Maksimum Satu Tiang

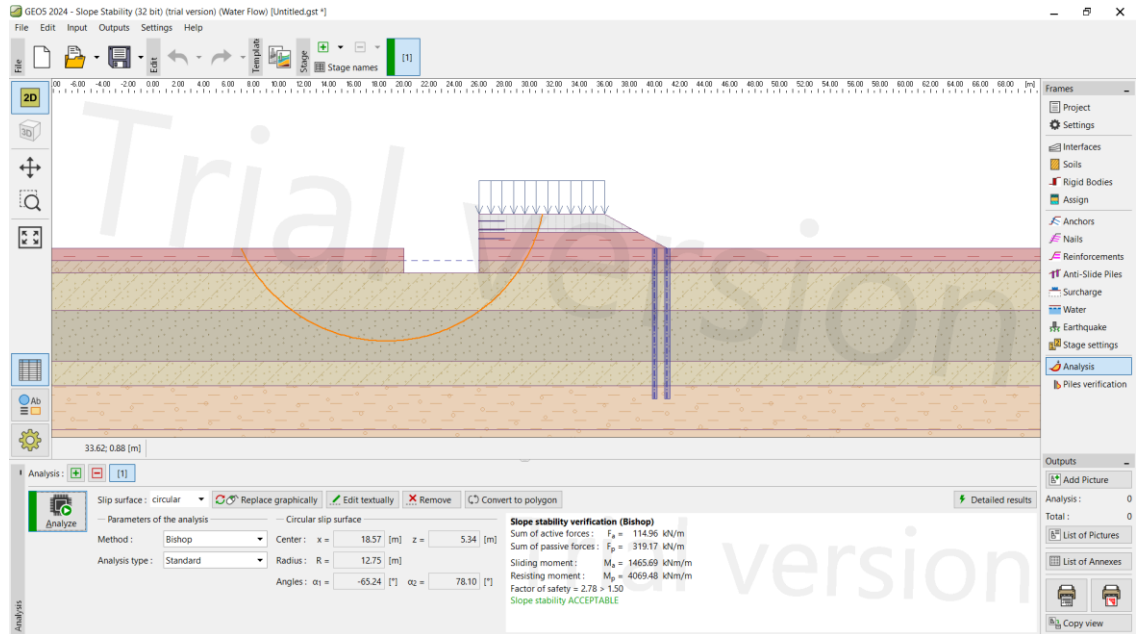
|   |   |          |
|---|---|----------|
| P | = | 4886 kg  |
|   | = | 47.93 kN |

Kebutuhan Mini Pile per 1 m Panjang Timbunan

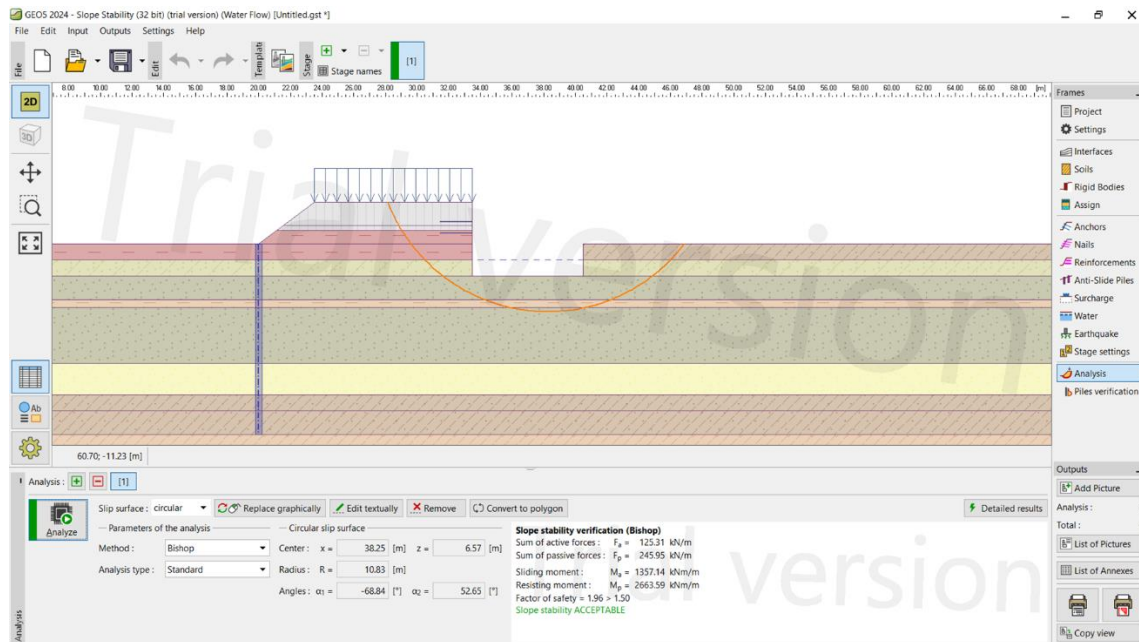
|         |   |              |
|---------|---|--------------|
| R       | = | 1280 cm      |
| n       | = | 0.04 buah/m' |
| n pakai | = | 1 buah/m'    |

## Lampiran 8

### Overall Stability GSRW STA 300



### Overall Stability GSRW STA 325



## Lampiran 9

### Volume dan Biaya Setiap Kombinasi Timbunan beserta Perkuatan STA 275

#### Full Tanah

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL      | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|----------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |          |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 404.6875 | m3     | Rp276,501.00   | Rp111,896,498.44        |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 293.75   | m3     | Rp276,501.00   | Rp81,222,168.75         |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |          |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 900      | m      | Rp155,000.00   | Rp139,500,000.00        |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 600      | m      | Rp155,000.00   | Rp93,000,000.00         |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |          |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 1.75     | m      | Rp1,900,000.00 | Rp3,325,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |          |        |                | <b>Rp428,943,667.19</b> |

#### 75% Tanah 25% Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL     | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|---------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |         |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 303.516 | m3     | Rp276,501.00   | Rp83,922,373.83         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 293.75  | m3     | Rp276,501.00   | Rp81,222,168.75         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |         |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 101.172 | m3     | Rp800,000.00   | Rp80,937,500.00         |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |         |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 300     | m      | Rp155,000.00   | Rp46,500,000.00         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 300     | m      | Rp155,000.00   | Rp46,500,000.00         |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |         |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 1.75    | m      | Rp1,900,000.00 | Rp3,325,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |         |        |                | <b>Rp342,407,042.58</b> |

#### 50% Tanah 25% Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL       | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-----------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |           |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 202.34375 | m3     | Rp276,501.00   | Rp55,948,249.22         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 293.75    | m3     | Rp276,501.00   | Rp81,222,168.75         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |           |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 202.34375 | m3     | Rp800,000.00   | Rp161,875,000.00        |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |           |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring ( 1 Buah)         | 300       | m      | Rp155,000.00   | Rp46,500,000.00         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |           |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 1.75      | m      | Rp1,900,000.00 | Rp3,325,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |           |        |                | <b>Rp348,870,417.97</b> |

25% Tanah 75% Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL       | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-----------|--------|----------------|-------------------------|
| 1                  | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |           |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 101.17188 | m3     | Rp276,501.00   | Rp27,974,124.61         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 293.75    | m3     | Rp276,501.00   | Rp81,222,168.75         |
| 2                  | <b>Material Mortar Busa</b>                 |           |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 303.51563 | m3     | Rp800,000.00   | Rp242,812,500.00        |
| 2                  | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |           |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| 3                  | <b>GSRW</b>                                 |           |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 1.75      | m      | Rp1,900,000.00 | Rp3,325,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |           |        |                | <b>Rp355,333,793.36</b> |

Full Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL     | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|---------|--------|----------------|-------------------------|
| 1                  | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |         |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 0       | m3     | Rp276,501.00   | Rp0.00                  |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 293.75  | m3     | Rp276,501.00   | Rp81,222,168.75         |
| 2                  | <b>Material Mortar Busa</b>                 |         |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 404.688 | m3     | Rp800,000.00   | Rp323,750,000.00        |
| 2                  | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |         |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 0       | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0       | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| 3                  | <b>GSRW</b>                                 |         |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 1.75    | m      | Rp1,900,000.00 | Rp3,325,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |         |        |                | <b>Rp408,297,168.75</b> |

**Volume dan Biaya Setiap Kombinasi Timbunan beserta Perkuatan STA 300**

Full Tanah

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL   | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-------|--------|----------------|-------------------------|
| 1                  | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |       |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 625   | m3     | Rp276,501.00   | Rp172,813,125.00        |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 312.5 | m3     | Rp276,501.00   | Rp86,406,562.50         |
| 2                  | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |       |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 1500  | m      | Rp155,000.00   | Rp232,500,000.00        |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 900   | m      | Rp155,000.00   | Rp139,500,000.00        |
| 3                  | <b>GSRW</b>                                 |       |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 2.5   | m      | Rp1,900,000.00 | Rp4,750,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |       |        |                | <b>Rp635,969,687.50</b> |

75% Tanah 25% Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL    | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|--------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |        |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 468.75 | m3     | Rp276,501.00   | Rp129,609,843.75        |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 312.5  | m3     | Rp276,501.00   | Rp86,406,562.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |        |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 156.25 | m3     | Rp800,000.00   | Rp125,000,000.00        |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |        |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 900    | m      | Rp155,000.00   | Rp139,500,000.00        |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 300    | m      | Rp155,000.00   | Rp46,500,000.00         |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |        |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 2.5    | m      | Rp1,900,000.00 | Rp4,750,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |        |        |                | <b>Rp531,766,406.25</b> |

50% Tanah 50% Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL   | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |       |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 312.5 | m3     | Rp276,501.00   | Rp86,406,562.50         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 312.5 | m3     | Rp276,501.00   | Rp86,406,562.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |       |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 312.5 | m3     | Rp800,000.00   | Rp250,000,000.00        |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |       |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring ( 2 Buah)         | 600   | m      | Rp155,000.00   | Rp93,000,000.00         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0     | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |       |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 2.5   | m      | Rp1,900,000.00 | Rp4,750,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |       |        |                | <b>Rp520,563,125.00</b> |

25% Tanah 75% Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL    | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|--------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |        |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 156.25 | m3     | Rp276,501.00   | Rp43,203,281.25         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 312.5  | m3     | Rp276,501.00   | Rp86,406,562.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |        |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 468.75 | m3     | Rp800,000.00   | Rp375,000,000.00        |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |        |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 300    | m      | Rp155,000.00   | Rp46,500,000.00         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0      | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |        |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 2.5    | m      | Rp1,900,000.00 | Rp4,750,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |        |        |                | <b>Rp555,859,843.75</b> |

## Full Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL   | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |       |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 0     | m3     | Rp276,501.00   | Rp0.00                  |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 312.5 | m3     | Rp276,501.00   | Rp86,406,562.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |       |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 625   | m3     | Rp800,000.00   | Rp500,000,000.00        |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |       |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 0     | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0     | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |       |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 2.5   | m      | Rp1,900,000.00 | Rp4,750,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |       |        |                | <b>Rp591,156,562.50</b> |

## Volume dan Biaya Setiap Kombinasi Timbunan beserta Perkuatan STA 325

### Full Tanah

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL      | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|----------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |          |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 210.9375 | m3     | Rp276,501.00   | Rp58,324,429.69         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 337.5    | m3     | Rp276,501.00   | Rp93,319,087.50         |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |          |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 720      | m      | Rp155,000.00   | Rp111,600,000.00        |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 560      | m      | Rp155,000.00   | Rp86,800,000.00         |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |          |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 3.75     | m      | Rp1,900,000.00 | Rp7,125,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |          |        |                | <b>Rp357,168,517.19</b> |

### 75% Tanah 25% Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL     | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|---------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |         |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 158.203 | m3     | Rp276,501.00   | Rp43,743,322.27         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 337.5   | m3     | Rp276,501.00   | Rp93,319,087.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |         |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 52.7344 | m3     | Rp800,000.00   | Rp42,187,500.00         |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |         |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 360     | m      | Rp155,000.00   | Rp55,800,000.00         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 140     | m      | Rp155,000.00   | Rp21,700,000.00         |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |         |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 3.75    | m      | Rp1,900,000.00 | Rp7,125,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |         |        |                | <b>Rp263,874,909.77</b> |

50% Tanah 50% Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL       | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-----------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |           |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 105.46875 | m3     | Rp276,501.00   | Rp29,162,214.84         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 337.5     | m3     | Rp276,501.00   | Rp93,319,087.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |           |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 105.46875 | m3     | Rp800,000.00   | Rp84,375,000.00         |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |           |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |           |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 3.75      | m      | Rp1,900,000.00 | Rp7,125,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |           |        |                | <b>Rp213,981,302.34</b> |

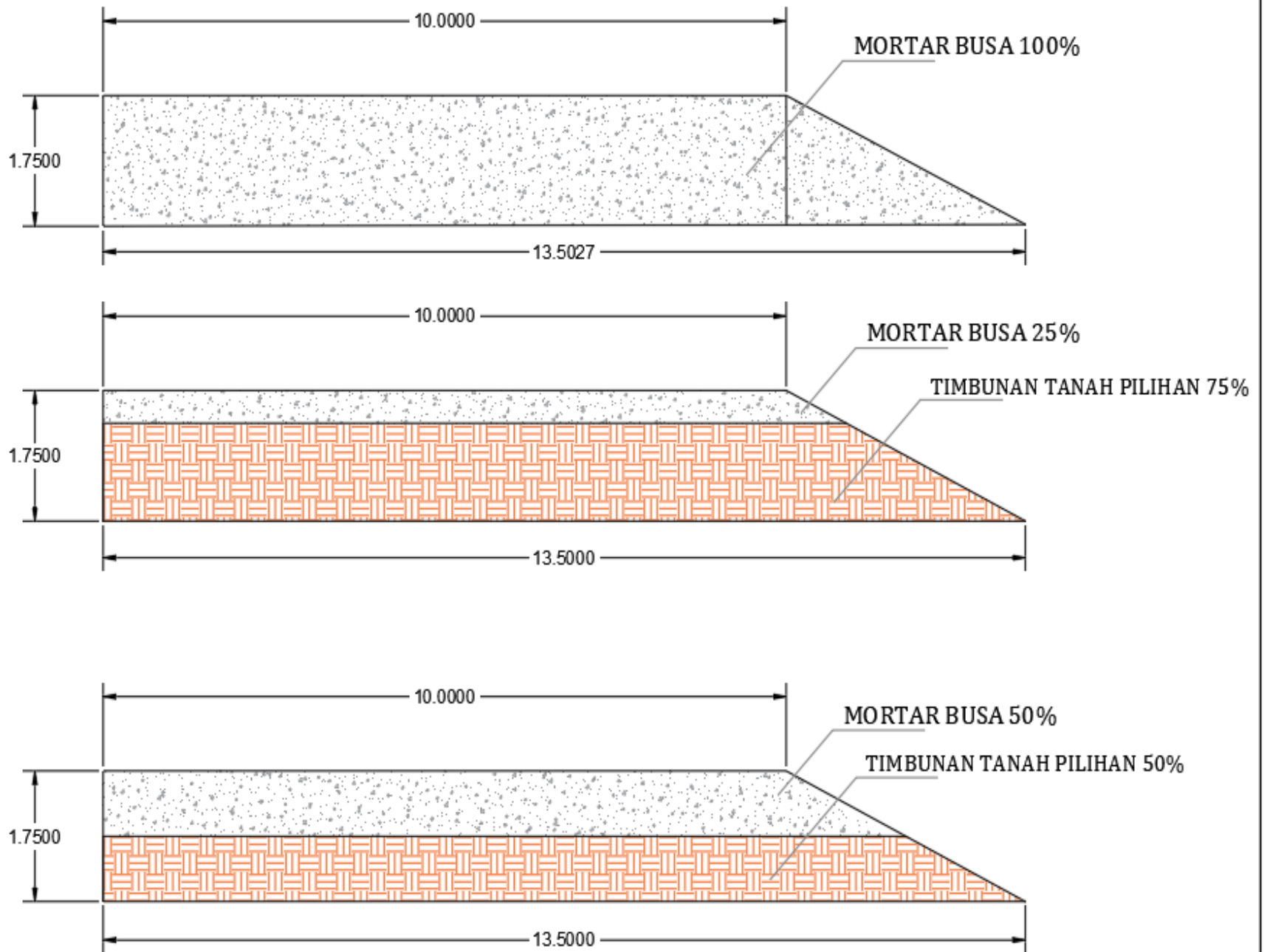
25% Tanah 75% Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL       | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|-----------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |           |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 52.734375 | m3     | Rp276,501.00   | Rp14,581,107.42         |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 337.5     | m3     | Rp276,501.00   | Rp93,319,087.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |           |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 158.20313 | m3     | Rp800,000.00   | Rp126,562,500.00        |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |           |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0         | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |           |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 3.75      | m      | Rp1,900,000.00 | Rp7,125,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |           |        |                | <b>Rp241,587,694.92</b> |

Full Mortar Busa

| NO                 | ITEM PEKERJAAN                              | VOL     | SATUAN | HARGA SATUAN   | TOTAL HARGA             |
|--------------------|---|---------|--------|----------------|-------------------------|
| <b>1</b>           | <b>Material Tanah Timbunan</b>              |         |        |                |                         |
|                    | Material Timbunan Pilihan                   | 0       | m3     | Rp276,501.00   | Rp0.00                  |
|                    | Material Pengganti Tanah Dasar Setinggi 1 m | 337.5   | m3     | Rp276,501.00   | Rp93,319,087.50         |
| <b>2</b>           | <b>Material Mortar Busa</b>                 |         |        |                |                         |
|                    | Mortar Busa                                 | 210.938 | m3     | Rp800,000.00   | Rp168,750,000.00        |
| <b>2</b>           | <b>Perkuatan Cerucuk</b>                    |         |        |                |                         |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi miring                   | 0       | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
|                    | Cerucuk 40x40 sisi tegak                    | 0       | m      | Rp155,000.00   | Rp0.00                  |
| <b>3</b>           | <b>GSRW</b>                                 |         |        |                |                         |
|                    | GSRW Tipe 1                                 | 3.75    | m      | Rp1,900,000.00 | Rp7,125,000.00          |
| <b>TOTAL HARGA</b> |   |         |        |                | <b>Rp269,194,087.50</b> |





DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

TUGAS AKHIR  
 (CS-234801)

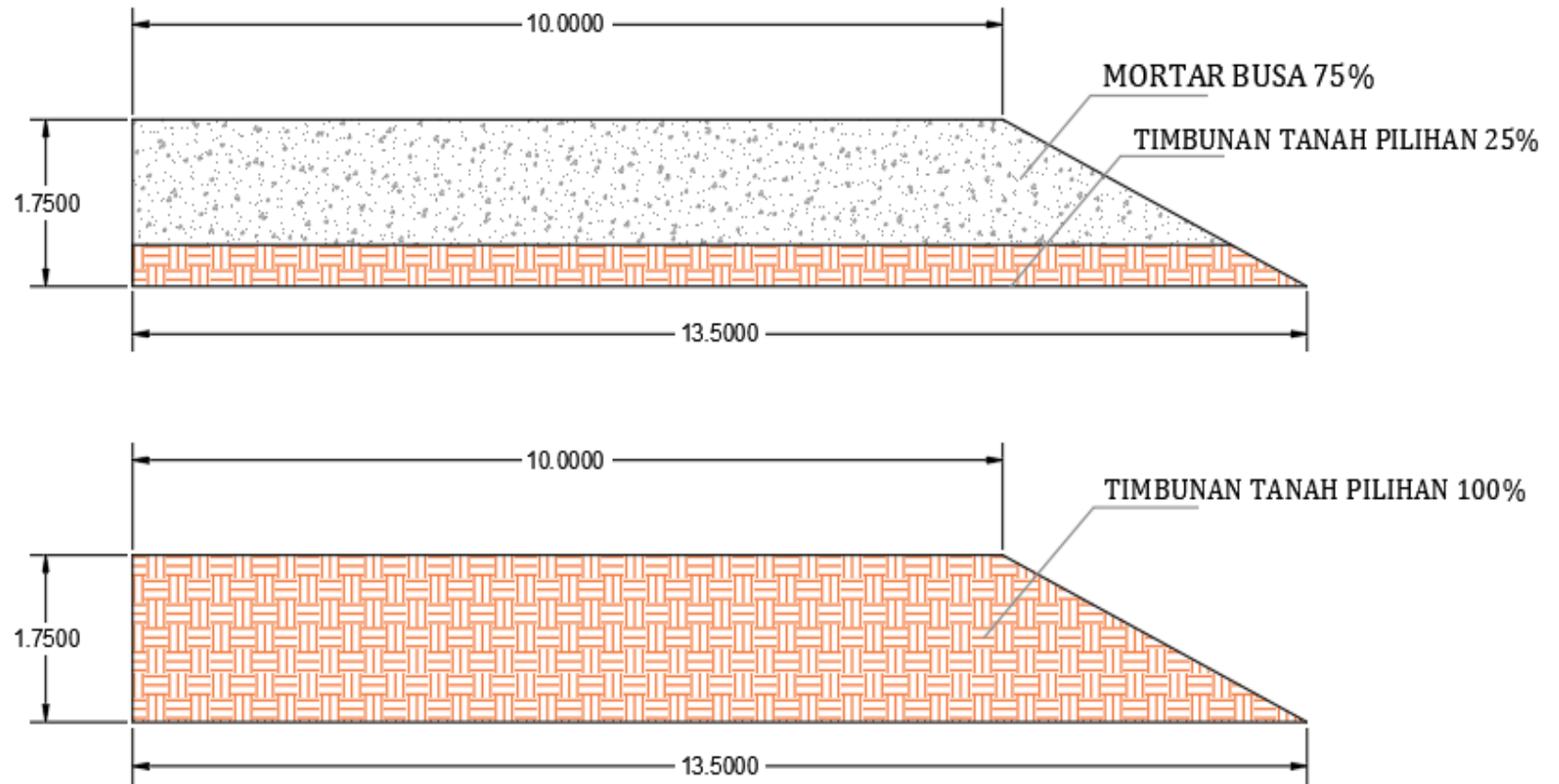
Nama Gambar  
 Sketsa Kombinasi Mortar Busa Pada STA 275

NO. LEMBAR  
 1

JUMLAH LEMBAR  
 26

DOSEN PEMBIMBING  
 Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.  
 Ir. Suwarno, M.Eng

NAMA DAN NRP  
 Muhammad Zaky Raihan  
 (5012201056)



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

TUGAS AKHIR  
 (CS-234801)

Nama Gambar  
 Sketsa Kombinasi Mortar Buis Pada STA 275

NO. LEMBAR

2

JUMLAH LEMBAR

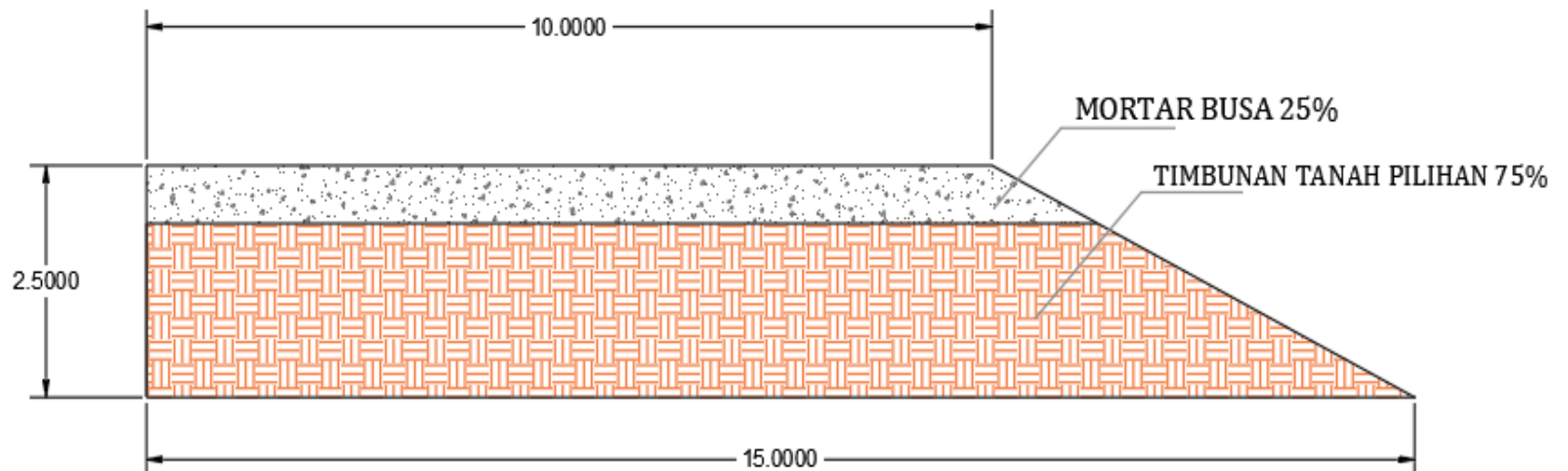
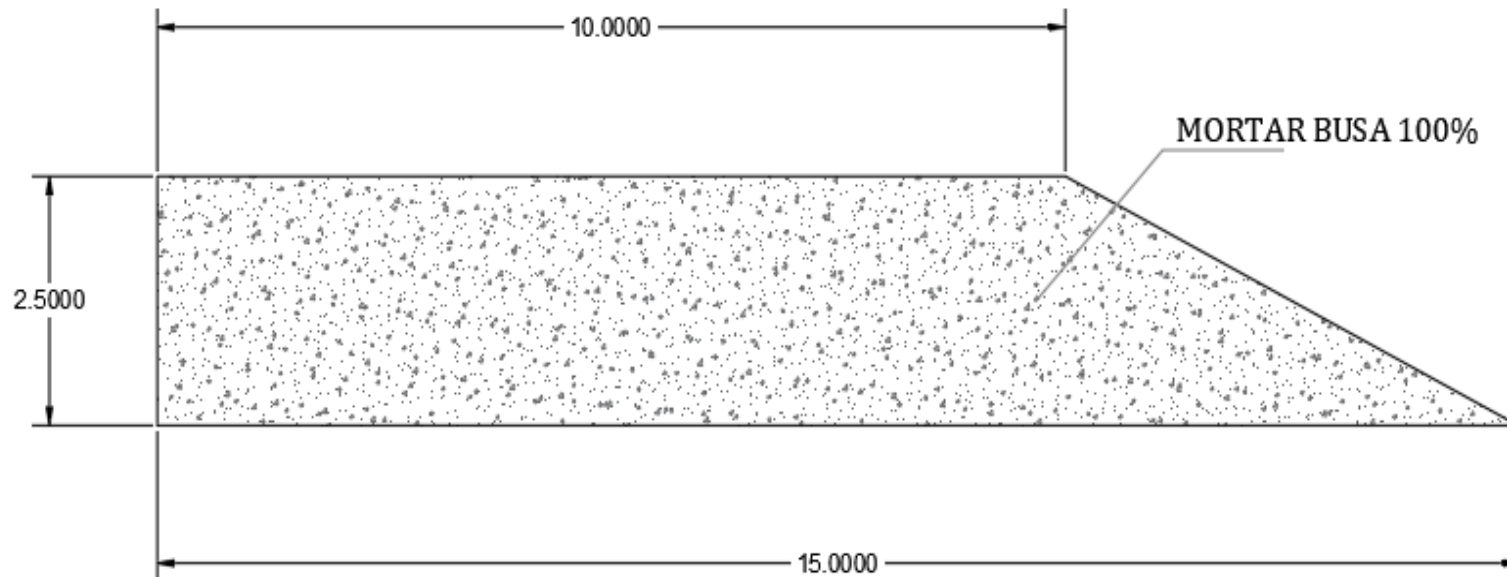
26

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.  
 Ir. Suwarno, M.Eng

NAMA DAN NRP

Muhammad Zaky Rahan  
 (5012201055)



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

TUGAS AKHIR  
 (CS-234801)

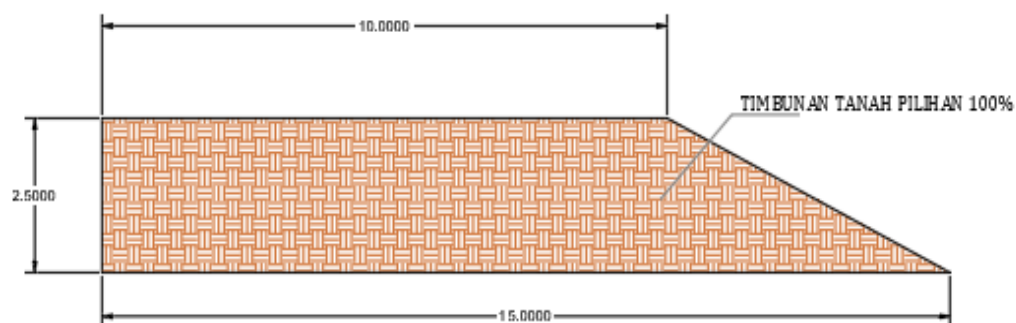
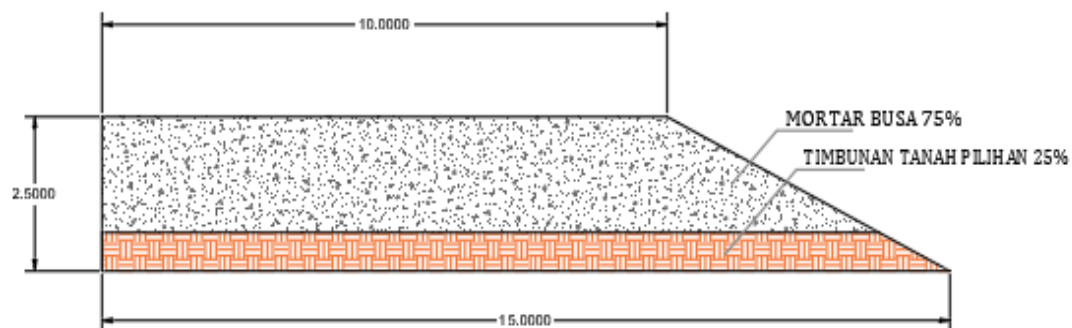
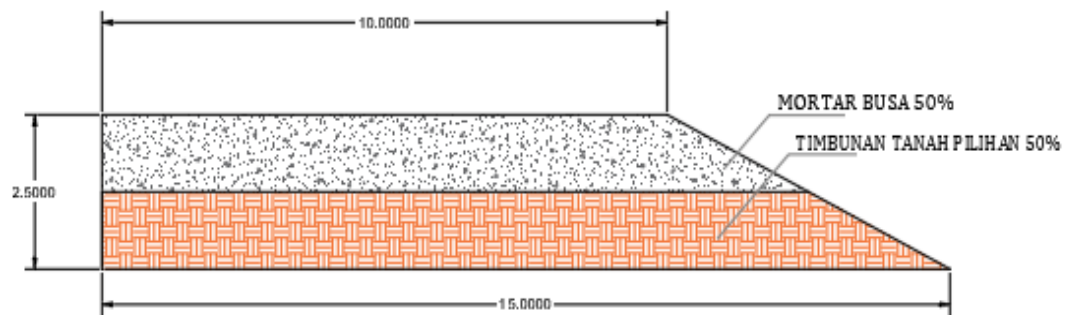
Nama Gambar  
 Sketsa Kombinasi Mortar Busa Pada STA 300

NO. LEMBAR  
 3

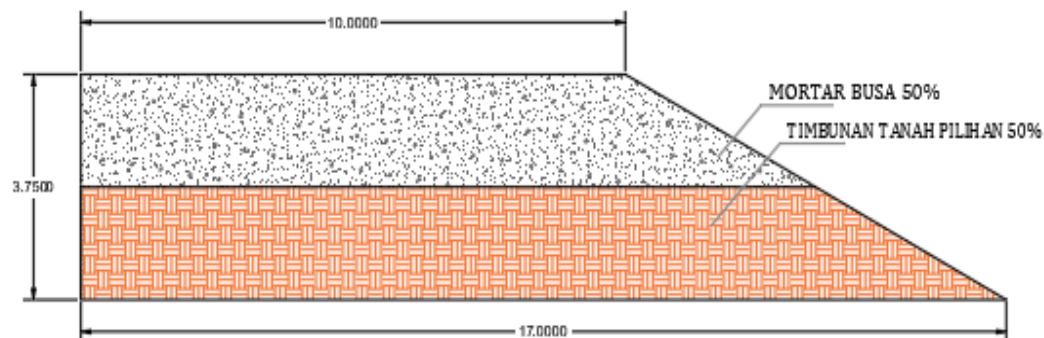
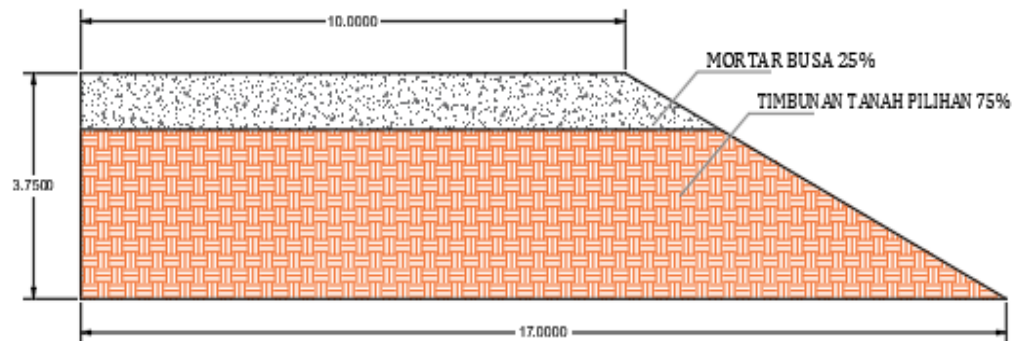
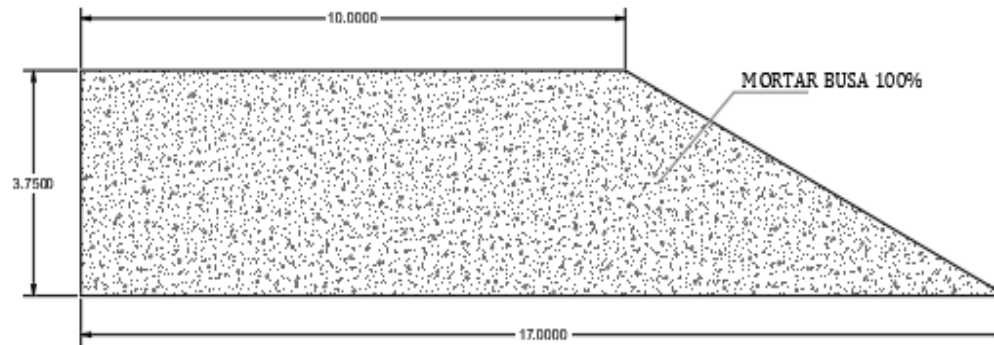
JUMLAH LEMBAR  
 26

DOSEN PEMBIMBING  
 Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.  
 Ir. Suwarno, M.Eng

NAMA DAN NRP  
 Muhammad Zaky Rahhan  
 (5012201056)



|  |  |  |   |            |               |   |                                     |
|--|--|--|---|------------|---------------|---|-------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar                               | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                        |
|  |  |  | Sketsa Kombinasi Mortar Busa Pada STA 300 | <b>4</b>   | <b>26</b>     | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahan<br>(5012201055) |



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

TUGAS AKHIR  
 (CS-234801)

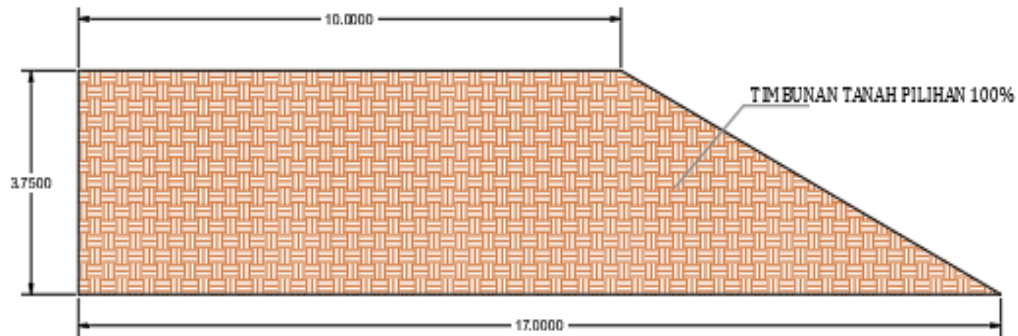
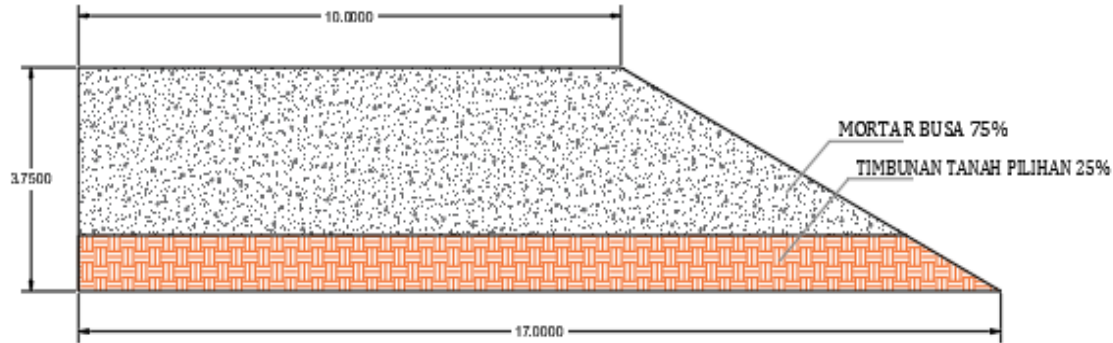
Nama Gambar  
 Sketsa Kombinasi Mortar Busa Pada STA 325

NO. LEMBAR  
 5

JUMLAH LEMBAR  
 26

DOSEN PEMBIMBING  
 Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.  
 Ir. Suwarno, M.Eng

NAMA DAN NRP  
 Muhammad Zaky Rahan  
 (5012201055)



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

TUGAS AKHIR  
 (CS-234801)

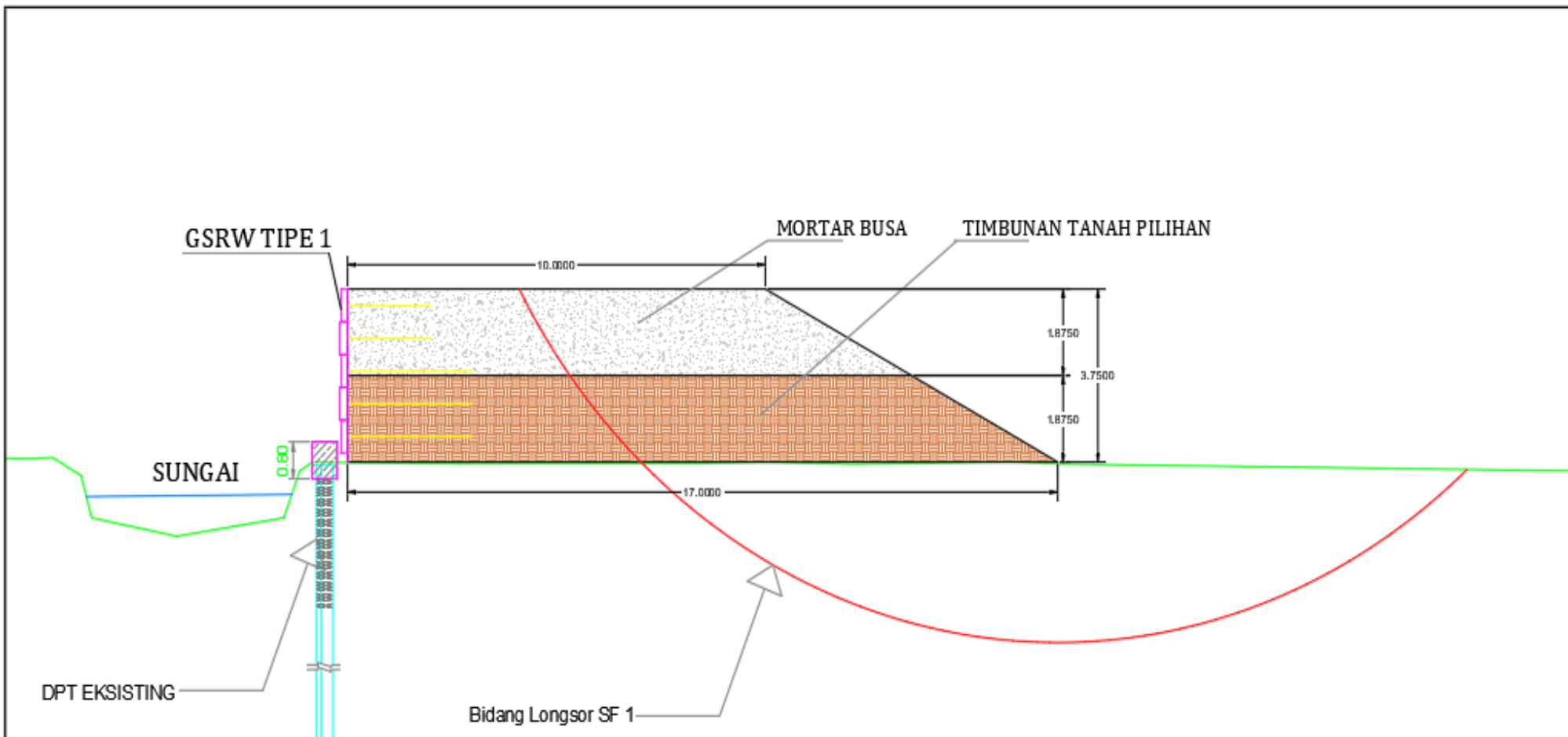
Nama Gambar  
 Sketsa Kombinasi Mortar Busa Pada STA 325

NO. LEMBAR  
 6

JUMLAH LEMBAR  
 26

DOSEN PEMBIMBING  
 Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.  
 Ir. Suwarno, M.Eng

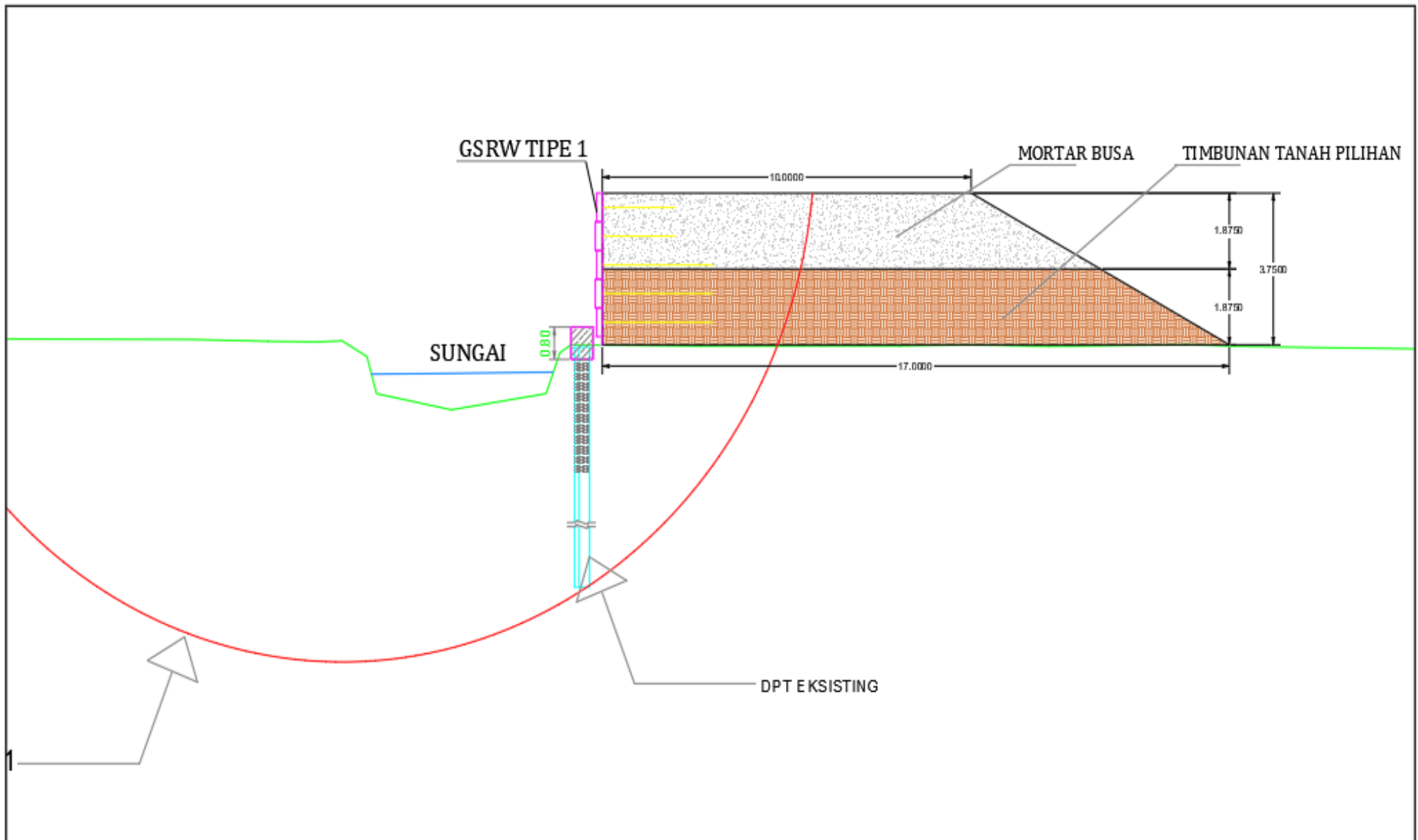
NAMA DAN NRP  
 Muhammad Zaky Rahhan  
 (5012201056)



TIMBUNAN KOMBINASI 50% TANAH 50% MORTAR BUSA STA 325

SKALA 1:200

|  |  |  |   |            |               |   |                                     |
|--|--|--|---|------------|---------------|---|-------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar   | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                        |
|  |  |  | Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi<br>Miring STA 325 | 7          | 26            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahan<br>(5012201056) |

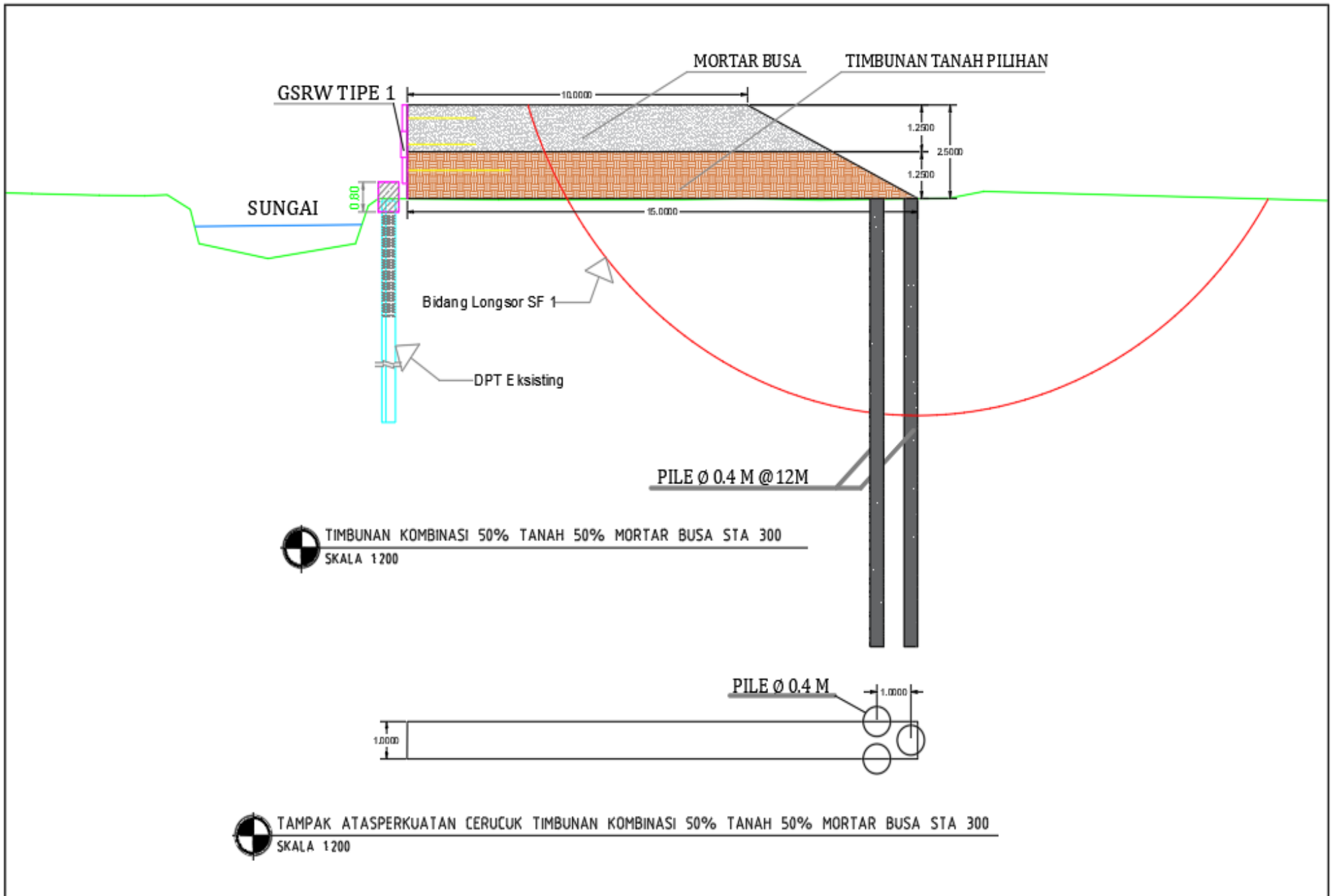


TIMBUNAN KOMBINASI 50% TANAH 50% MORTAR BUSA STA 325

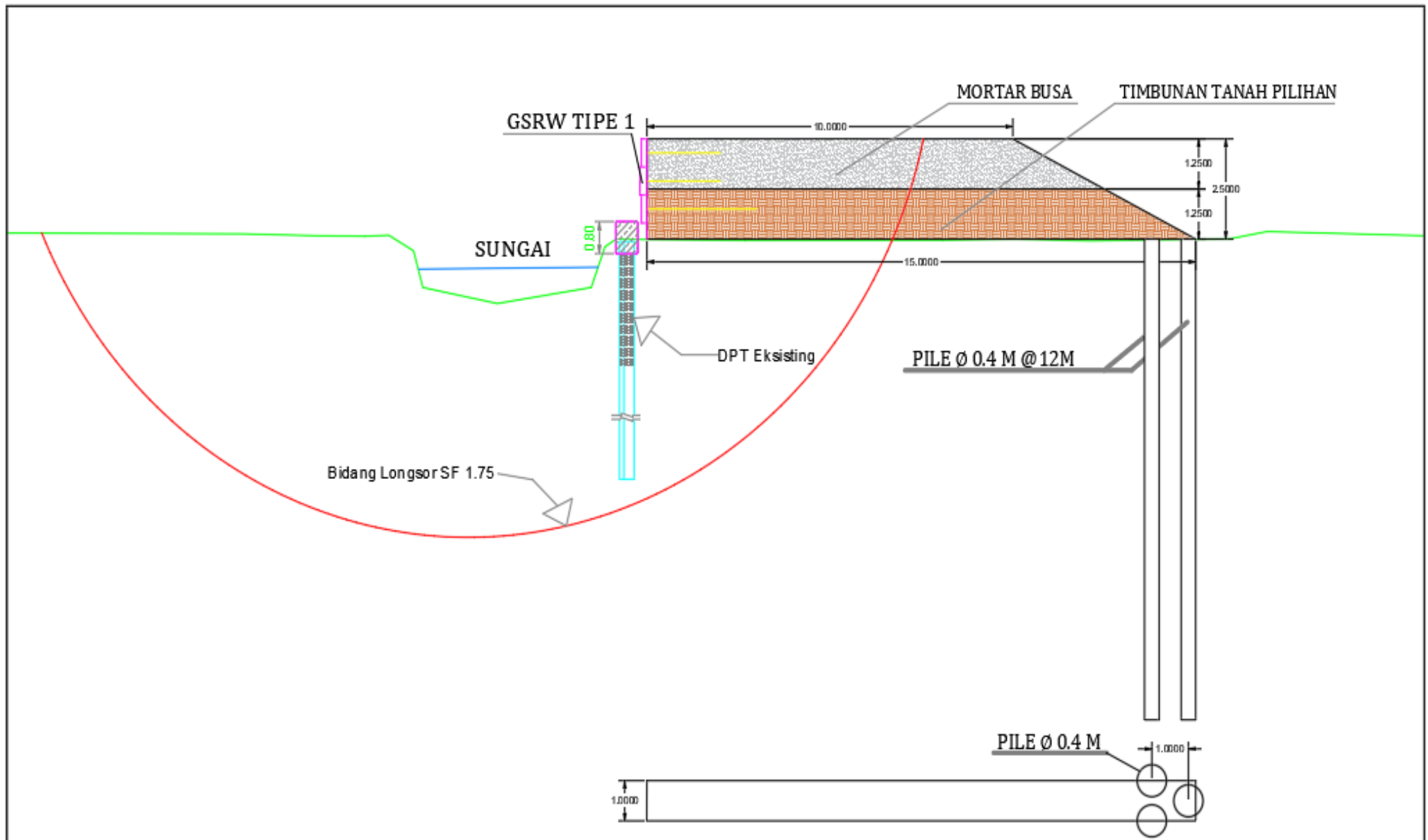
SKALA 1:200

|  |  |  |  |            |               |   |                                     |
|--|--|--|--|------------|---------------|---|-------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar  | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                        |
|  |  |  | Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi<br>Tegak STA 325 | <b>8</b>   | <b>26</b>     | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahan<br>(5012201056) |



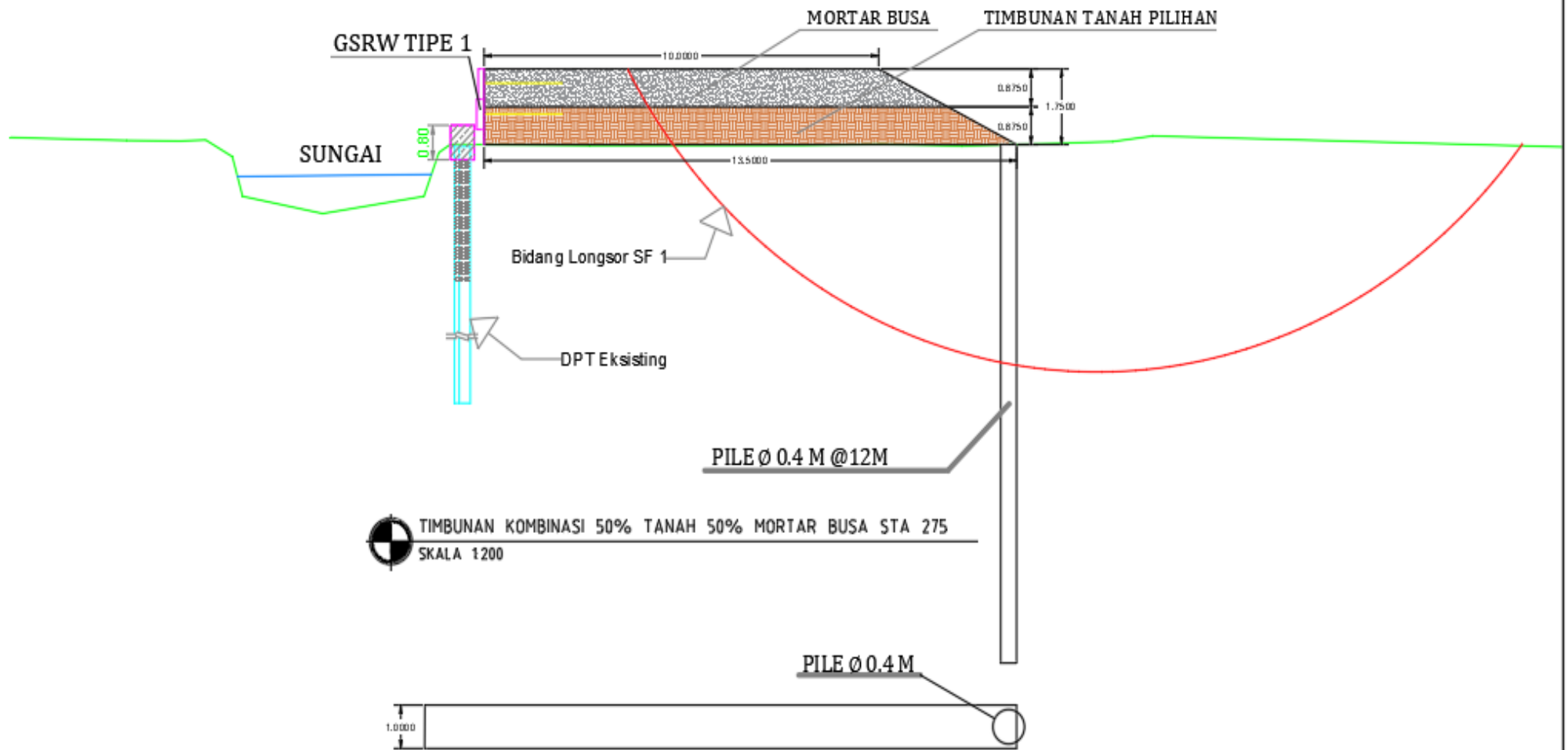


|   |                                    |   |            |               |   |  |
|---|------------------------------------|---|------------|---------------|---|--|
| <p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br/>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br/>DAN KEBUMIHAN<br/>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br/>SURABAYA</p> | <p>TUGAS AKHIR<br/>(CS-234801)</p> | Nama Gambar   | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                                 |
|   |                                    | <p>Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi<br/>Miring STA 300</p> | <p>9</p>   | <p>26</p>     | <p>Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br/>Ir. Suwarno, M.Eng</p> | <p>Muhammad Zaky Rahnan<br/>(5012201055)</p> |



TAMPAK ATAS PERKUATAN CERUCUK TIMBUNAN KOMBINASI 50% TANAH 50% MORTAR BUSA STA 300  
SKALA 1:200

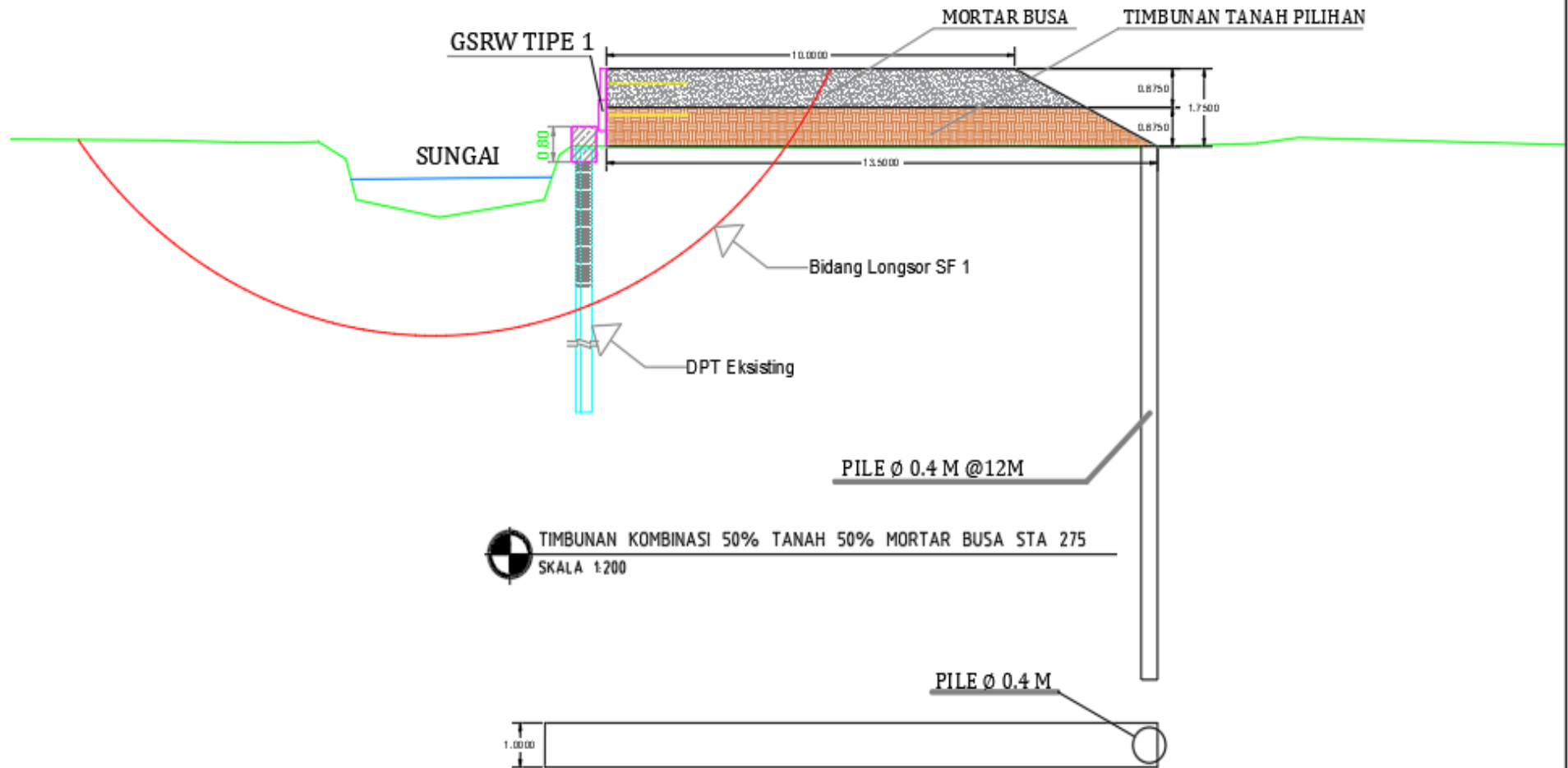
|  |  |  |  |            |               |   |                                     |
|--|--|--|--|------------|---------------|---|-------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar  | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                        |
|  |  |  | Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi<br>Tegak STA 300 | <b>10</b>  | <b>26</b>     | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahan<br>(5012201055) |




TIMBUNAN KOMBINASI 50% TANAH 50% MORTAR BUSA STA 275  
SKALA 1200


TAMPAK ATASPERKUATAN CERUCUK TIMBUNAN KOMBINASI 50% TANAH 50% MORTAR BUSA STA 275  
SKALA 1200

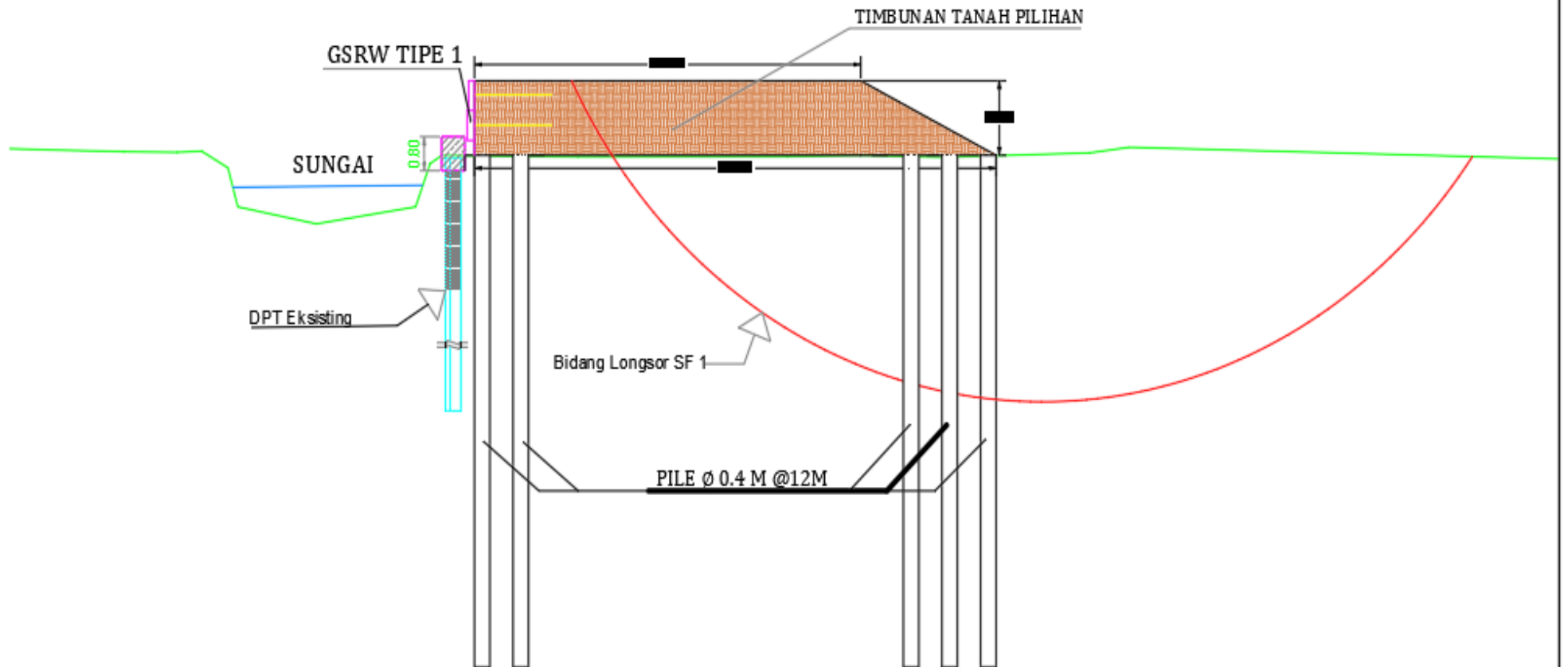
|  |  |  |   |            |               |   |                                      |
|--|--|--|---|------------|---------------|---|--------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar   | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                         |
|  |  |  | Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi<br>Miring STA 275 | 11         | 26            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahhan<br>(5012201055) |



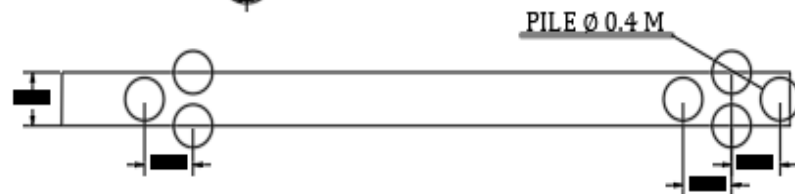

**TIMBUNAN KOMBINASI 50% TANAH 50% MORTAR BUSA STA 275**  
 SKALA 1:200


**TAMPAK ATASPERKUATAN CERUCUK TIMBUNAN KOMBINASI 50% TANAH 50% MORTAR BUSA STA 275**  
 SKALA 1:200

|  |  |  |  |            |               |   |                                      |
|--|--|--|--|------------|---------------|---|--------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar  | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                         |
|  |  |  | Timbunan 50% Tanah 50% Mortar Busa Sisi<br>Tegak STA 275 | 12         | 26            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahnan<br>(5012201056) |



TIMBUNAN TANAH PENUH STA 275  
SKALA 1200



TAMPAK ATAS PERKUATAN CERUCUK TIMBUNAN TANAH PENUH STA 275  
SKALA 1200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN  
DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

TUGAS AKHIR  
(CS-234801)

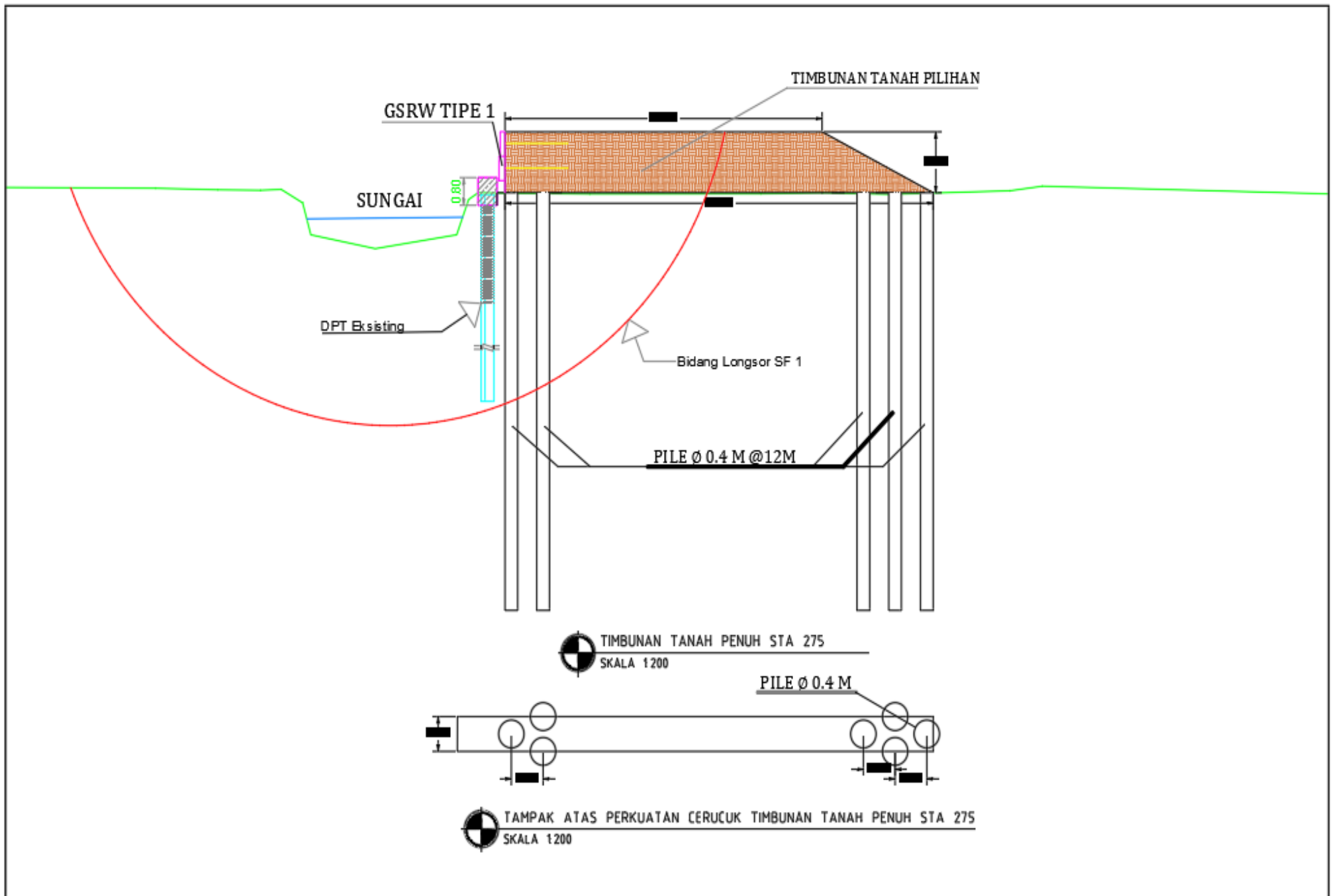
Nama Gambar  
Timbunan Tanah Penuh Sisi Miring STA 275

NO. LEMBAR  
13

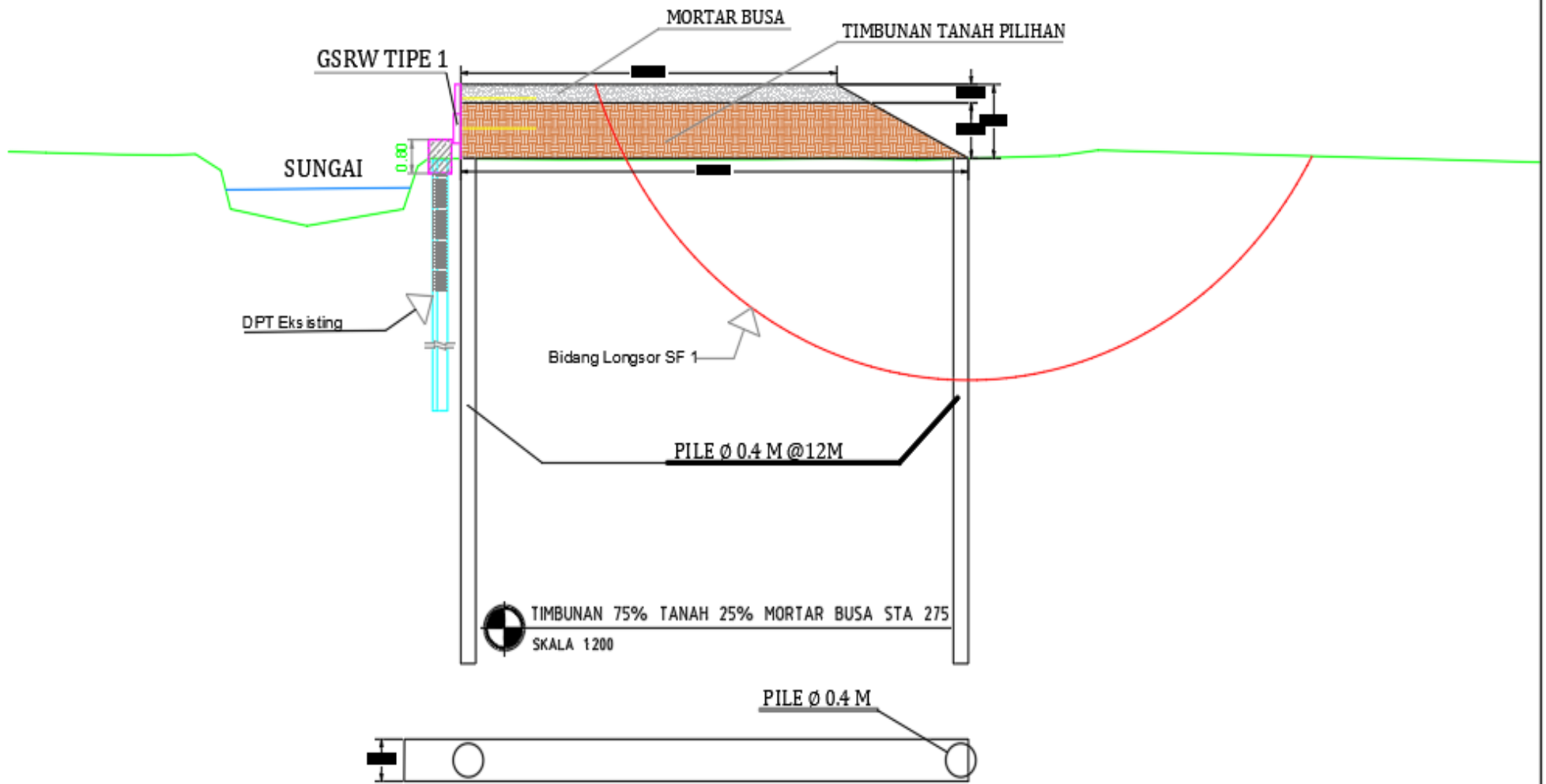
JUMLAH LEMBAR  
26

DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.  
Ir. Suwarno, M.Eng

NAMA DAN NRP  
Muhammad Zaky Rahhan  
(5012201056)

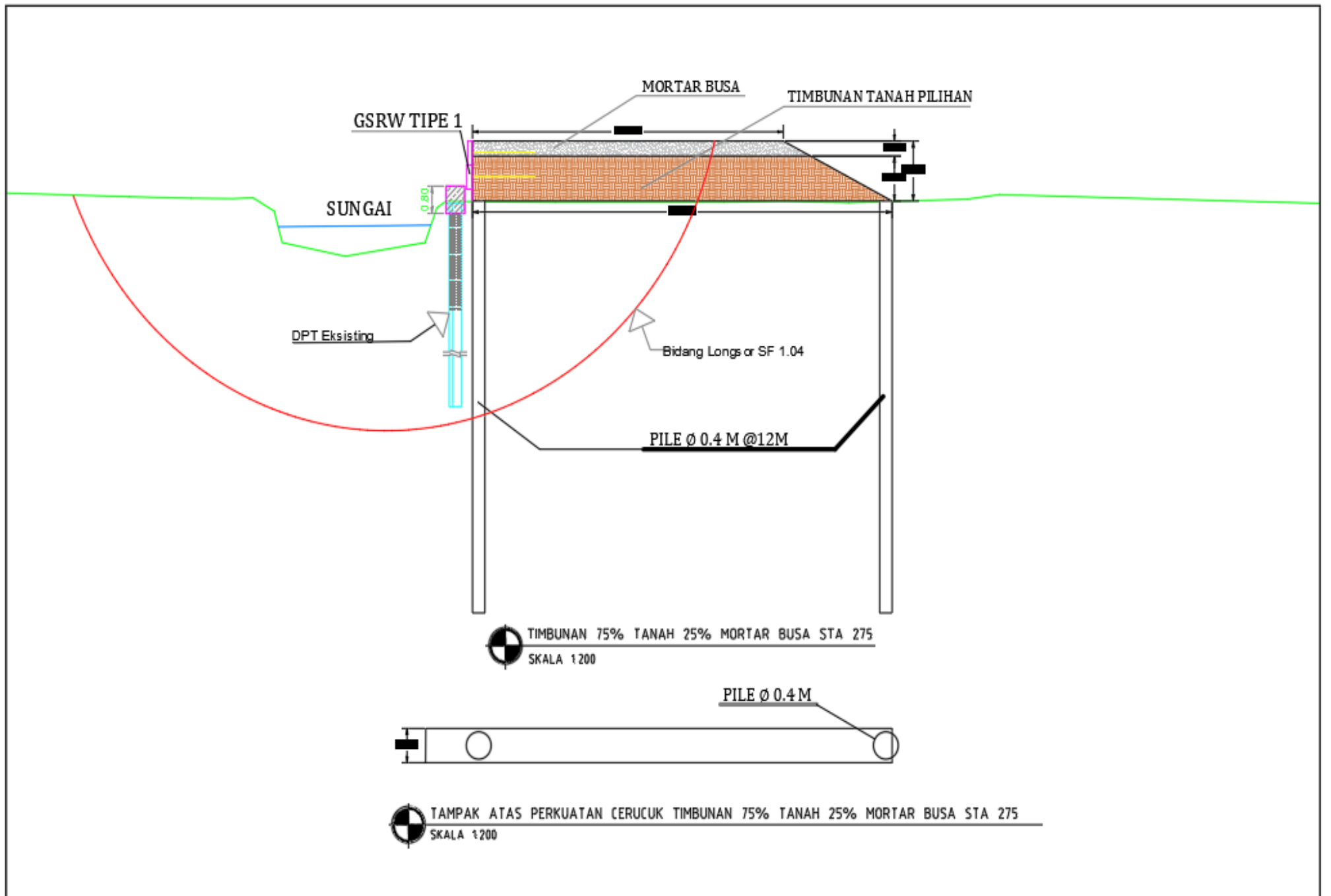


|  |  |  |   |            |               |   |                                      |
|--|--|--|---|------------|---------------|---|--------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar                             | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                         |
|  |  |  | Timbunan Tanah Penuh Sisi Tegak STA 275 | <b>14</b>  | <b>26</b>     | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahnan<br>(5012201056) |



TAMPAK ATAS PERKUATAN CERUCUK TIMBUNAN 75% TANAH 25% MORTAR BUSA STA 275  
 SKALA 1200

|  |  |  |   |            |               |   |                                      |
|--|--|--|---|------------|---------------|---|--------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar   | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                         |
|  |  |  | Timbunan 75% Tanah 25% Mortar Busa Sisi<br>Miring STA 275 | <b>15</b>  | <b>26</b>     | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahman<br>(5012201055) |



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

TUGAS AKHIR  
 (CS-234801)

Nama Gambar

Timbunan 75% Tanah 25% Mortar Busa Sisi  
 Tagak STA 275

NO. LEMBAR

16

JUMLAH LEMBAR

26

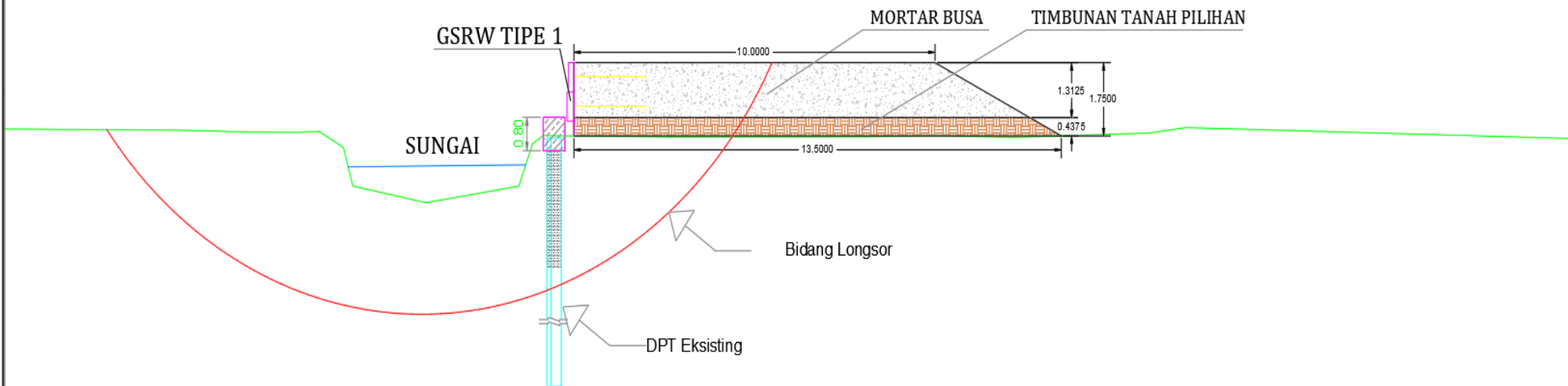
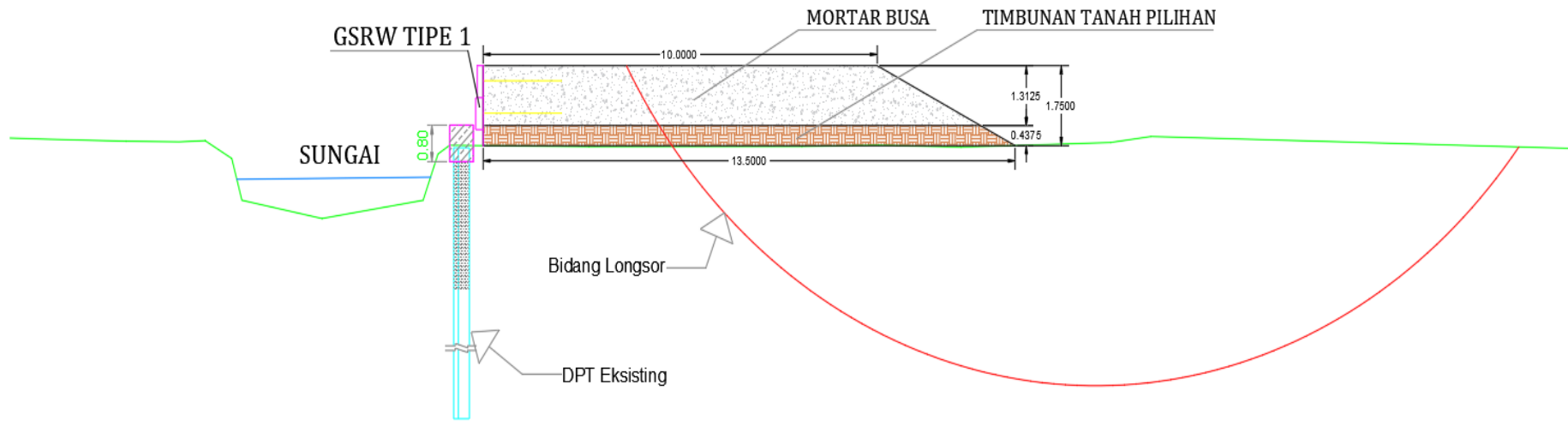
DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.  
 Ir. Suwarno, M.Eng


NAMA DAN NRP

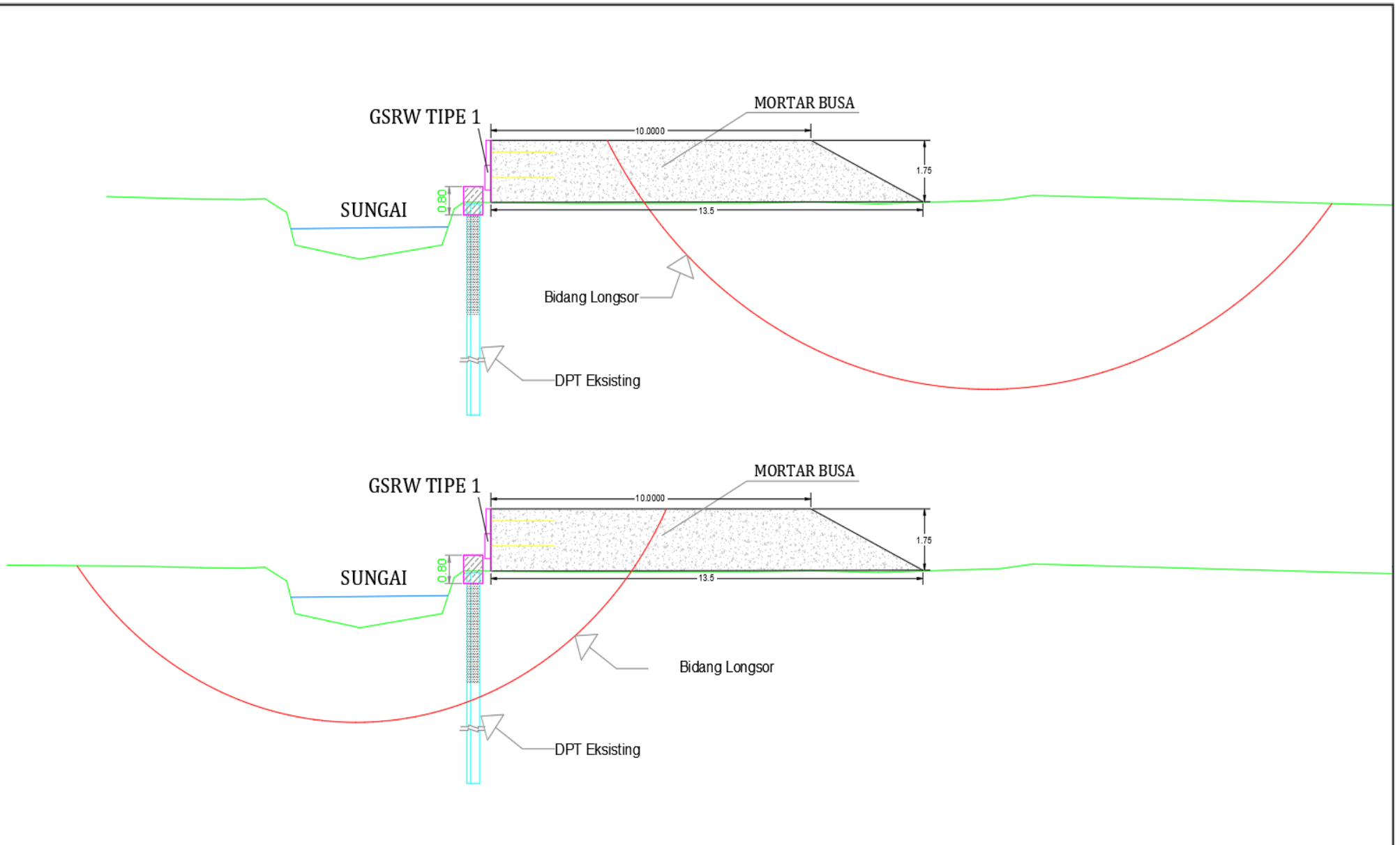
Muhammad Zaky Rahan  
 (5012201055)






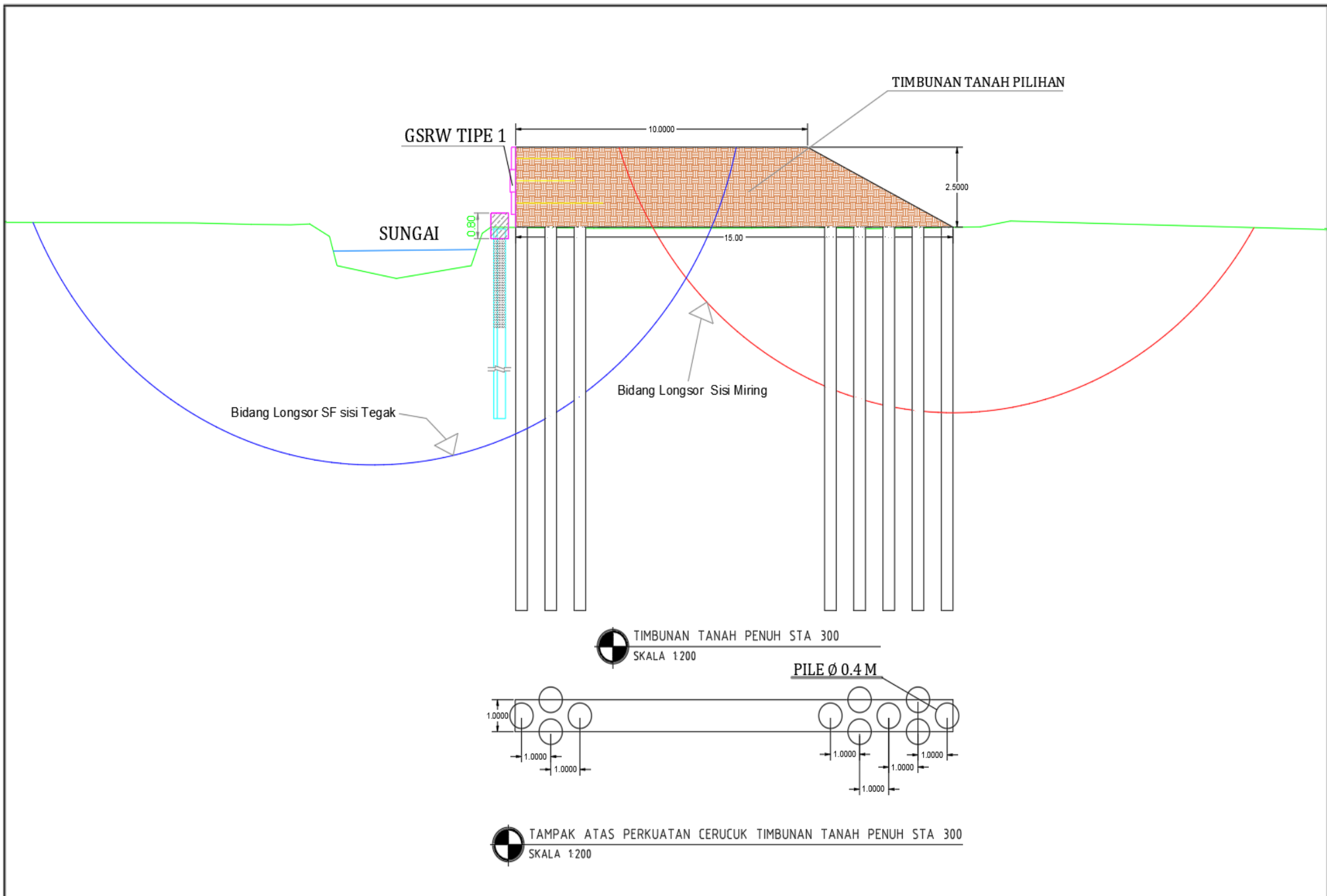

 TIMBUNAN KOMBINASI 25% TANAH 75% MORTAR BUSA STA 275  
 SKALA 1:200

|  |  |  |                   |                      |   |                                     |
|--|--|--|-------------------|----------------------|---|-------------------------------------|
| <br>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | <b>Nama Gambar</b>                         | <b>NO. LEMBAR</b> | <b>JUMLAH LEMBAR</b> | <b>DOSEN PEMBIMBING</b>                                 | <b>NAMA DAN NRP</b>                 |
|  |  | Timbunan 25% Tanah 75% Mortar Busa STA 275 | <b>17</b>         | <b>26</b>            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahan<br>(5012201055) |

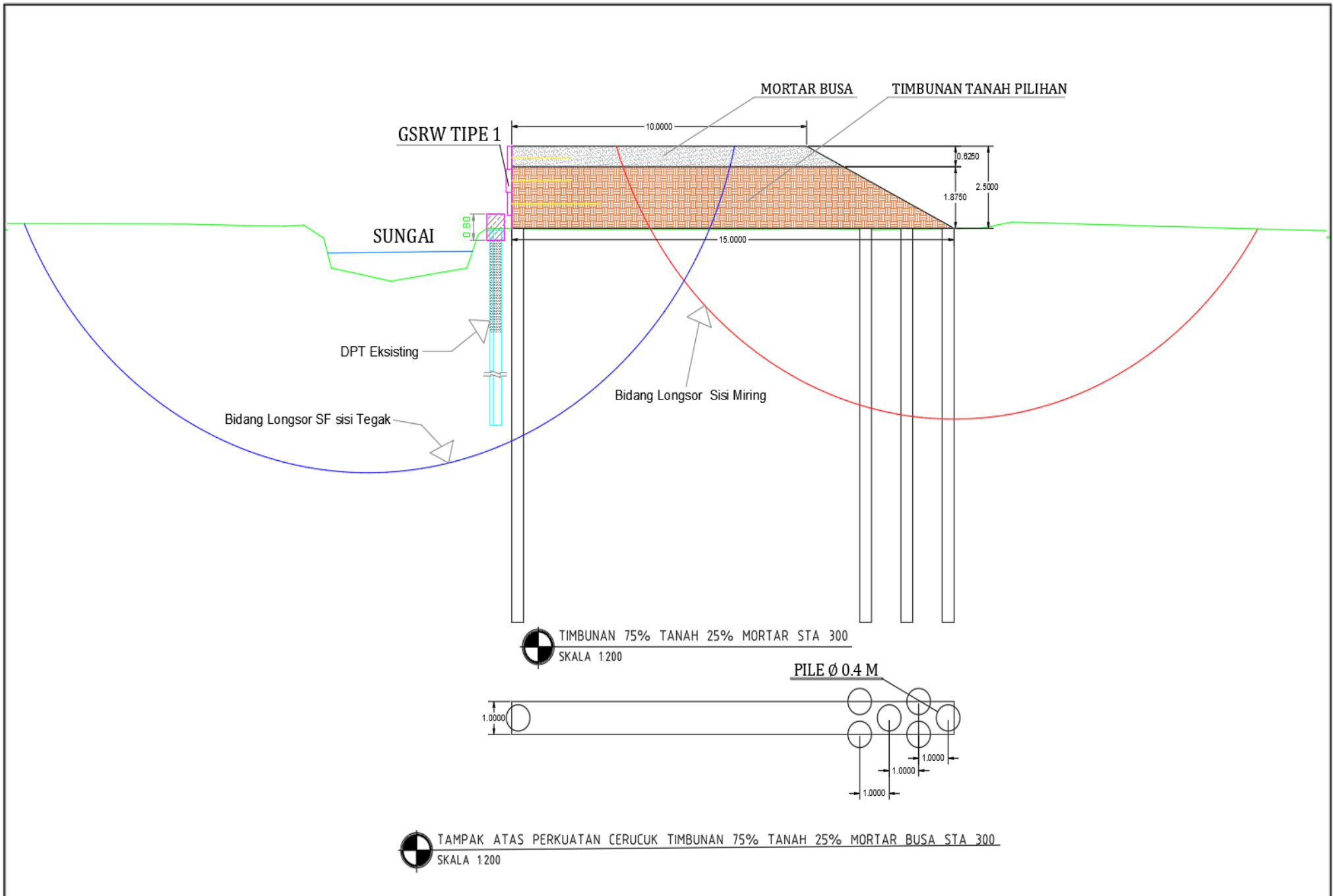



**TIMBUNAN MORTAR BUSA PENUH STA 275**  
 SKALA 1:200

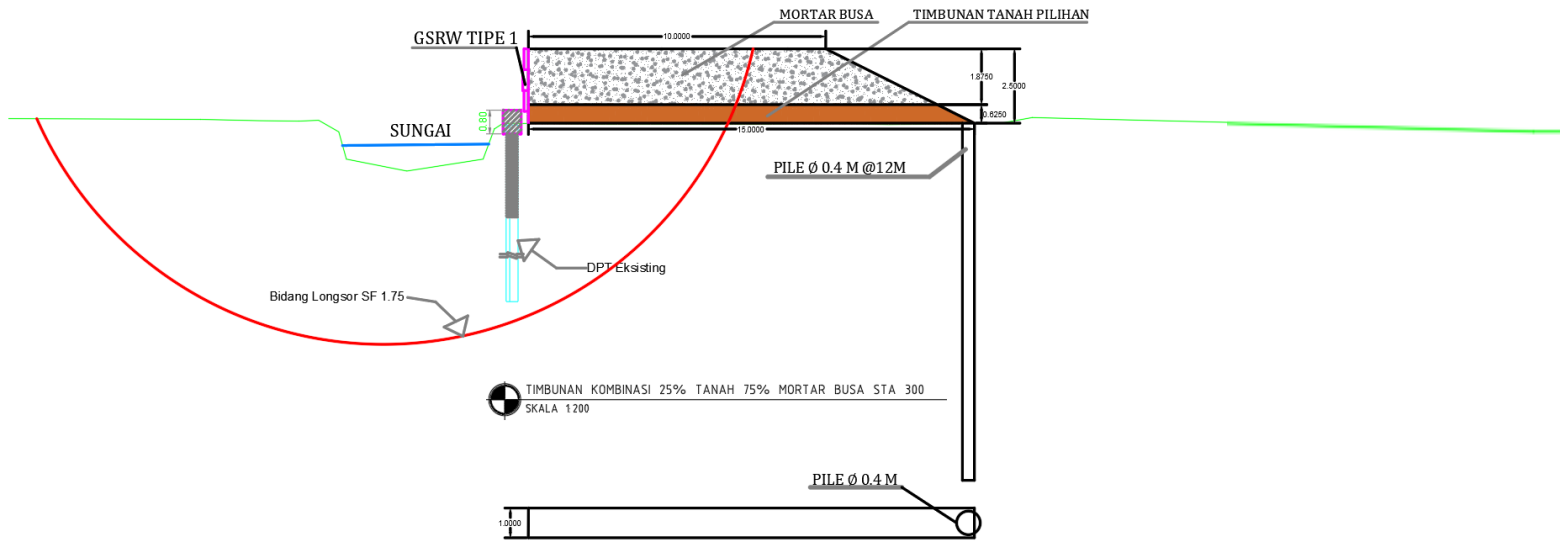
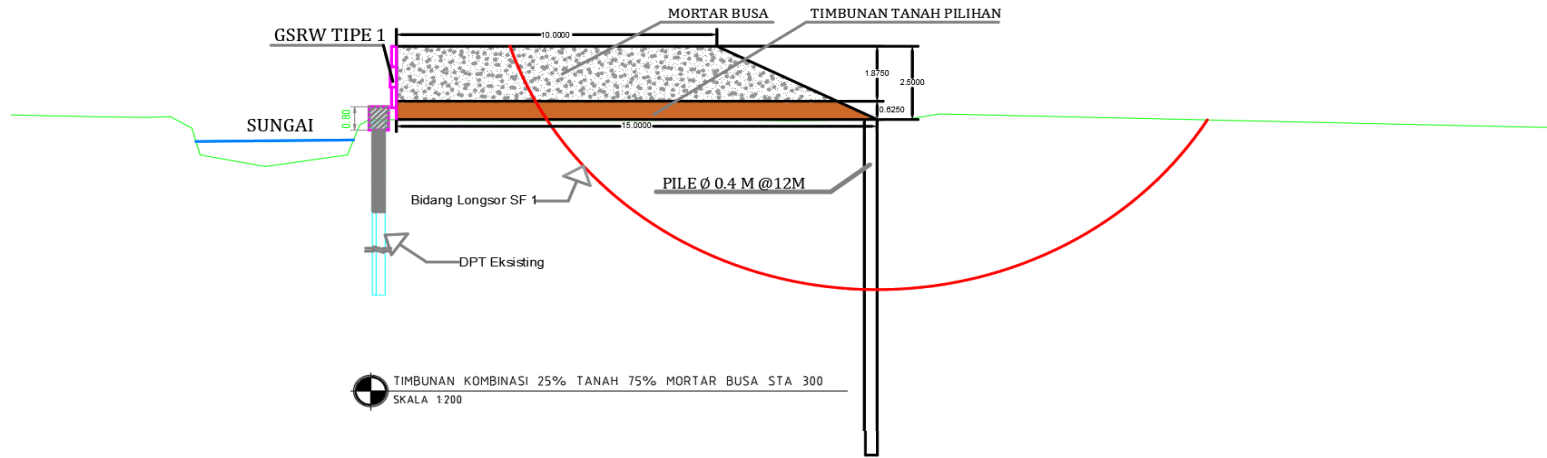
|  |  |  |                                    |            |               |   |                                     |
|--|--|--|------------------------------------|------------|---------------|---|-------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar                        | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMA DAN NRP                        |
|  |  |  | Timbunan Mortar Busa Penuh STA 275 | 18         | 26            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahan<br>(5012201055) |



|  |  |  |                              |                   |                      |   |                                     |
|--|--|--|------------------------------|-------------------|----------------------|---|-------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | <b>Nama Gambar</b>           | <b>NO. LEMBAR</b> | <b>JUMLAH LEMBAR</b> | <b>DOSEN PEMBIMBING</b>                                 | <b>NAMA DAN NRP</b>                 |
|  |  |  | Timbunan Tanah Penuh STA 300 | <b>19</b>         | <b>26</b>            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahan<br>(5012201055) |

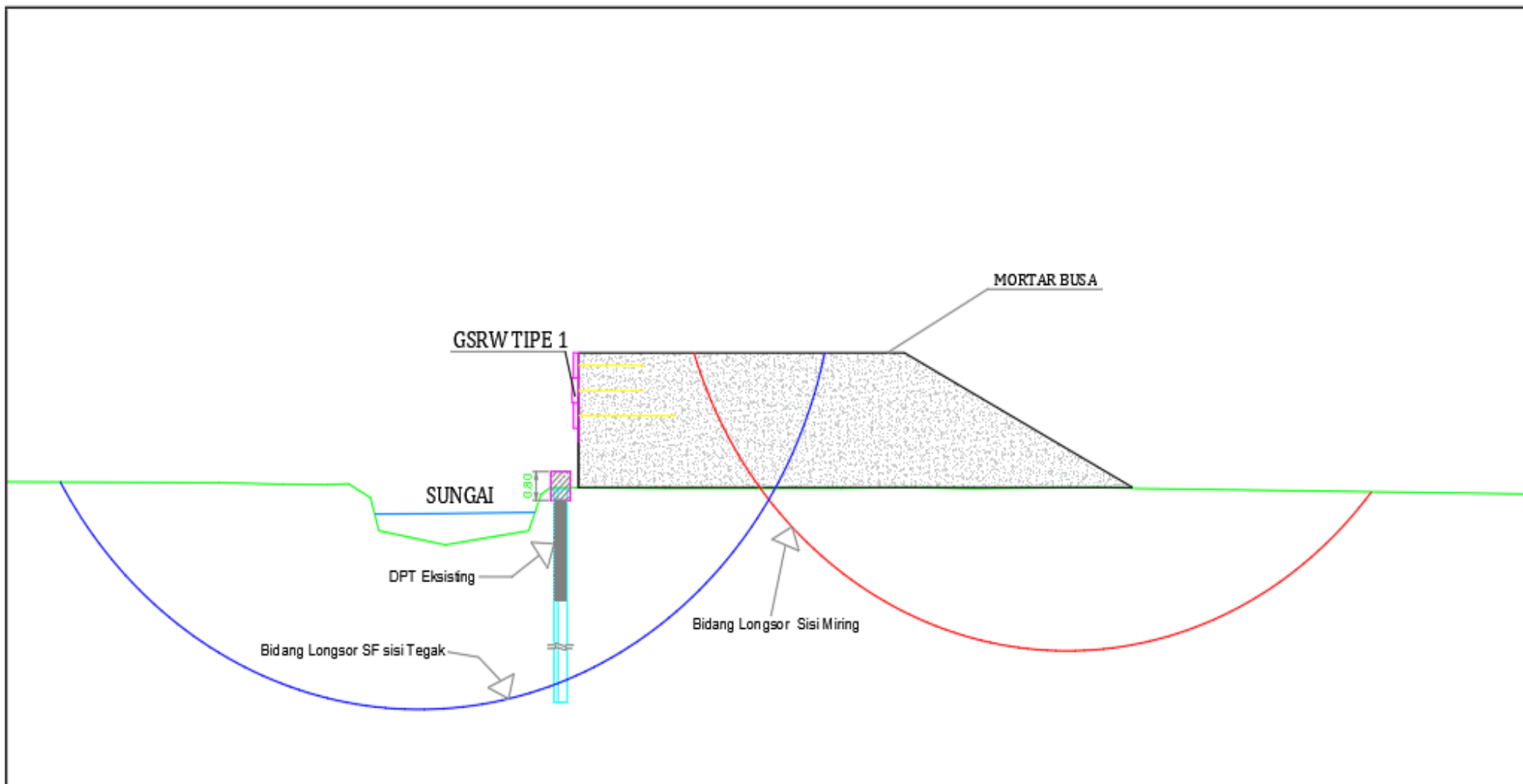



|  |  |  |   |                   |                      |  |                                      |
|--|--|--|---|-------------------|----------------------|--|--------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | <b>Nama Gambar</b>                                      | <b>NO. LEMBAR</b> | <b>JUMLAH LEMBAR</b> | <b>DOSEN PEMBIMBING</b>                                | <b>NAMA DAN NRP</b>                  |
|  |  |  | Timbunan Kombinasi 75% Tanah 25% Mortar<br>Busa STA 300 | <b>20</b>         | <b>26</b>            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarna M.Eng | Muhammad Zaky Raihan<br>(5012201055) |




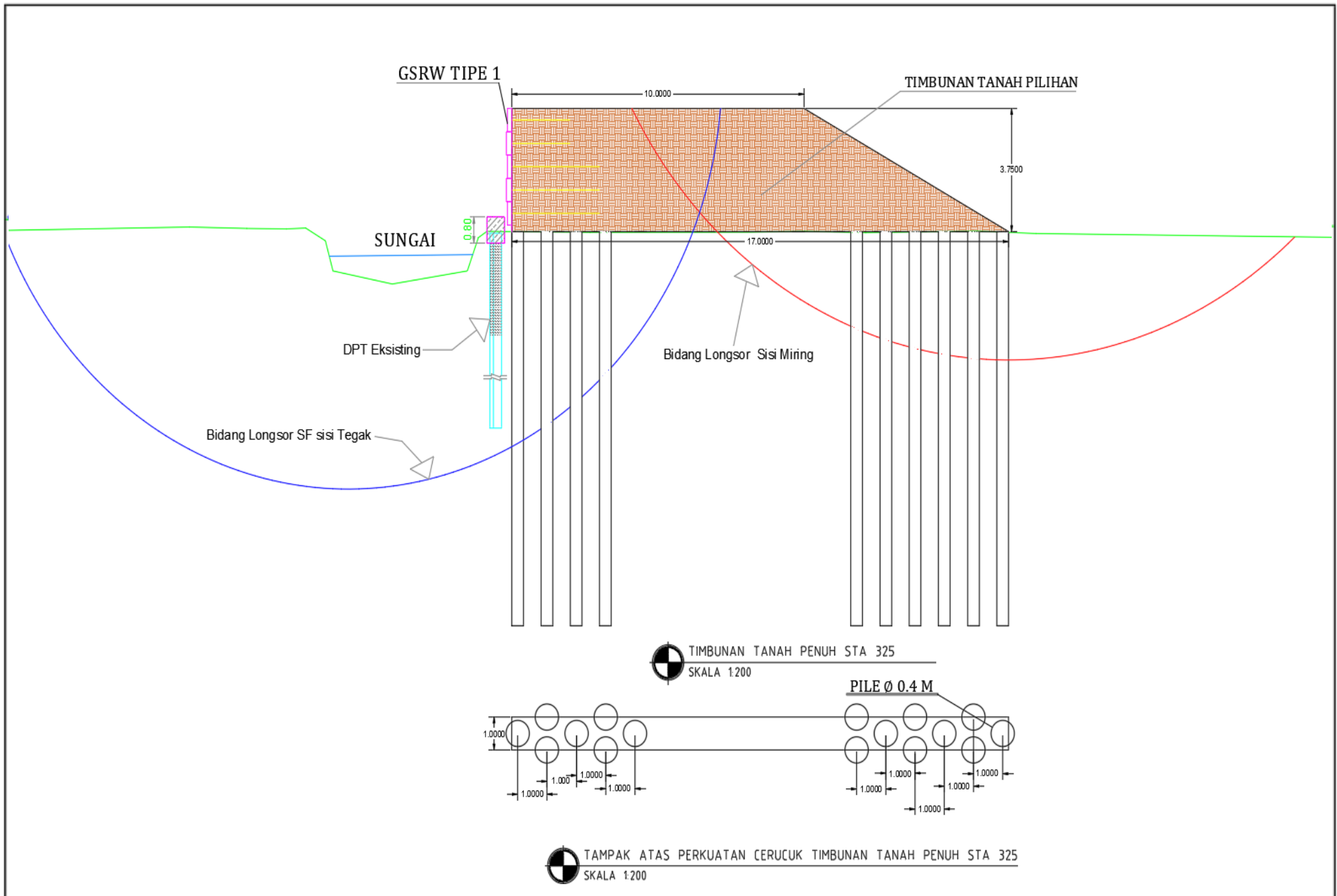
TAMPAK ATASPERKUATAN CERUCUK TIMBUNAN KOMBINASI 75% TANAH 25% MORTAR BUSA STA 300  
SKALA 1:200

|   |                                    |   |                   |                      |   |   |
|---|------------------------------------|---|-------------------|----------------------|---|---|
| <p>DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br/>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br/>DAN KEBUMIHAN<br/>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br/>SURABAYA</p> | <p>TUGAS AKHIR<br/>(CS-234801)</p> | <p>Nama Gambar</p>  | <p>NO. LEMBAR</p> | <p>JUMLAH LEMBAR</p> | <p>DOSEN PEMBIMBING</p>   | <p>NAMA DAN NRP</p>                         |
|   |                                    | <p>Timbunan Kombinasi 25% Tanah 75% Mortar Busa STA 300</p> | <p>21</p>         | <p>26</p>            | <p>Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br/>Ir. Suwarno, M.Eng</p> | <p>Muhammad Zaky Rahan<br/>(5012201056)</p> |

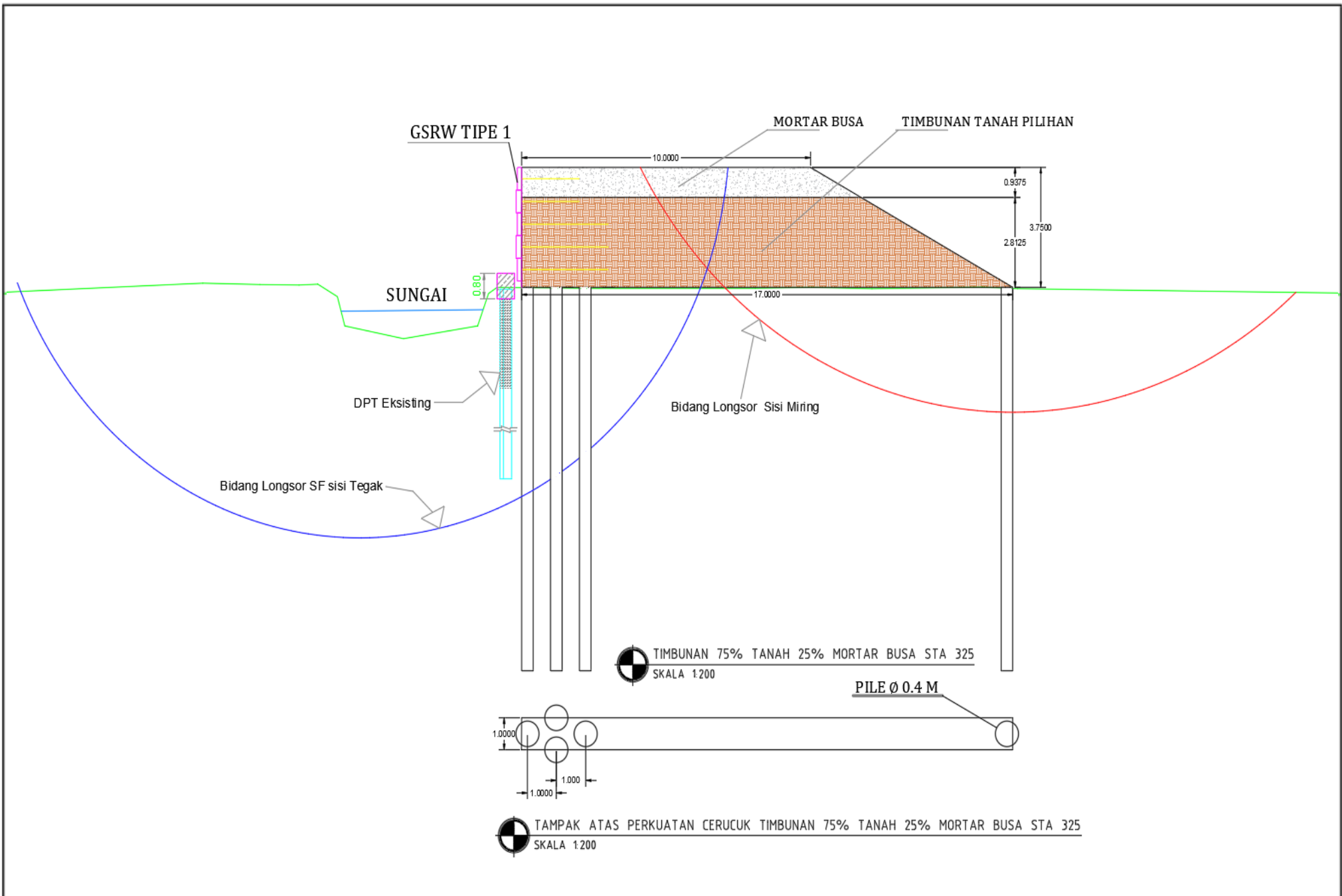



**TIMBUNAN KOMBINASI MORTAR BUSA PENUH STA 300**  
 SKALA 1:200

|  |  |  |                                    |            |               |  |                                     |
|--|--|--|------------------------------------|------------|---------------|--|-------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar                        | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING                                       | NAMA DAN NRP                        |
|  |  |  | Timbunan Mortar Busa Penuh STA.300 | 22         | 26            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc.Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Rahan<br>(5012201055) |

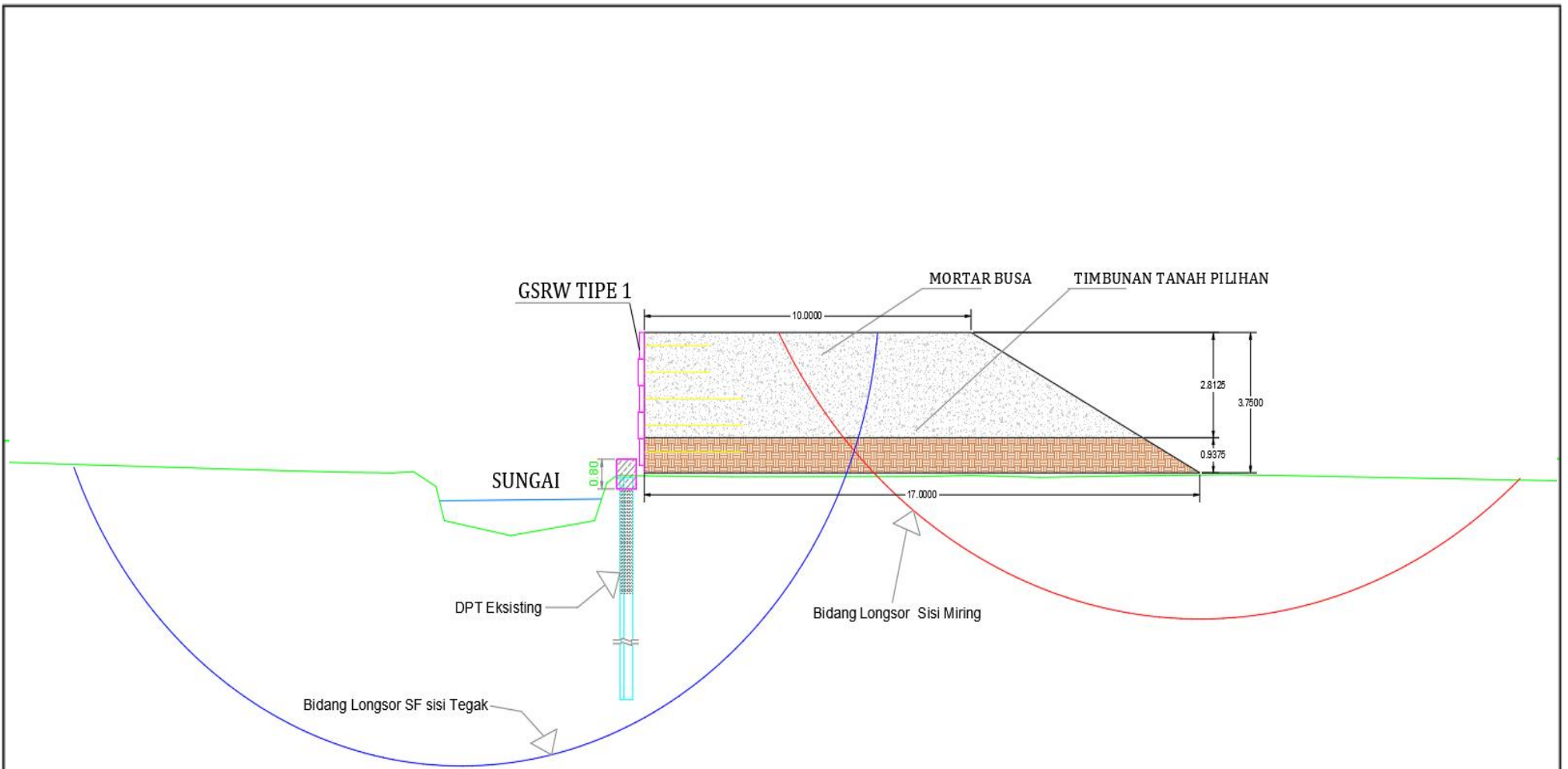


|  |  |  |                              |            |               |  |                                      |
|--|--|--|------------------------------|------------|---------------|--|--------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nama Gambar                  | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING                                       | NAMA DAN NRP                         |
|  |  |  | Timbunan Tanah Penuh STA 325 | 23         | 26            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno M.Eng | Muhammad Zaky Rahhan<br>(5012201056) |



|  |  |  |   |                   |                      |   |                                      |
|--|--|--|---|-------------------|----------------------|---|--------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | <b>Nama Gambar</b>                            | <b>NO. LEMBAR</b> | <b>JUMLAH LEMBAR</b> | <b>DOSEN PEMBIMBING</b>                                 | <b>NAMA DAN NRP</b>                  |
|  |  |  | Timbunan 75% Tanah 25% Mortar Busa STA<br>325 | <b>24</b>         | <b>26</b>            | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Raihan<br>(5012201055) |

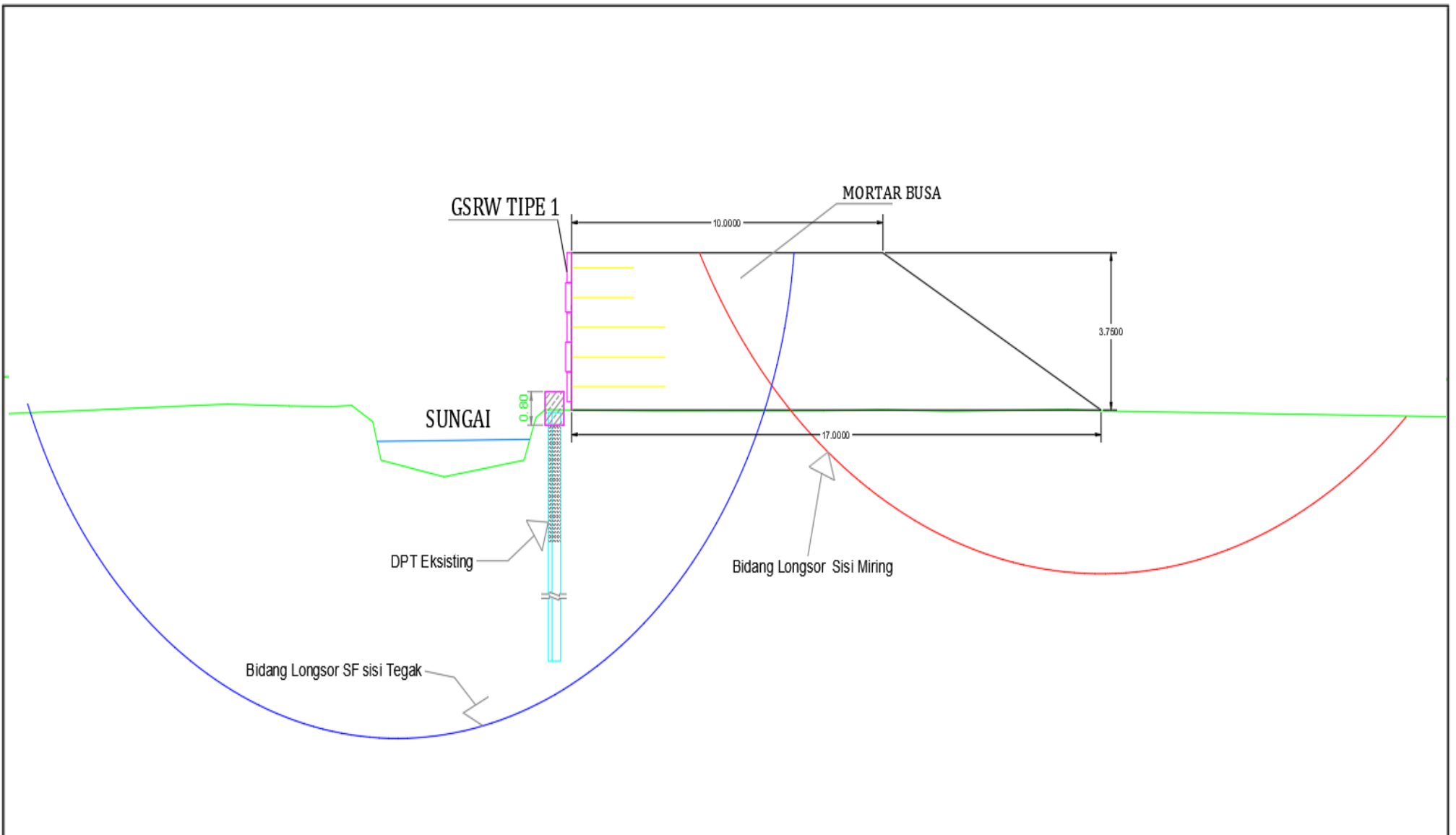




TIMBUNAN KOMBINASI 25% TANAH 75% MORTAR BUSA STA 325

SKALA 1:200

|  |  |  |   |            |               |   |                                      |
|--|--|--|---|------------|---------------|---|--------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nam a Gambar                                  | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMADAN NRP                          |
|  |  |  | Timbunan 25% Tanah 75% Mortar Busa STA<br>325 | <b>25</b>  | <b>26</b>     | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Raihan<br>(5012201055) |



TIMBUNAN MORTAR BUSA PENUH STA 325

SKALA 1:200

|  |  |  |                                       |            |               |   |                                      |
|--|--|--|---------------------------------------|------------|---------------|---|--------------------------------------|
|  | DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL<br>FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN<br>DAN KEBUMIHAN<br>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER<br>SURABAYA | <b>TUGAS AKHIR</b><br><b>(CS-234801)</b> | Nam a Gambar                          | NO. LEMBAR | JUMLAH LEMBAR | DOSEN PEMBIMBING  | NAMADAN NRP                          |
|  |  |  | Timbunan Mortar Busa Penuh<br>STA 325 | <b>26</b>  | <b>26</b>     | Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.<br>Ir. Suwarno, M.Eng | Muhammad Zaky Raihan<br>(5012201056) |

## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Bojonegoro, Jawa Timur, 10 Maret 2002, merupakan anak terakhir dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Pertiwi Bojonegoro, SDN Kadipaten 1 Bojonegoro, SMPN 1 Bojonegoro, dan SMAN 1 Bojonegoro. Setelah lulus dari SMAN 1 Bojonegoro tahun 2020, penulis mengikuti seleksi mandiri dan diterima di Departemen Teknik Sipil FTSPK ITS pada tahun 2020 dan terdaftar dengan NRP 5012201055.

Selama Masa Perkuliahan penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil periode 2021/2022 sebagai staff departemen Hubungan Luar, Himpunan Mahasiswa Sipil periode 2022/2023 sebagai kepala divisi eksternal departemen Hubungan Luar, UKM Sepakbola ITS periode 2021/2022 sebagai Kepala Departemen Futsal Putra dan masih banyak lagi.