



**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH
(RETAINING WALL) PADA DAERAH SEMPADAN SUNGAI
JL. SULTAN AGUNG, JEMBER DENGAN FEM**

TUGAS AKHIR

Oleh :

LUQMAN HAKIM

NIM 17191030142

**PRODI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2021



**PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH
(RETAINING WALL) PADA DAERAH SEMPADAN SUNGAI
JL. SULTAN AGUNG, JEMBER DENGAN FEM**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik

Oleh :

LUQMAN HAKIM

NIM 17191030142

PRODI S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2021

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Bapak Miftahul Falichin.; Ibu Idayani.; dan segenap keluarga yang selalu mendoakan dan memberi dukungan penuh kepada saya.
2. Paksitya Purnama Putra S.T., M.T. dan Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membantu saya menyusun skripsi ini.
3. Ibu Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik dan segenap dosen yang telah membimbing saya hingga tahap akhir kuliah.
4. Kakak Uswatul Maulidah Yuliage yang telah membantu dan menemani saya mendapatkan data perencanaan.
5. Teman-teman Baswara, khususnya sahabat-sahabat saya yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta saran untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

MOTTO

Barang siapa bertakwa kepada Allah maka Dia akan menjadikan jalan keluar baginya, dan memberinya rezeki dari jalan yang tidak ia sangka, dan barang siapa yang bertawakal kepada Allah maka cukuplah Allah baginya, Sesungguhnya Allah melaksanakan kehendak-Nya, Dia telah menjadikan untuk setiap sesuatu kadarnya.

(Terjemahan Surat *Ath-Thalaq* ayat 2-3)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Luqman Hakim

NIM : 171910301142

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Perencanaan Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*) Pada Daerah Sempadan Sungai Jl. Sultan Agung, Jember Dengan FEM” adalah benar-benar penelitian dan hasil tulisan karya sendiri, belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya hasil jiplakan dari manapun. Saya bertanggung jawab penuh keabsahan dan kebenaran isi pada karya tulis ini sesuai dengan sikap ilmiah yang selalu saya junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun, serta bersedia mendapatkan sanksi akademik apabila ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2021
Yang Menyatakan,



Luqman Hakim
NIM. 171910301142

PENGESAHAN

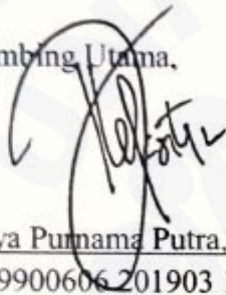
Skripsi berjudul “Perencanaan Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*) Pada Daerah Sempadan Sungai Jl. Sultan Agung, Jember Dengan FEM” karya Luqman Hakim telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Rabu, 27 Januari 2021

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama,



Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T.
NIP. 19900606 201903 1 022

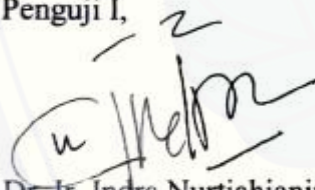
Pembimbing Anggota,



Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T.
NIP. 197310151998021001

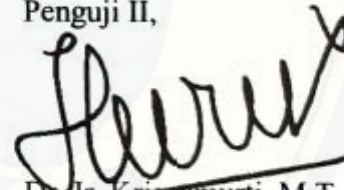
Tim Penguji:

Penguji I,



Dr. Ir. Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T.
NIP. 19701024 199803 2 001

Penguji II,




Dr. Ir. Kristamurti, M.T.
NIP. 196612281999031002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember




Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

Perencanaan Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) pada Daerah Sempadan Sungai Jl. Sultan Agung, Jember dengan FEM, Luqman Hakim, 17191030142, 2021; 50 Halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terjadi amblesnya tanah di Jl. Sultan Agung, Jompo, Kabupaten Jember pada sekitar pukul 03.45 WIB. Tim dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) menemukan retakan tanah di bawah ruko tersebut sejak Februari 2019 lalu. Kejadian tersebut mengakibatkan jalan sepanjang kurang lebih 45 meter dan lebar 10 meter mengalami longsor sehingga menutup aliran sungai, serta sebanyak 9 ruko yang merupakan aset pemerintah Kabupaten Jember ikut ambles sedalam kurang lebih 4 meter.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk merencanakan ulang dinding penahan dengan tipe kantilever yang aman dapat menahan gaya guling, gaya geser, serta memiliki daya dukung tanah yang baik. Dinding penahan akan dianalisis stabilitas struktur dinding penahan menggunakan FEM. Hasil dari perencanaan diharapkan dapat menjadi rujukan perencanaan untuk meningkatkan kestabilan lereng dengan tujuan untuk melindungi lereng timbunan yang digunakan untuk menahan jalan nasional pada Jl. Sultan Agung, Jember

Hasil dari penelitian ini yaitu didapatkan dinding kantilever dengan nilai stabilitas terhadap guling (overturning) $3,08 > 2$ (Aman), stabilitas terhadap geser (sliding) $1,84 > 1,5$ (Aman), dan daya dukung (bearing capacity) $8,18 > 3$ (Aman). Untuk konstruksi struktur dinding kantilever digunakan mutu beton (F_c') 40 MPa dan mutu tulangan (F_y) 420 Mpa dengan diameter tulangan 25 mm dan jarak 125 mm.

Kata Kunci : Dinding Kantilever, *Safety Factor*, Stabilitas

SUMMARY

Planning of Retaining Wall on Riverside Area of Sultan Agung Street, Jember Regency Using FEM, Luqman Hakim, 17191030142, 2021; 50 Pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The land collapsed on Jl. Sultan Agung, Jompo, Jember Regency at around 03.45 WIB. A team from the Regional Disaster Management Agency (BPBD) found cracks in the ground under the shop house since February 2019. This incident resulted in a landslide of a road approximately 45 meters long and 10 meters wide so that it blocked the river flow, and as many as 9 shophouses, which are the assets of the Jember Regency government, collapsed as deep as approximately 4 meters.

This study aims to redesign the retaining wall with a cantilever type that can safely withstand rolling forces, shear forces, and has good soil bearing capacity. The retaining wall will be analyzed for the stability of the structure of the retaining wall using FEM. The results of the planning are expected to become a reference for planning to increase slope stability in order to protect the embankment slopes used to hold the national road on Jl. Sultan Agung, Jember

The results of this study are the cantilever walls with the value of stability against overturning $3.08 > 2$ (safe), stability against sliding $1.84 > 1.5$ (safe), and bearing capacity $8,18 > 3$ (Safe). For cantilever wall structure construction used concrete quality (f_c) 40 MPa and reinforcement quality (F_y) 420 MPa with a reinforcement diameter of 25 mm and a distance of 125 mm.

Keywords: Cantilever Wall, Safety Factor, Stability

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*) Pada Daerah Sempadan Sungai Jl. Sultan Agung, Jember Dengan FEM”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini terdapat kendala-kendala yang dapat dilalui berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama.
2. Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota.
3. Dr. Ir. Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T., selaku dosen penguji utama.
4. Dr. Ir. Krisnamurti, M.T., selaku dosen penguji anggota.
5. Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik.
6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember.
7. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberi doa dan dukungan.
8. Kakak Uswatul Maulidah Yuliage, Hadi Hamid Abdullah, dan Salsabila Thifal Hasna.
9. Teman-teman Baswara 2017

Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini serta memohon maaf atas segala kesalahan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, 2021

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|-------------|
| PERSEMBAHAN | 0 |
| MOTTO | ii |
| PERNYATAAN | iii |
| PENGESAHAN | iv |
| RINGKASAN | v |
| PRAKATA | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL | xii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan..... | 3 |
| 1.5 Manfaat..... | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Daerah Sempadan Sungai..... | 5 |
| 2.2 Dinding Penahan Tanah | 6 |
| 2.3 Penyelidikan Tanah | 8 |
| 2.3.1 Uji Standart Penetration Test (SPT) | 8 |
| 2.3.2 Uji <i>Dutch Cone Penetration Test</i> (DCPT) | 10 |
| 2.4 Beban Lalu Lintas..... | 11 |
| 2.5 Kestabilan Lereng..... | 12 |
| 2.6 Gaya Dalam | 12 |
| 2.6.1 Tekanan Lateral Tanah | 12 |
| 2.6.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah..... | 14 |
| 2.6.3 Kontrol Gaya Guling | 14 |
| 2.6.4 Kontrol Gaya Geser | 15 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 2.6.5 | Kontrol Kapasitas Daya Dukung Tanah..... | 16 |
| 2.7 | Software Berbasis Elemen Hingga..... | 16 |
| 2.7.1 | Analysis Setting..... | 17 |
| 2.7.2 | Input Process..... | 17 |
| 2.7.3 | Output Process..... | 18 |
| BAB 3. | METODE PENELITIAN..... | 19 |
| 3.1 | Lokasi Penelitian..... | 19 |
| 3.2 | Metode Pengambilan Data..... | 19 |
| 3.2.1 | Data Sekunder..... | 19 |
| 3.2.2 | Metode Interview..... | 21 |
| 3.2.3 | Tahapan Analitis..... | 21 |
| BAB 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 26 |
| 4.1 | Gambaran Lokasi Penelitian..... | 26 |
| 4.2 | Parameter Perencanaan..... | 28 |
| 4.3 | Hasil Analisis FEM..... | 31 |
| 4.4 | Hasil Analisis Manual..... | 34 |
| 4.5 | Validasi <i>Software</i> | 39 |
| 4.6 | Penulangan Struktur Dinding..... | 39 |
| 4.6.1 | Perhitungan Batasan Rasio Tulangan (ρ_{min} dan ρ_{max}).... | 39 |
| 4.6.2 | Perhitungan Momen Nominal (M_n)..... | 40 |
| 4.6.3 | Perhitungan Koefisien Ketahanan (R_n)..... | 40 |
| 4.6.4 | Perhitungan Rasio Tulangan..... | 40 |
| 4.6.5 | Kontrol Perhitungan Rasio Tulangan..... | 40 |
| 4.6.6 | Penentuan Jarak Tulangan..... | 40 |
| 4.7 | Kestabilan Lereng Pasca-Desain..... | 42 |
| 4.8 | Perencanaan Pondasi Tambahan..... | 43 |
| 4.8.1 | Penentuan Jumlah Pondasi Tiang..... | 43 |
| 4.8.2 | Penulangan Pondasi Tiang..... | 46 |
| 4.9 | Kestabilan Lereng Pasca Desain Kombinasi Perkuatan..... | 47 |
| BAB 5. | PENUTUP..... | 49 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 49 |

| | | |
|-----|----------------------------|-----------|
| 5.2 | Saran..... | 50 |
| | DAFTAR PUSTAKA..... | 51 |
| | LAMPIRAN..... | 52 |

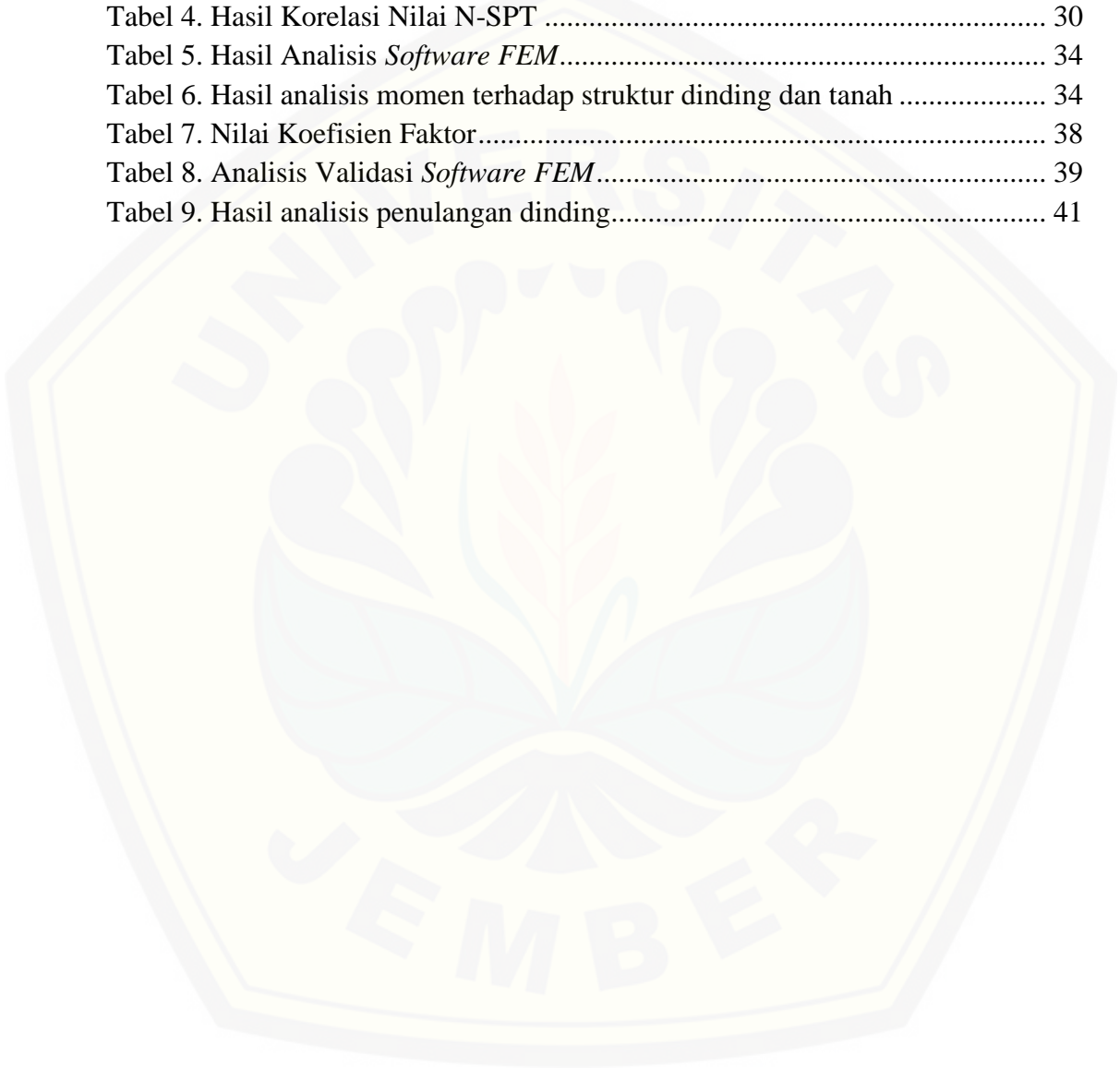


DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Batasan Sempadan Sungai | 5 |
| Gambar 2. 2 Tipe Dinding Gravitasi | 6 |
| Gambar 2. 3 Tipe dinding semi-gravitasi..... | 7 |
| Gambar 2. 4 Tipe dinding kantilever | 7 |
| Gambar 2. 5 Tipe dinding counterfort..... | 8 |
| Gambar 2. 6 Uji <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)..... | 9 |
| Gambar 2. 7 <i>Dutch Cone Penetration Test</i> (DCPT) | 10 |
| Gambar 2. 8 Klasifikasi tanah berdasarkan hasil uji DCPT..... | 11 |
| Gambar 2. 9 Tekanan Aktif Coulomb..... | 13 |
| Gambar 2. 10 Tekanan Pasif Coulomb | 14 |
| Gambar 2. 11 Kontrol untuk gaya guling..... | 15 |
| Gambar 2. 12 Kontrol gaya geser | 16 |
| Gambar 2. 13 Tampilan jendela <i>Analysis Setting</i> pada <i>Software</i> berbasis FEM .. | 17 |
| Gambar 2. 14 Tampilan jendela <i>Input</i> pada <i>Software</i> berbasis FEM | 18 |
| Gambar 2. 15 Tampilan jendela <i>Output</i> pada <i>Software</i> berbasis FEM..... | 18 |
| Gambar 3. 1 Peta lokasi penelitian..... | 19 |
| Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Penelitian | 25 |
| Gambar 4. 1 Statigrafi Tanah di Lapangan | 27 |
| Gambar 4. 2. Letak Bidang Longsor Pada Pra-Desain Menggunakan FEM | 28 |
| Gambar 4. 3 Hasil analisis menggunakan Geoslope 2012..... | 29 |
| Gambar 4. 4 Desain Rencana Dinding Penahan Tanah | 31 |
| Gambar 4. 5 Dimensi Rencana Desain 1 | 32 |
| Gambar 4. 6 Hasil Analisis Perhitungan FEM Desain 1..... | 32 |
| Gambar 4. 7 Dimensi Rencana Desain 2 | 32 |
| Gambar 4. 8 Hasil Analisis Perhitungan FEM Desain 2..... | 33 |
| Gambar 4. 9 Dimensi Rencana Desain 3 | 33 |
| Gambar 4. 10 Hasil Analisis Perhitungan FEM Desain 3..... | 33 |
| Gambar 4. 11. Gaya yang Bekerja Pada Tahanan Guling | 36 |
| Gambar 4. 12. Gaya yang Bekerja Pada Tahanan Geser | 37 |
| Gambar 4. 13. Gaya yang Bekerja Pada Bearing Capacity..... | 38 |
| Gambar 4. 14 Gambar detail penulangan struktur dinding | 42 |
| Gambar 4. 15 Hasil Analisis Kestabilan Lereng Pasca Perkuatan Lereng | 43 |
| Gambar 4. 16. Rekapitulasi Nilai Daya Dukung Pile Berdasarkan Kedalaman ... | 45 |
| Gambar 4. 17. Detail Potongan Borepile | 47 |
| Gambar 4. 18 Letak Bidang Longsor Setelah Perkuatan dan Penambahan Pile.... | 48 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1. Beban Lalu Lintas Sebagai Beban Tambahan | 11 |
| Tabel 2. Tabel Hasil Uji NSPT <i>Bore-hole</i> 1 | 26 |
| Tabel 3. Tabel Hasil Uji NSPT <i>Bore-hole</i> 2 | 27 |
| Tabel 4. Hasil Korelasi Nilai N-SPT | 30 |
| Tabel 5. Hasil Analisis <i>Software FEM</i> | 34 |
| Tabel 6. Hasil analisis momen terhadap struktur dinding dan tanah | 34 |
| Tabel 7. Nilai Koefisien Faktor..... | 38 |
| Tabel 8. Analisis Validasi <i>Software FEM</i> | 39 |
| Tabel 9. Hasil analisis penulangan dinding..... | 41 |



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terdapat dua faktor penyebab utama terjadinya tanah longsor, yaitu faktor pemicu dan faktor pengontrol. Faktor pemicu adalah faktor yang menyebabkan material tersebut bergerak seperti curah hujan, gempa bumi, erosi kaki lereng dan aktivitas manusia. Faktor pengontrol adalah faktor-faktor yang memengaruhi kondisi material itu sendiri seperti kondisi geologi, kemiringan lereng, litologi, sesar dan kekar pada batuan (Naryanto, 2013; Naryanto, 2017). Menurut Braja M. Das (2011:405) perkuatan perlu dilakukan untuk meningkatkan kestabilan pada suatu lereng tanah dengan cara memperkuat urukan dinding penahan, yang umumnya disebut sebagai dinding penahan yang distabilkan secara mekanis.

Media berita Kompas (2020), Memberitakan bahwa pada sekitar pukul 03.45 WIB di Jl. Sultan Agung, Jompo, Kabupaten Jember, terjadi amblesnya tanah. Tim dari Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) menemukan retakan tanah di bawah ruko tersebut sejak Februari 2019 lalu. Kejadian tersebut mengakibatkan jalan sepanjang kurang lebih 45 meter dan lebar 10 meter mengalami longsor sehingga menutup aliran sungai, serta sebanyak 9 ruko yang merupakan aset pemerintah Kabupaten Jember ikut ambles sedalam kurang lebih 4 meter. Peristiwa ini sempat menimbulkan kecemasan warga sekitar yang awalnya mengira terjadi gempa bumi. Sebelum kejadian ambroknnya toko tersebut, terdengar suara gemuruh sehingga menimbulkan getaran (2/3/2020).

Berdasarkan peristiwa diatas peneliti memiliki hipotesa bahwa kejadian tersebut terjadi ketika stabilitas tanah tidak dapat menahan gaya lateral tanah akibat beban bangunan yang tidak seharusnya ada pada daerah sempadan sungai. PERMEN PUPR NO.28 Tahun 2015 pasal 22 telah menetapkan mengenai larangan pendirian bangunan pada daerah sempadan sungai. Longsor tersebut juga diakibatkan oleh beban hidup tambahan yang ditanggung dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) berupa beban lalu lintas

yang mengakibatkan struktur dinding penahan tidak mampu mengatasi beban yang ditopangnya (Nurcahyo, 2019). Perencanaan dinding penahan (*Retaining Wall*) yang stabil yang dapat memperkuat stabilitas tanah dan menopang besarnya gaya luar yang meliputi gaya guling, gaya geser, dan gaya dukung tanah.



Gambar 1.1 Amblasnya tanah di Jl. Sultan Agung, Jompo, Jember

Berdasarkan latar belakang di atas, pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan ulang pada dinding penahan tanah menggunakan tipe dinding kantilever dari beton. Alasan penggunaan tipe kantilever lebih banyak digunakan untuk lereng/tebing yang mempunyai ketinggian lebih dari 6 meter, sedangkan tipe gravitasi digunakan untuk ketinggian kurang dari 6 meter (Setiawan, 2011). Dinding penahan akan dianalisis stabilitas struktur dinding penahan menggunakan FEM. Hasil dari perencanaan diharapkan dapat menjadi rujukan perencanaan untuk meningkatkan kestabilan lereng dengan tujuan untuk melindungi lereng timbunan yang digunakan untuk menahan jalan nasional pada Jl. Sultan Agung, Jember

1.2 Rumusan Masalah

Berdasar pada latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, rumusan masalah yang didapat yaitu:

1. Bagaimana perencanaan dinding penahan (*Retaining Wall*) dengan tipe kantilever yang aman?
2. Bagaimana menganalisis kestabilan struktur dinding penahan (*Retaining Wall*) untuk menahan gaya geser, gaya guling, dan daya dukung tanah?
3. Bagaimana perencanaan penulangan struktur dinding penahan (*Retaining Wall*) dengan tipe kantilever ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang dianalisa yaitu:

1. Metode perhitungan menggunakan program bantu *software* berbasis elemen hingga
2. Merencanakan ulang struktur dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) tanpa memperhitungkan RAB dan waktu pengerjaan proyek.
3. Menganalisis daya dukung, tahanan geser, dan tahanan guling tanpa memperhatikan aliran hidraulis sungai

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai antara lain:

1. Untuk merencanakan dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) dengan tipe dinding kantilever yang aman.
2. Dapat menganalisis kestabilan struktur dinding penahan (*Retaining Wall*) dengan tipe kantilever untuk menahan gaya guling, gaya geser, dan daya dukung tanah.
3. Dapat merencanakan penulangan struktur dinding penahan (*Retaining Wall*) dengan tipe kantilever yang sesuai.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapat dari analisis ini yaitu sebagai rujukan perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever untuk peningkatan kestabilan lereng pada sekitar jalur provinsi pada Jl. Sultan Agung, Jember Jawa Timur.

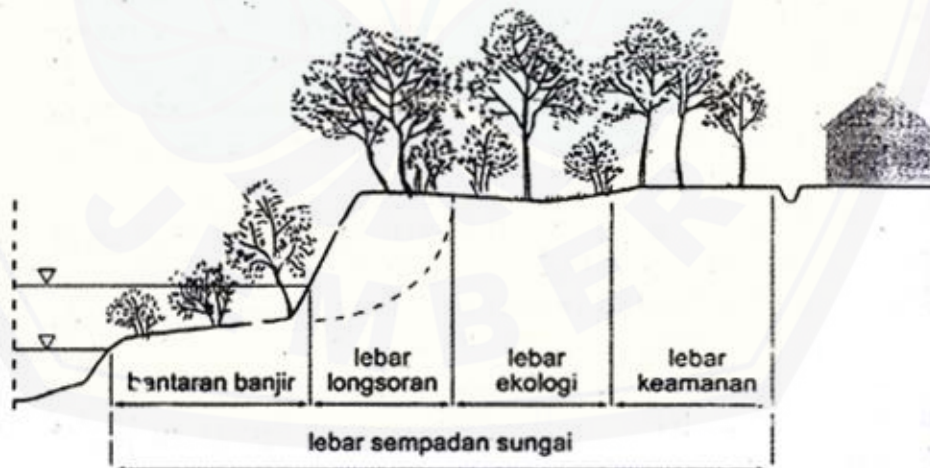


BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Sempadan Sungai

Definisi dari sempadan sungai menurut PERMEN PUPR NO.28 Tahun 2015 adalah garis maya di kanan dan kiri palung sungai yang telah ditetapkan sebagai penentu batas perlindungan sungai. Pada peraturan lain dicantumkan dalam Keputusan Presiden (KEPPRES) Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung; Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No 63.PRT/1992 tentang Garis Sempadan Sungai, pada peraturan tersebut sudah tercantum tentang larangan penggunaan lahan untuk pendirian bangunan gedung.

Walaupun PERPU jelas telah melarang penggunaan daerah sempadan sungai untuk bangunan gedung, akan tetapi dalam praktiknya di dunia nyata masih tetap terjadi hingga sekarang. Hal ini terjadi karena kurang tegasnya pengendalian dan pengawasan yang dilakukan pemerintah dalam menangani masalah tersebut, yang dapat menyebabkan terjadinya penyempitan sungai yang dapat menyebabkan bencana banjir.



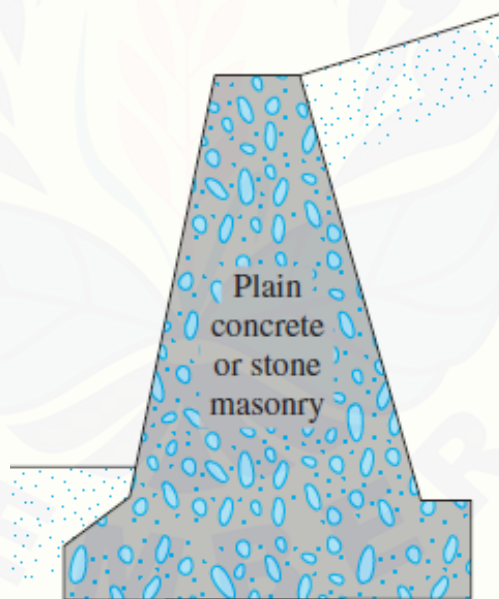
Gambar 2. 1 Batasan Sempadan Sungai
(Sumber: Google, 2020)

2.2 Dinding Penahan Tanah

Menurut Suyono Sosrodarsono (1980) dinding penahan tanah adalah struktur bangunan yang dibuat untuk menahan runtuhnya tanah yang curam atau lereng yang memiliki kestabilan yang tidak dapat diatasi oleh lereng itu sendiri. Berikut beberapa dinding penahan konvensional yang umumnya dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis menurut Braja M. Das (2011) yaitu sebagai berikut :

1. Dinding Gravitasi

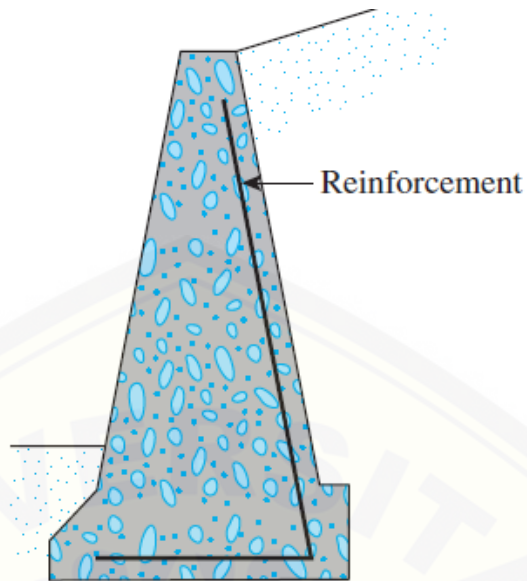
Konstruksi pada dinding ini dibangun dengan beton atau pasangan batu. Dinding jenis ini bergantung menaikkan stabilitas dengan menggunakan beratnya sendiri untuk menopang tanah di atasnya. Konstruksi dinding jenis ini tidak ekonomis apabila digunakan pada konstruksi dinding tinggi.



Gambar 2. 2 Tipe Dinding Gravitasi
(Sumber: Braja M. Das, 2011)

2. Dinding Semi-Gravitasi

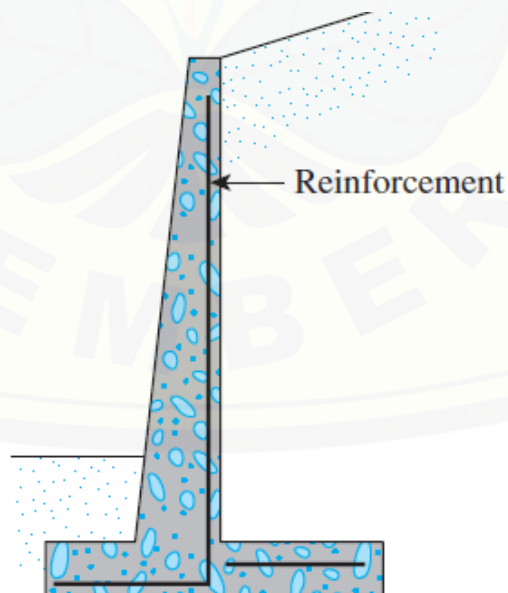
Konstruksi ini mirip dengan dinding gravitasi hanya saja berbentuk lebih ramping dan pada bagian dinding dipasang tulangan beton yang berfungsi untuk penghubung bagian dinding dan pondasi.



Gambar 2. 3 Tipe dinding semi-gravitasi
(Sumber: Braja M. Das, 2011)

3. Dinding Kantilever

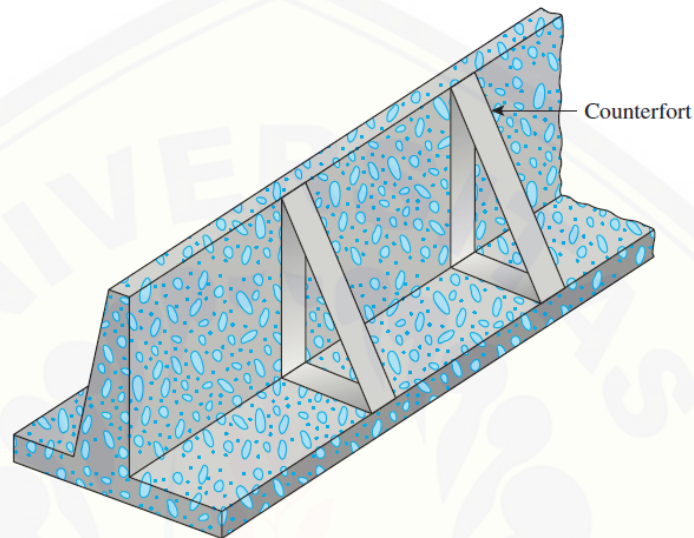
Konstruksi dinding jenis ini merupakan gabungan dinding dengan beton bertulang yang terdiri dari batang tipis dan pelat dasar berbentuk huruf T. Dinding jenis ini ekonomis digunakan untuk dinding dengan ketinggian sekitar 8 meter.



Gambar 2. 4 Tipe dinding kantilever
(Sumber: Braja M. Das, 2011)

4. Dinding *Counterfort*

Dinding ini mirip dengan dinding kantilever yang terbuat dari dinding beton bertulang tipis. Pada bagian dalamnya pada jarak tertentu juga dipasang pelat/dinding arah vertikal yang disebut *counterfort* (dinding pegulat).



Gambar 2. 5 Tipe dinding counterfort
(Sumber: Braja M. Das, 2011)

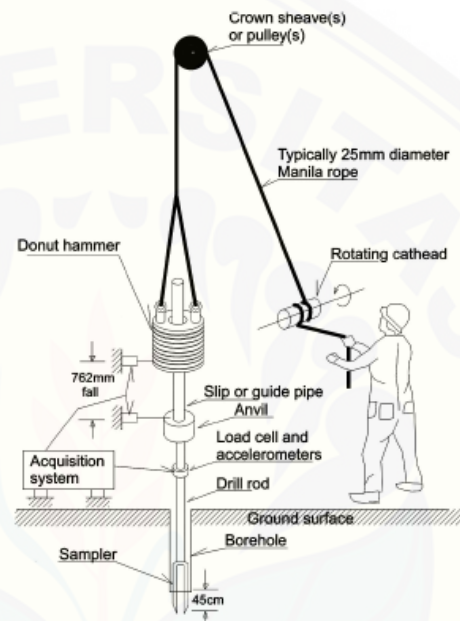
2.3 Penyelidikan Tanah

2.3.1 Uji Standart Penetration Test (SPT)

Uji *Standart Penetration Test* (SPT) adalah alat dinamis yang berasal dari amerika serikat, dan mulai dikembangkan pada tahun 1927. Uji *Standart Penetration Test* (SPT) digunakan untuk mendapatkan informasi dari lapisan bawah permukaan tanah. Metode ini salah satu metode yang populer dalam metode penyelidikan tanah dan memiliki nilai ekonomis. Cara ini telah dibakukan sebagai *American Standard for Testing and Materials* (ASTM) D 1568 sejak tahun 1958 hingga sekarang. Adapun cara pengujian SPT sebagai berikut :

1. Pemancangan alat sampling contoh tanah berupa silinder belah standard atau disebut tabung split spoon.

2. Perhitungan banyaknya jumlah pukulan untuk memasukan tabung split spoon yang memiliki Panjang 30,5 cm (12 inci \approx 1 ft.). pada hitungan terakhir untuk bilangan N-SPT.
3. Dengan menggunakan silinder hammer dengan berat 140 lb. (63,5 kg) yang dijatuhkan secara bebas dari ketinggian 30 inci (76 cm).



Gambar 2. 6 Uji *Standard Penetration Test* (SPT)
(Sumber: Schnaid, 2009)

Hasil rekapitulasi nilai uji SPT dari satu lubang bor dapat digambarkan grafik SPT terhadap kedalaman tanah. Hasil SPT dapat dipakai sebagai acuan analisis pendahuluan sementara untuk memperkirakan parameter tanah hasil uji laboratorium. Nilai uji SPT menghasilkan beberapa parameter mulai dari sudut geser (ϕ), Kohesi (c), gamma basah (γ_{sat}), D_r , dan konsistensi jenis tanah. Yang dapat dilihat pada tabel 2.1

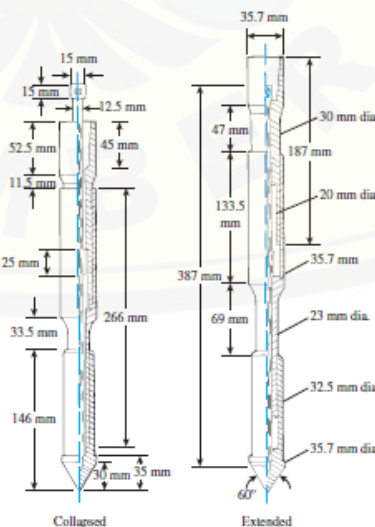
Tabel. 2.1 Korelasi berdasarkan nilai SPT

| Cohesionless Soil / Soil Pulverulent | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|------------|---------|---------|----------|------------|
| N | (blows) | 0 - 3 | 4 - 10 | 11 - 30 | 31 - 50 | > 50 |
| γ | (KN/m ³) | - | 12 - 16 | 14 - 18 | 16 - 20 | 18 - 23 |
| ϕ | (°) | - | 25 - 32 | 28 - 36 | 30 - 40 | > 35 |
| State | | Very Loose | Loose | Medium | Dense | Very Dense |
| Dr | (%) | 0 - 15 | 15 - 35 | 35 - 65 | 65 - 85 | 85 - 100 |
| Cohesive Soil / Soil Coherent | | | | | | |
| N | (blows) | < 4 | 4 - 6 | 6 - 15 | 16 - 25 | > 25 |
| γ | (KN/m ³) | 14 - 18 | 16 - 18 | 16 - 18 | 16 - 20 | > 20 |
| qu | (kPa) | < 25 | 20 - 50 | 30 - 60 | 40 - 200 | > 100 |
| Consistency | | Very Soft | Soft | Medium | Stiff | Hard |

(Sumber: J.E.Bowles, 1984)

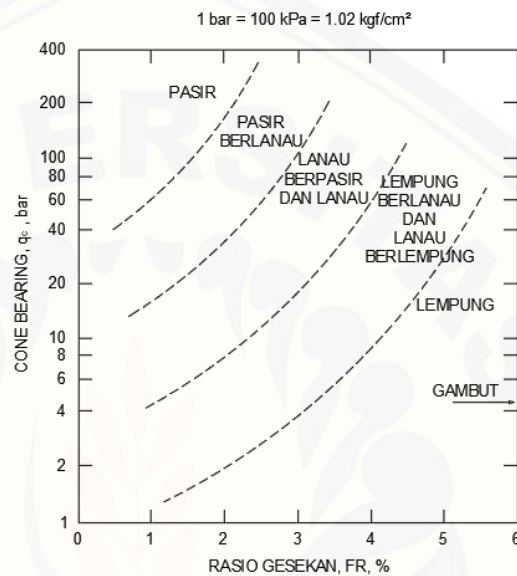
2.3.2 Uji Dutch Cone Penetration Test (DCPT)

Pengujian *Dutch Cone Penetration Test* (DCPT) adalah bagian dari penyelidikan tanah yang cukup sederhana. Uji DCPT digunakan hanya untuk tanah lempung lunak dan pasir halus sampai setengah kasar. Tidak bisa diterapkan pada tanah kerikil dan lempung kaku/keras. Dengan mekanisme pengujian yaitu mendorong kerucut baku kedalam tanah dengan kecepatan 10 sampai 20 mm/detik. Menurut ASTM D3441 Kerucut Baku adalah kerucut dengan ujung 60° dan memiliki diameter dasar 35,7 mm.



Gambar 2.7 *Dutch Cone Penetration Test* (DCPT)
(Sumber: Braja M. Das, 2011)

Dari hasil uji *Dutch Cone Penetration Test* (DCPT) juga dapat memperkirakan klasifikasi jenis tanah berdasarkan nilai konus dan nilai rasio geseknya. Klasifikasi tanah berdasarkan hasil data nilai uji *Dutch Cone Penetration Test* (DCPT) dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Klasifikasi tanah berdasarkan hasil uji DCPT (Sumber: Braja M. Das, 2002)

2.4 Beban Lalu Lintas

Pada seluruh lebar permukaan timbunan yang ditinjau perlu memperhitungkan beban tambahan yang bekerja di atasnya termasuk beban lalu lintas. Penambahan beban lalu lintas perlu ditambahkan ketika melakukan analisis stabilitas. Klasifikasi kelas jalan yang digunakan sebagai parameter acuan untuk penentuan berat beban lalu lintas tersebut.

Tabel 1. Beban Lalu Lintas Sebagai Beban Tambahan

| Kelas Jalan | Beban Lalu Lintas | Beban di Luar Jalan |
|-------------|-------------------|---------------------|
| | kPa | kPa |
| I | 15 | 10 |
| II | 12 | 10 |
| III | 12 | 10 |

(Sumber: DPU, 2001)

2.5 Kestabilan Lereng

Nilai faktor keamanan minimum stabilitas dari suatu lereng sungai terhadap besarnya kemungkinan terjadinya longsornya lereng maupun perancangan lereng akibat beban sendiri atau pengaruh dari beban yang tak terduga seperti gempa dan beban lalu lintas. Untuk nominal dari nilai safety faktor untuk analisis kestabilan lereng telah dijabarkan pada Tabel 2.1 (Bowles 1989) dan Tabel 2.2 (DPU, 2005).

Tabel 2. 1 Korelasi Nilai Faktor Keamanan Terhadap Kemungkinan Longsor

| Nilai SF | Kemungkinan Longsor |
|------------------|----------------------------|
| < 1,07 | Kelongsoran bisa terjadi |
| 1,07 < SF < 1,25 | Kelongsoran pernah terjadi |
| >1,25 | Kelongsoran jarang terjadi |

(Sumber: Bowles, J.E, 1989)

Tabel 2. 2 Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng

| Resiko Ekonomis | Resiko Terhadap Nyawa Manusia | Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan Terhadap Resiko Kehilangan Nyawa Manusia | | |
|--|-------------------------------|--|--------|--------|
| | | Diabaikan | Rendah | Tinggi |
| Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan Terhadap Resiko Kehilangan Secara Ekonomis | Diabaikan | 1,1 | 1,2 | 1,5 |
| | Rendah | 1,2 | 1,2 | 1,5 |
| | Tinggi | 1,4 | 1,4 | 1,5 |

(Sumber: DPU, 2005)

2.6 Gaya Dalam

Dalam perencanaan dinding penahan, seorang insinyur harus mengasumsikan beberapa dimensi nya. Pada perencanaan proporsional, asumsi semacam itu memungkinkan perencana untuk memeriksa bagian dari stabilitas dinding penahan. Jika dinding penahan menghasilkan gaya yang tidak diinginkan, perencanaan tersebut dapat diubah dan diperiksa Kembali.

2.6.1 Tekanan Lateral Tanah

Pada tahun 1776, Coulomb mengajukan teori untuk menghitung tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah dengan susunan tanah granular dibelakang dinding. Menurut Braja M. Das (2011) teori ini

bekerja dengan cara mempertimbangkan pengaruh gesekan antara dinding dan tanah granular di belakang dinding. Sudut gesek antara dinding dan tanah (δ) bergantung pada kekasaran dinding dan regangan lateral pada waktu dinding bergerak.

a. Tekanan Tanah Aktif

Persamaan tegangan tanah aktif

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \emptyset)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha - \delta) \left\{ 1 + \frac{\sin(\emptyset + \delta) \cdot \sin(\emptyset - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right\}^2}$$

Dengan :

P_a = Tekanan aktif total

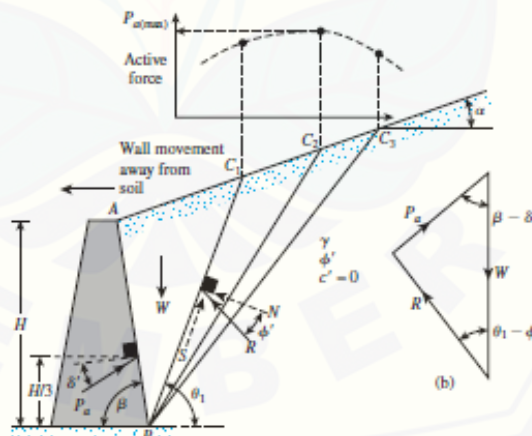
K_a = Koefisien tekanan tanah aktif

H_2 = Tinggi dinding penahan tanah

δ = Sudut gesek antara dinding dan tanah (derajat)

β = Sudut kemiringan permukaan tanah urugan (derajat)

\emptyset = Sudut gesek dalam tanah (derajat)



Gambar 2. 9 Tekanan Aktif Coulomb

(Sumber: Braja M. Das, 2011)

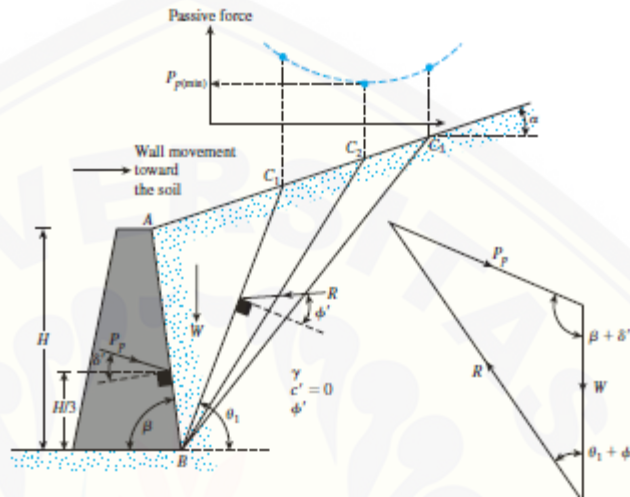
b. Tekanan Tanah Pasif

$$P_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_2 \cdot K_p$$

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \delta)}{\sin^2 \alpha \cdot \sin(\alpha + \delta) \left\{ 1 - \frac{\sin(\delta + \beta) \cdot \sin(\beta + \delta)}{\sin(\alpha + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right\}^2}$$

P_p = Tekanan pasif total

K_p = Koefisien tekanan tanah pasif



Gambar 2. 10 Tekanan Pasif Coulomb

2.6.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Dalam perencanaan dinding penahan tanah memungkinkan terjadinya kegagalan dalam perencanaan yang mengakibatkan

- Terjadinya guling pada struktur dinding penahan tanah
- Terjadinya pergeseran struktur dinding penahan tanah.
- Terjadinya kehilangan daya dukung tanah yang mendukung pangkal dinding penahan tanah
- Terjadi kegagalan geser yang mendalam.

Sehingga perlu dilakukan kontrol ulang pada perencanaan dinding penahan tanah agar meminimalisir terjadinya kejadian diatas.

2.6.3 Kontrol Gaya Guling

Dengan adanya gaya lateral tanah akibat dari tanah di belakang dinding penahan yang cenderung memberi gaya dorong yang mengakibatkan tergulingnya dinding penahan. Momen guling ini ditolak oleh momen akibat beban struktur dinding penahan itu sendiri dan akibat beban

tanah yang membebani pelat fondasi yang memberi faktor aman terhadap gaya guling

$$FS_{(Overturning)} = \frac{\Sigma M_R}{\Sigma M_O} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

ΣM_R = Jumlah besaran tahanan gaya guling

ΣM_O = Jumlah besaran momen guling

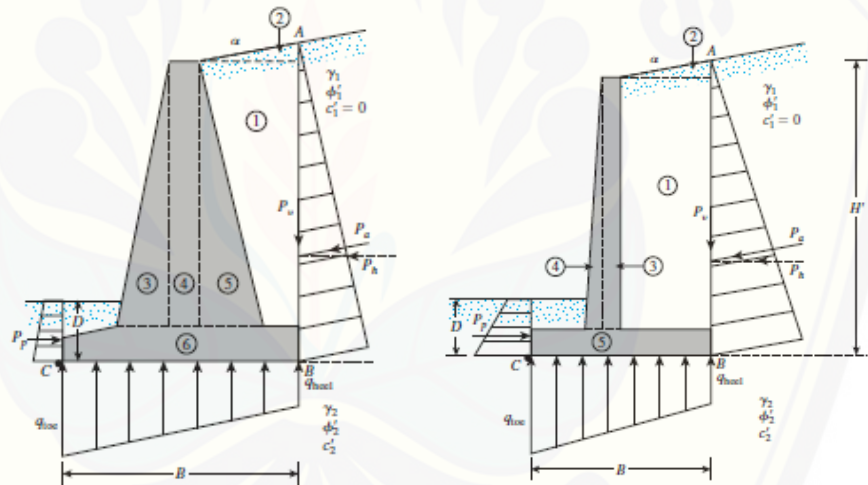
Dengan perumusan Momen Guling (ΣM_O)

$$\Sigma M_O = P_h \left(\frac{H'}{3} \right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

$P_h = P_a \cos \alpha$

H' = Tinggi dinding penahan



Gambar 2. 11 Kontrol untuk gaya guling

(Sumber: Braja M. Das, 2011)

2.6.4 Kontrol Gaya Geser

Gaya yang dapat mempengaruhi gaya geser dinding penahan adalah:

- Gesekan antara tanah dan dasar pelat fondasi
- Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Faktor aman dapat didefinisikan dengan

$$FS_{(sliding)} = \frac{\Sigma F_{Rt}}{\Sigma F_d} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

$$\Sigma F_R' = (\Sigma V) \tan \delta' + Bc'a + P_p$$

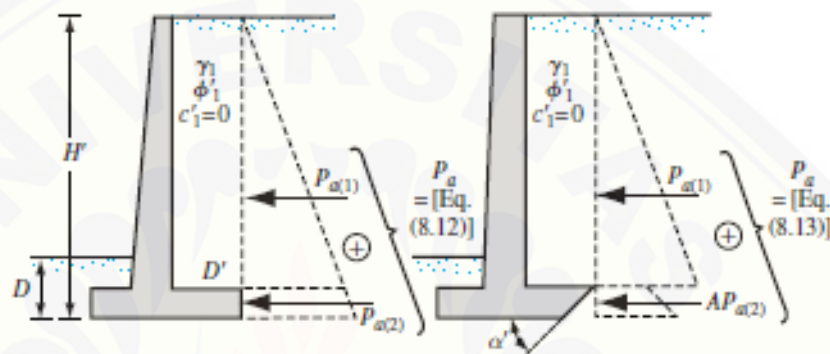
ΣF_R = Jumlah besaran tahanan gaya geser

$$\Sigma F_d = P_a \cos \alpha$$

ΣF_d = Jumlah besaran gaya geser

Jadi dapat dirumuskan ulang menjadi :

$$FS_{(sliding)} = \frac{(\Sigma V) \tan \delta' + Bc'a + P_p}{P_a \cos \alpha} \dots \dots \dots (2.4)$$



Gambar 2. 12 Kontrol gaya geser
(Sumber: Braja M. Das, 2011)

2.6.5 Kontrol Kapasitas Daya Dukung Tanah

Kapasitas daya dukung tanah dihitung menggunakan persamaan Terzaghi (1943), dengan detail persamaan sebagai berikut :

$$q_{ult} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i} + c' \cdot N_c \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qd} \cdot F_{qi}$$

- q = Tegangan efektif
- B = Lebar kaki dinding penahan
- F_{cs}, F_{qs}, F_{ys} = Faktor bentuk
- F_{cd}, F_{qd}, F_{ys} = Faktor kedalaman
- F_{ci}, F_{qi}, F_{yi} = Faktor inklinasi

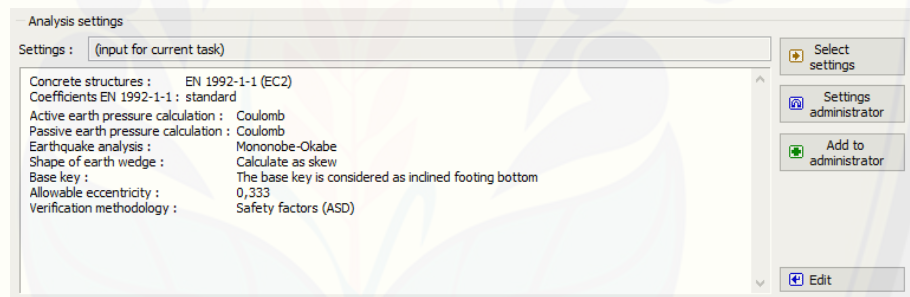
2.7 Software Berbasis Elemen Hingga

Software berbasis elemen hingga yang digunakan untuk pemodelan tanah dan melakukan simulasi terhadap perilaku pada tanah yang berkaitan dengan pekerjaan tanah salah satunya adalah perencanaan dinding penahan tanah (Retaining Wall)

Software berbasis elemen hingga digunakan untuk mengetahui detail informasi mengenai stabilitas dinding penahan dalam mengatasi bahaya gaya guling dan gaya geser akibat tekanan dari tanah atau beban bangunan di atasnya.

2.7.1 Analysis Setting

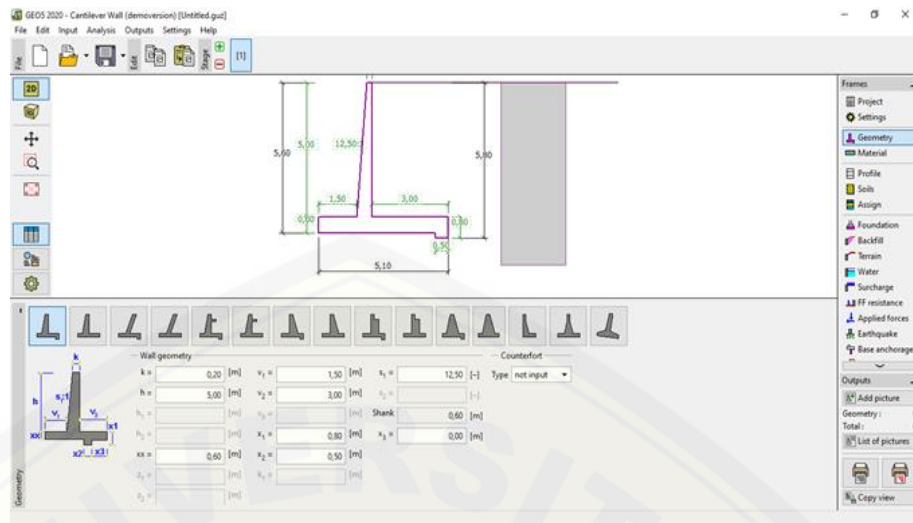
Pada metode verifikasi, peneliti menggunakan kaidah *safety factor* dengan nilai Sf sebagai output akhir nilai verifikasi, sedangkan untuk perhitungan tekanan tanah lateral aktif dan pasif menggunakan metode Coulomb. Untuk batasan toleransi *safety factor* telah ditetapkan sesuai kaidah SNI 8460 tahun 2017 tentang Perencanaan Geoteknik yang berlaku di Indonesia, yaitu batasan untuk tahanan guling sebesar >2 , untuk tahanan geser sebesar $>1,5$ dan >3 untuk daya dukung tanah



Gambar 2. 13 Tampilan jendela *Analysis Setting* pada *Software* berbasis FEM

2.7.2 Input Process

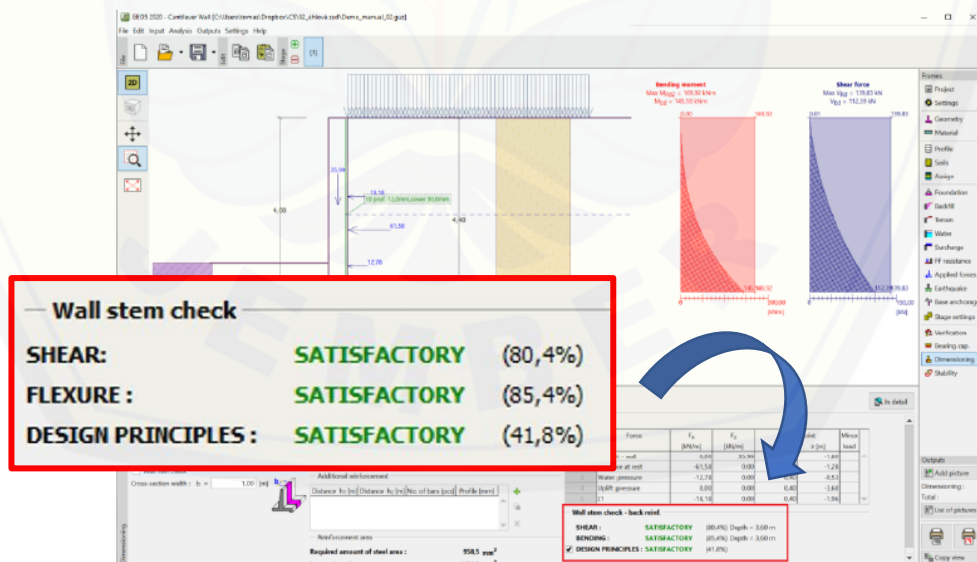
Input Process adalah tahapan pemodelan awal dimulai dari penggambaran dimensi geometri awal dan perencanaan material dinding penahan tanah (*Retaining wall*) layer tanah serta penginputan parameter tanah yang terdiri dari berat volume tanah (γ), berat volume tanah jenuh (γ_{sat}), kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ_{ef}), sudut geser tanah (δ) dan Permeabilitas (K). Dilanjutkan penentuan bentuk medan horizontal dan penentuan muka air tanah untuk parameter perhitungan gaya angkat oleh air (*Uplift*), parameter gaya gempa, serta penambahan besaran pembebanan diatas tanah yang ditahan.



Gambar 2. 14 Tampilan jendela *Input* pada *Software* berbasis FEM

2.7.3 Output Process

Pada output didapatkan hasil berupa nilai hasil analisa dalam kekuatan struktur dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) dan daya dukung struktur berupa hasil analisa gaya guling dan gaya geser. Bentuk dari keluaran *software* berbasis *elemen hingga* berbentuk table rekap yang siap cetak ataupun disimpan pada perangkat penyimpanan.

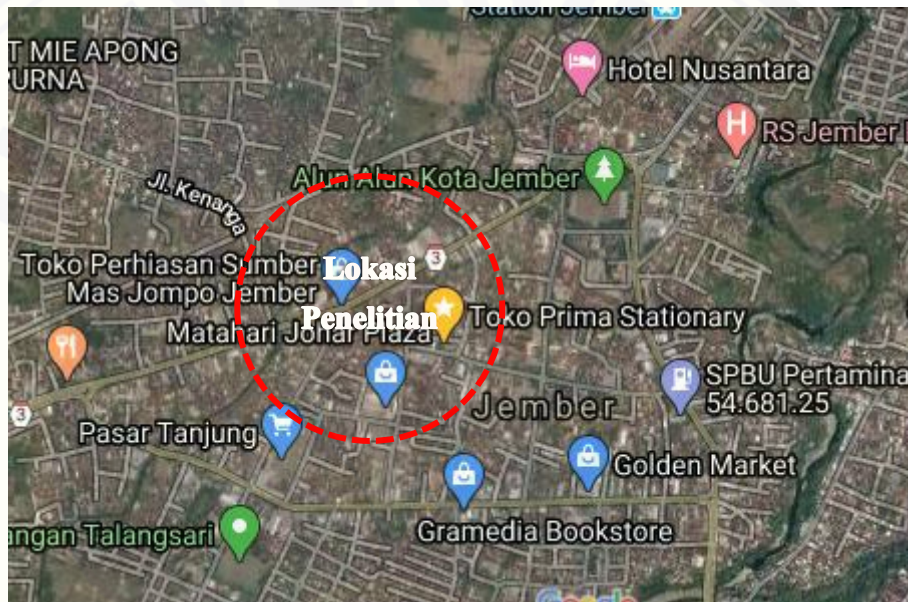


Gambar 2. 15 Tampilan jendela *Output* pada *Software* berbasis FEM

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Jl. Sultan Agung, Jompo Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur, yang terletak pada $8^{\circ}10'16.7''$ LS $113^{\circ}41'45.6''$ BT (Gambar 3.1), yang merupakan lokasi amblesnya tanah. Untuk memperjelas lokasi penelitian amblesnya tanah ini diperjelas pada gambar berikut ini



Gambar 3. 1 Peta lokasi penelitian
(Sumber : maps.google.com)

3.2 Metode Pengambilan Data

Dalam penelitian ini pengambilan data sekunder diperoleh dengan cara mengumpulkan parameter analisa dan perencanaan baru yang diperoleh dari beberapa instansi (Metode Interview).

3.2.1 Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini merupakan parameter-parameter analisa penelitian.

- a. Data tanah

Data tanah merupakan data tanah hasil uji sondir, pemboran dalam, dan uji laboratorium berupa uji geser dan uji permeabilitas. Data tersebut didapat dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BBPJN) VIII yang digunakan untuk menganalisa serta mengevaluasi dari perencanaan dinding penahan tanah tersebut.

b. Data beban lalu lintas

Data beban lalu lintas kendaraan pada penelitian ini mengikuti pada buku Panduan Geoteknik 4 Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3. 1. Beban lalu lintas berdasarkan kelas jalan

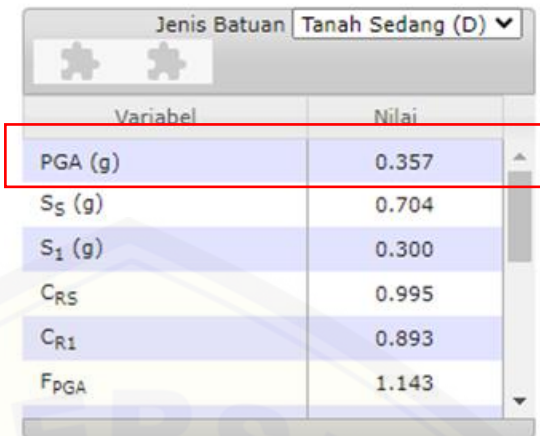
| Kelas Jalan | Beban Lalu Lintas |
|-------------|-------------------|
| | kPa |
| I | 15 |
| II | 12 |
| III | 12 |

(Sumber: DPU, 2001)

Digunakan beban rencana sebesar 12 kPa mengacu kepada kelas jalan yang ada pada lokasi penelitian ini.

c. Data gempa

Parameter perencanaan percepatan gempa (PGA) didapatkan melalui situs online Dinas PU yang dapat diakses pada link : http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/ dengan data input yakni koordinat atau nama kota. Input parameter percepatan gempa melalui situs online Dinas PU dapat di lihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



| Variabel | Nilai |
|--------------------|-------|
| PGA (g) | 0.357 |
| S ₅ (g) | 0.704 |
| S ₁ (g) | 0.300 |
| C _{R5} | 0.995 |
| C _{R1} | 0.893 |
| F _{PGA} | 1.143 |

Gambar 3. 2. Parameter Input Gempa

3.2.2 Metode Interview

Metode ini dilakukan dengan cara mewawancarai pihak-pihak atau instansi yang terkait langsung dengan pelaksanaan proyek di lapangan. Dari hasil interview didapatkan data yang tidak diberikan oleh data sekunder, meliputi :

- Kondisi lingkungan dan sosial masyarakat di sekitar lokasi penelitian.
- Hasil evaluasi instansi terkait bencana tersebut yang bisa dijadikan sebagai hipotesa permasalahan awal.

3.2.3 Tahapan Analitis

Pada tahapan penelitian ini adalah perhitungan besar kestabilan lereng yang bergantung pada tahanan geser dan tahanan guling pada struktur dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) untuk mendapatkan hasil perencanaan yang aman dan untuk menganalisa kestabilan struktur dinding penahan tanah digunakan metode elemen hingga (*Finite Element*) dengan bantuan *Software berbasis elemen hingga* untuk mempermudah dan mempercepat proses analisa data.

a. Analisis Bidang Longsor

Sebelum dilakukan perencanaan perkuatan lereng sangat perlu untuk melakukan analisis kestabilan lereng untuk melihat bidang gelincir dari lereng yang akan dibangun perkuatan. Analisis ini perlu dilakukan untuk menentukan jenis perkuatan dari lereng tersebut dan melakukan perencanaan untuk tinggi desain dinding penahan tanah.

b. Penentuan Dimensi

Tahapan yang pertama yaitu penentuan bentuk geometri dinding penahan sebagai struktur penahan tanah dengan cara Penginputan besaran dimensi struktur dinding penahan pada *Bar Geometry Frame*. Untuk besar dimensi dinding penahan dengan tipe kantilever telah diatur sesuai pada SNI 8460-2017 tentang perencanaan geoteknik secara menyeluruh. Persyaratan tersebut berisi perancangan dimensi minimum pada bagian dari dinding penahan tersebut seperti *stem, heel, toe, base, dan slope*.

c. Penginputan Parameter Tanah

Tahapan selanjutnya yaitu penginputan parameter tanah yang berupa profil tanah [m], nilai kohesi (c_{ef}) [kPa], sudut geser dalam (ϕ_{ef}) [°], gamma (γ) [kN/m³], gamma saturated (γ_{sat}) [kN/m³] dan penggambaran notasi layer profil tanah pada *FEM*.

d. Penginputan Beban Lalu Lintas

Tahapan selanjutnya yaitu Penginputan beban diatas tanah yang ditopang oleh dinding penahan yang berguna untuk parameter perhitungan simulasi kekuatan dari struktur tersebut. Digunakan nilai beban sebesar 12 kPa pada beban tersebut menyesuaikan kelas jalan dari lokasi penelitian tersebut.

e. Penginputan Beban Gempa

Beban gempa yang diperoleh dari situs online Dinas PU sebagai acuan penentuan nilai koefisien seismik vertikal (K_v) dan koefisien seismik horizontal (K_h). Pada SNI 8460:2017

menjelaskan bahwa koefisien tersebut dapat diasumsikan menggunakan metode Mononabe-Okabe dengan cara mengasumsikan nilai K_h sama dengan nilai PGA yang telah disesuaikan pada lokasi penelitian yaitu 0,357 dan nilai K_v sama dengan nol.

f. Penentuan Air Tanah

Pada tahapan ini tinggi muka air tanah serta tinggi muka air di depan dan di belakang dinding penahan ditentukan sebagai perhitungan gaya angkat oleh air (uplift) yang dapat merusak struktur dinding penahan tanah..

g. Proses Analisa

Pada tahapan ini adalah tahapan dimana semua parameter input diolah dalam program bantu berbasis FEM sehingga nantinya didapatkan hasil output.

h. Hasil Output

Dari penelitian ini, faktor keamanan berupa tinjauan dari stabilitas terhadap tahanan gaya geser, tahanan gaya guling, daya dukung tanah, serta stabilitas lereng merupakan hasil akhir *Software* berbasis elemen hingga

i. Pendetailan

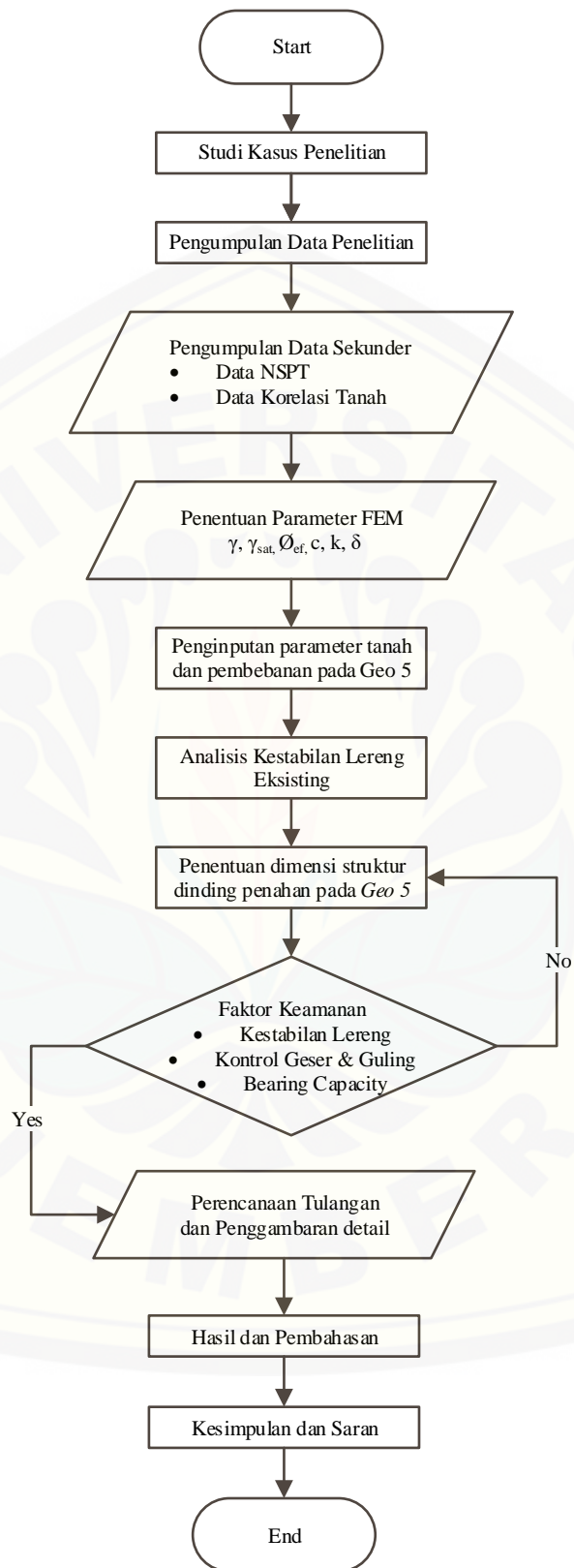
Pada tahap ini adalah tahapan perencanaan tulangan struktur pada struktur dinding penahan dan penggambaran detail dari dinding penahan tanah dengan tipe kantilever.

Estimasi pengerjaan dan tahapan pengerjaan penelitian yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 3.1 dan estimasi waktu penelitian pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Estimasi Waktu Penelitian

| No. | Kegiatan | Lama Pengerjaan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------------------|-----------------|---|---|---|-----------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|-------|---|---|---|
| | | Agustus | | | | September | | | | Oktober | | | | November | | | | Desember | | | | Januari | | | | Februari | | | | Maret | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Persiapan Proposal | █ | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Seminar Proposal | | | | | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Revisi | | | | | | | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Pengumpulan Data | | | | | | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Analisa Kestabilalan DPT | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Analisa Hasil | | | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Perencanaan Ulang DPT | | | | | | | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | | | | | | | | |
| 8 | Penggambaran Desain DPT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | | | | |
| 9 | Penulisan Laporan Hasil | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ | █ |
| 10 | Seminar Hasil dan Sidang | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | █ | █ | █ | █ |

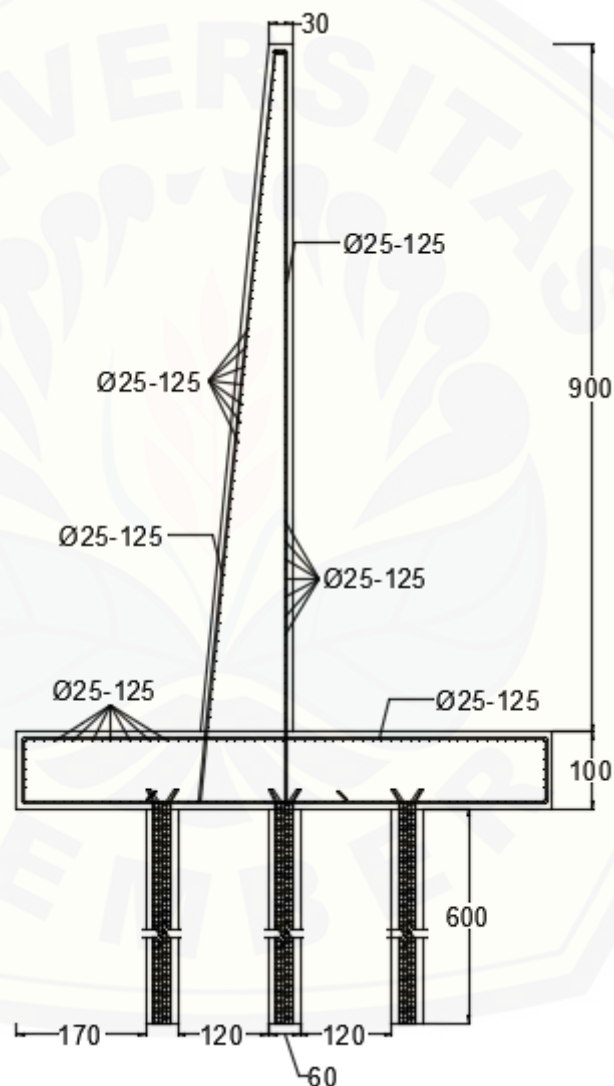


Gambar 3. 3 *Flowchart* Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- 1) Pada kesimpulan digunakan dinding penahan tanah desain 1 dengan kombinasi perkuatan pondasi boredpile diameter 60 cm yang dipancang sedalam 6 m dibawah permukaan tanah dengan dimensi dinding penahan sebagai berikut,



Gambar 1. Dimensi desain yang dipilih

Desain 1 dipilih karena memiliki kesesuaian dimensi dengan safety factor (Sf) yang lebih optimal dibandingkan dengan desain yang lain.

- 2) Dari hasil dan pembahasan didapatkan hasil analisis perhitungan stabilitas dinding penahan tanah yaitu :
 - a. Stabilitas terhadap guling (overturning) $3.08 > 2$ (Aman)
 - b. Stabilitas terhadap geser (Sliding) $1.84 > 1,5$ (Aman)
 - c. Stabilitas daya dukung (Bearing Capacity) $8,22 > 3$ (Aman)
- 3) Digunakan mutu beton (F_c') 40 MPa dan Mutu Tulangan (F_y) 420 Mpa dengan diameter 25 mm dan jarak 125 mm.

5.2 Saran

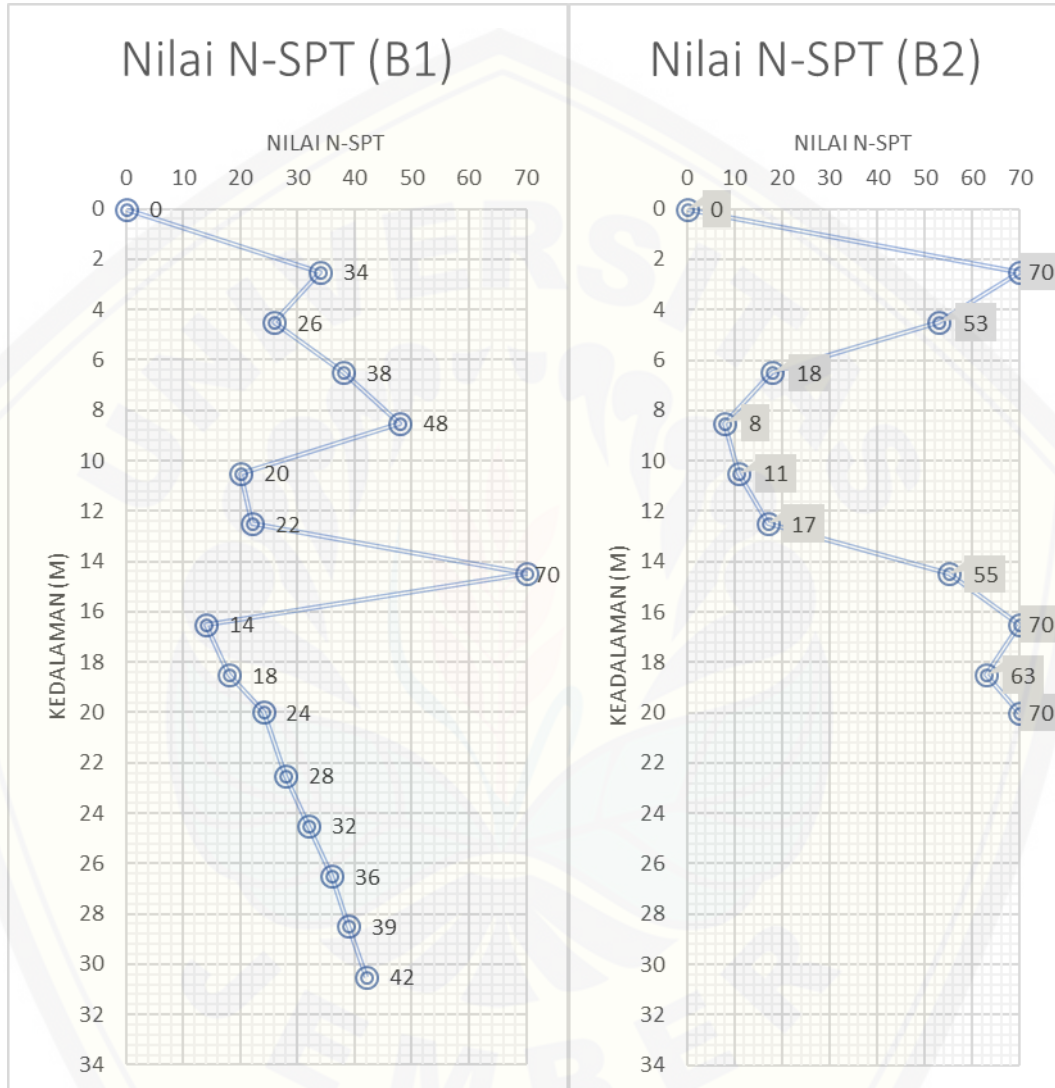
- 1) Jika akan menggunakan *software FEM* penulis menyarankan kepada pembaca untuk memahami dahulu konsep metode perhitungan manual dari stabilitas dinding penahan tanah.
- 2) Dalam perencanaan struktur dinding, sebagai perencana harus memahami kondisi dari lokasi yang akan dibangun sehingga perencanaan dinding penahan tanah dapat dianalisis sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan.
- 3) Saat merencanakan dinding penahan tanah, disarankan data-data tanah harus tersedia lengkap dan akurat sehingga dapat mendapatkan hasil analisis yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering. 7th Edition*. Stamford : Cengage Learning,.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I Edisi 3*. Jogja : Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. 2003. *Mekanika Tanah II Edisi 3*. Jogja : Gadjah Mada University Press.
- Hartini, D. 2020. Detik-detik Jalan Sultan Agung Jember Ambles, 9 Ruko Roboh. <https://www.kompas.tv/article/69309/detik-detik-jalan-sultan-agung-jember-ambles-9-ruko-roboh> [Diakses pada 14 Juli 2020].
- Keerthi, C. dan Rajendra, A. dan Venkateswarlu, A. 2019. *Design of Free Cantilever, Counter fort and T-flanged Cantilever Type Retaining Wall*. India : Blue Eyes Intelligence Engineering & Sciences Publication
- Nurchahyo, M. A. 2019. *Evaluasi Stabilitas Dan Deformasi Tanah Lunak Pada Pembangunan Basement*. Jember : Universitas Jember
- Nugraha, A. S. dan Sutanto, A. K. 2019. *Pengaruh Sudut Kemiringan Lereng Terhadap Angka Stabilitas Lereng Tanah Kohesif Berdasarkan Kurva Taylor Dan Software Geo5*. Bandung : Universitas Kristen Maranatha
- Setiawan, H. 2011. *Perbandingan Penggunaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Dan Gravitasi Dengan Variasi Ketinggian Lereng*. Palu : Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako
- Zakir, I. 2017. *Perencanaan Penguatan Lereng Menggunakan Dinding Penahan Tipe Kantilever Di Desa Cisarua Nanggung Bogor*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Grafik NSPT Pada Daerah Penelitian



Lampiran 2. Tabel Nilai Korelasi BH-1

| Depth (m) | N-SPT B1 | Jenis Tanah | N' | γ | γ_{sat} kN/m ³ | γ' kN/m ³ | q_u kN/m ² | Cu kN/m ² | ϕ |
|--------------|-------------|-----------------------------------|------|----------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------|
| 0 | 0 | Pasir, Kerikil, Lanau | 0 | 9.333333 | 10.33333 | 0.333333 | - | - | 20.33333 |
| 2.5 | 34 | | 24.5 | 16.63158 | 17.63158 | 7.631579 | - | - | 12 |
| 4.5 | 26 | Pasir Kelanauan dan Kerikil | 20.5 | 17.15789 | 18.15789 | 8.157895 | - | - | 34.31579 |
| 6.5 | 38 | | 26.5 | 17.47368 | 18.47368 | 8.473684 | - | - | 33.68421 |
| 8.5 | 48 | Pasir dan Berbatu | 31.5 | 19.57895 | 20.57895 | 10.57895 | - | - | 38.94737 |
| 10.5 | 20 | Pasir Kelanauan dan Kerikil | 17.5 | 15.89474 | 16.89474 | 6.894737 | - | - | 31.78947 |
| 12.5 | 22 | | 18.5 | 16.31579 | 17.31579 | 7.315789 | - | - | 32.63158 |
| 14.5 | 70 | Berbatu | 42.5 | 23 | 24 | 14 | - | - | 40 |
| 16.5 | 14 | Pasir Kelanauan dan Kerikil | 14.5 | 14.63158 | 15.63158 | 5.631579 | - | - | 29.26316 |
| 18.5 | 18 | | 16.5 | 15.47368 | 16.47368 | 6.473684 | - | - | 30.94737 |
| 20 | 24 | | 19.5 | 16.73684 | 17.73684 | 7.736842 | - | - | 33.47368 |
| 22.5 | 28 | | 21.5 | 17.57895 | 18.57895 | 8.578947 | - | - | 35.15789 |
| 24.5 | 32 | | 23.5 | 16.21053 | 17.21053 | 7.210526 | - | - | 30.52632 |
| 26.5 | 36 | Lanau Kepasiran dan Berkerikil | 25.5 | 20 | 21 | 11 | - | - | 32.63158 |
| 28.5 | 39 | | 27 | 20 | 21 | 11 | - | - | 34.21053 |
| 30.5 | 42 | | 28.5 | 20 | 21 | 11 | - | - | 35.78947 |

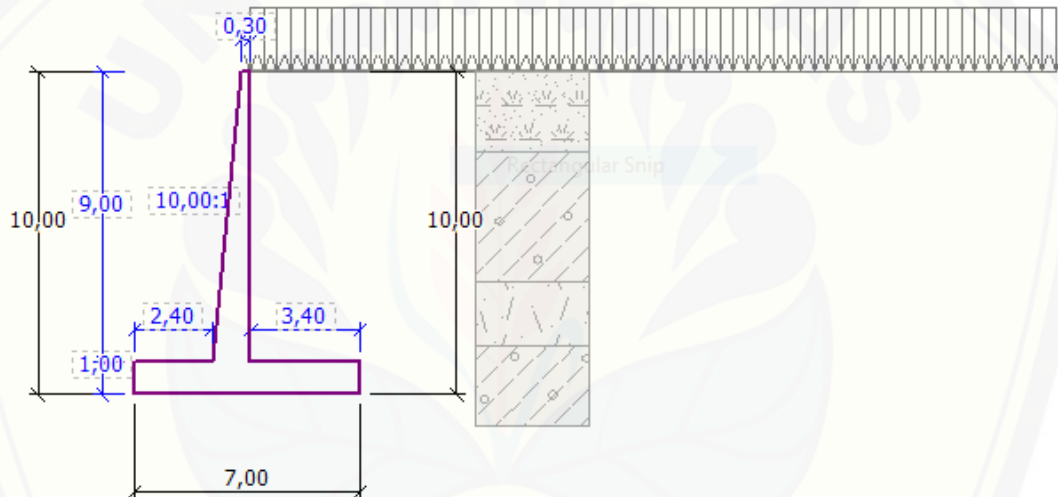
Lampiran 3. Tabel Nilai Korelasi BH-2

| Depth (m) | N-SPT B2 | Jenis Tanah | N' | γ | γ_{sat} kN/m ³ | γ' kN/m ³ | q_u kN/m ² | Cu kN/m ² | ϕ |
|--------------|-------------|--------------------------------|------|----------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| 0 | 0 | Batu dan Pasir | 0 | 9.333333 | 9.333333 | -0.66667 | - | - | 0 |
| 2.5 | 70 | | 42.5 | 21 | 21 | 11 | - | - | 40 |
| 4.5 | 53 | | 34 | 20 | 20 | 10 | - | - | 40 |
| 4.5 | 53 | Lanau Kepasiran dan Lempung | 34 | 20 | 20 | 10 | 200 | 100 | 40 |
| 6.5 | 18 | | 16.5 | 15.47368 | 15.47368 | 5.473684 | 75.55556 | 37.77778 | - |
| 8.5 | 8 | Lanau Kelempungan | 8 | 14.66667 | 14.66667 | 4.66667 | 36.66667 | 18.33333 | - |
| 10.5 | 11 | | 11 | 14 | 14 | 4 | 46.66667 | 23.33333 | - |
| 12.5 | 17 | | 16 | 15.26316 | 15.26316 | 5.263158 | 57.77778 | 28.88889 | - |
| 14.5 | 55 | Lanau Kelempungan | 35 | 20 | 20 | 10 | 200 | 100 | - |
| 16.5 | 70 | Berbatu | 42.5 | 21 | 21 | 11 | 200 | 100 | 40 |
| 18.5 | 63 | Lanau Kelempungan | 39 | 20 | 20 | 10 | 200 | 100 | - |
| 20 | 70 | | 42.5 | 21 | 21 | 11 | 200 | 100 | - |

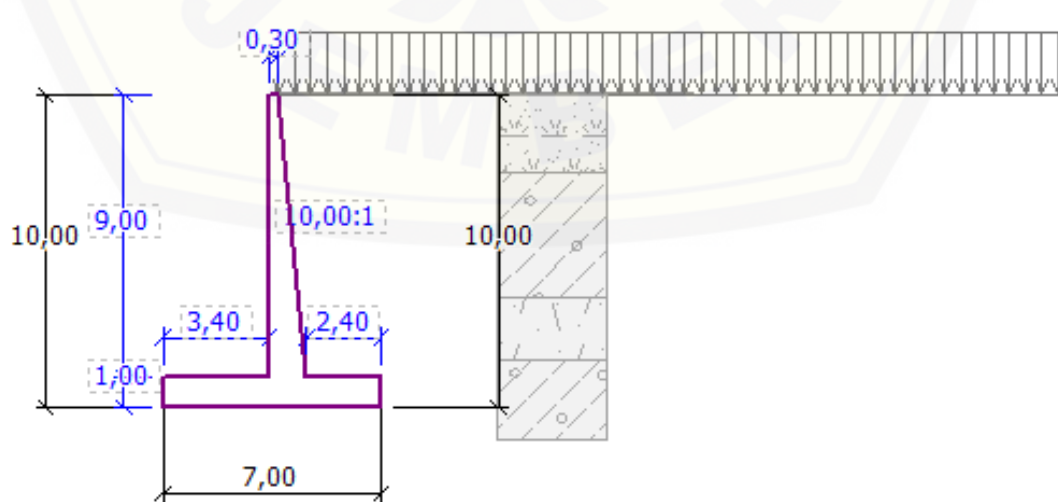
Lampiran 4. Tampilan Input Layer Tanah

| Soils: | | |
|--------------|---------------|-----------------------------------|
| A | | |
| No. of layer | Thickness [m] | Assigned soil |
| 1 | 2,50 | 1. Pasir, Kerikil, Lanau |
| 2 | 4,00 | 2. Pasir Kelanauan dan Kerikil |
| 3 | 2,00 | 3. Pasir dan Berbatu |
| 4 | 4,00 | 4. Pasir Kelanauan dan Kerikil |
| 5 | 2,00 | 5. Berbatu |
| 6 | 10,00 | 6. Pasir Kelanauan dan Kerikil |
| 7 | 6,00 | 7. Lanau Kepasiran dan Berkerikil |
| 8 | | 7. Lanau Kepasiran dan Berkerikil |

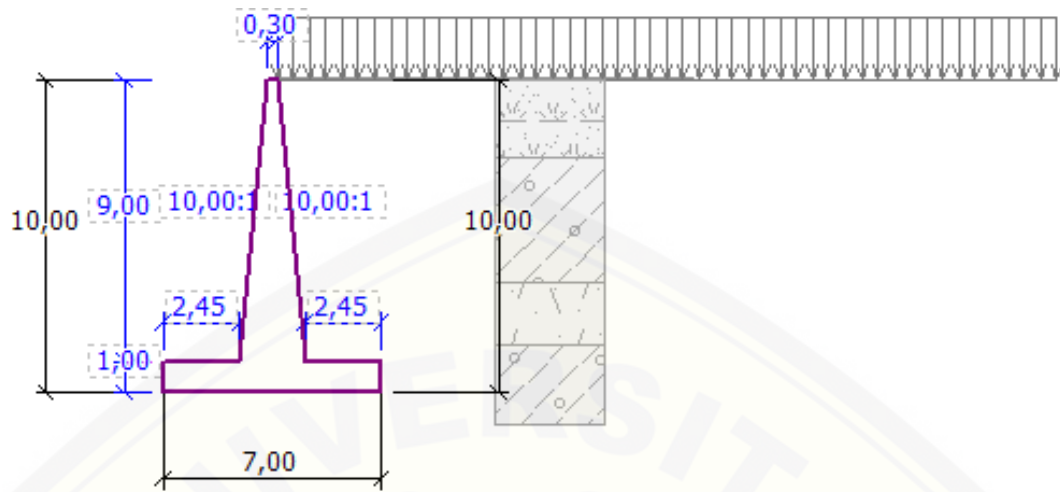
Lampiran 5. Penempatan Beban Lalu-Lintas Pada Desain 1



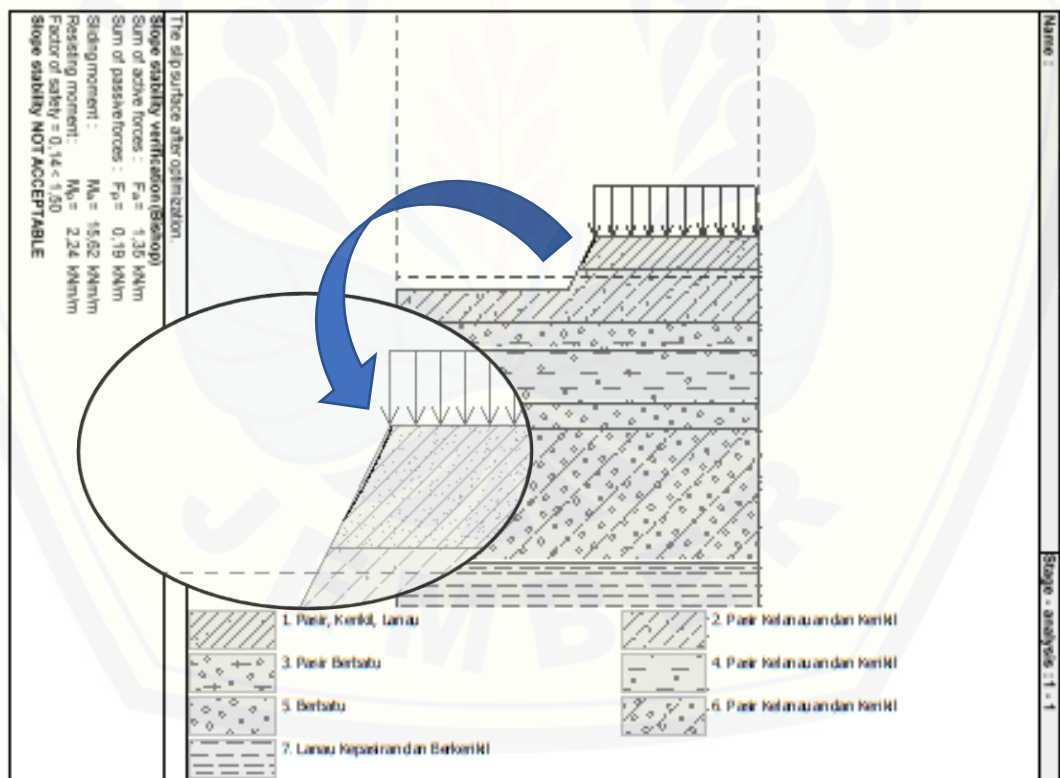
Lampiran 6. Penempatan Beban Lalu-Lintas Pada Desain 3



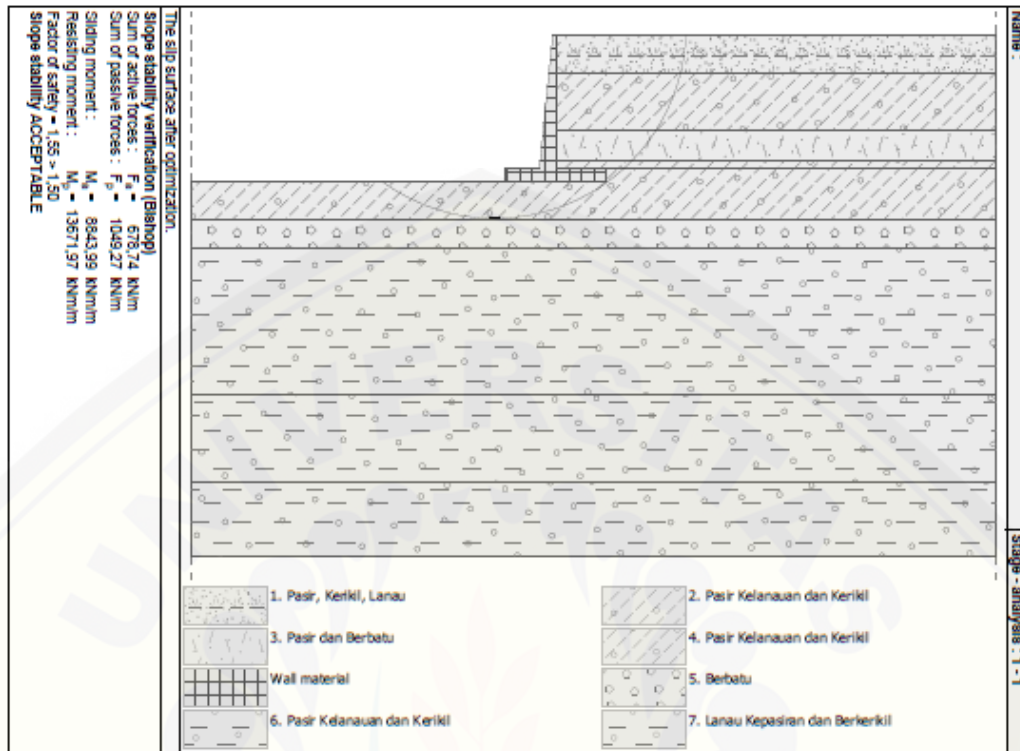
Lampiran 7. Penempatan Beban Lalu-Lintas Pada Desain 4



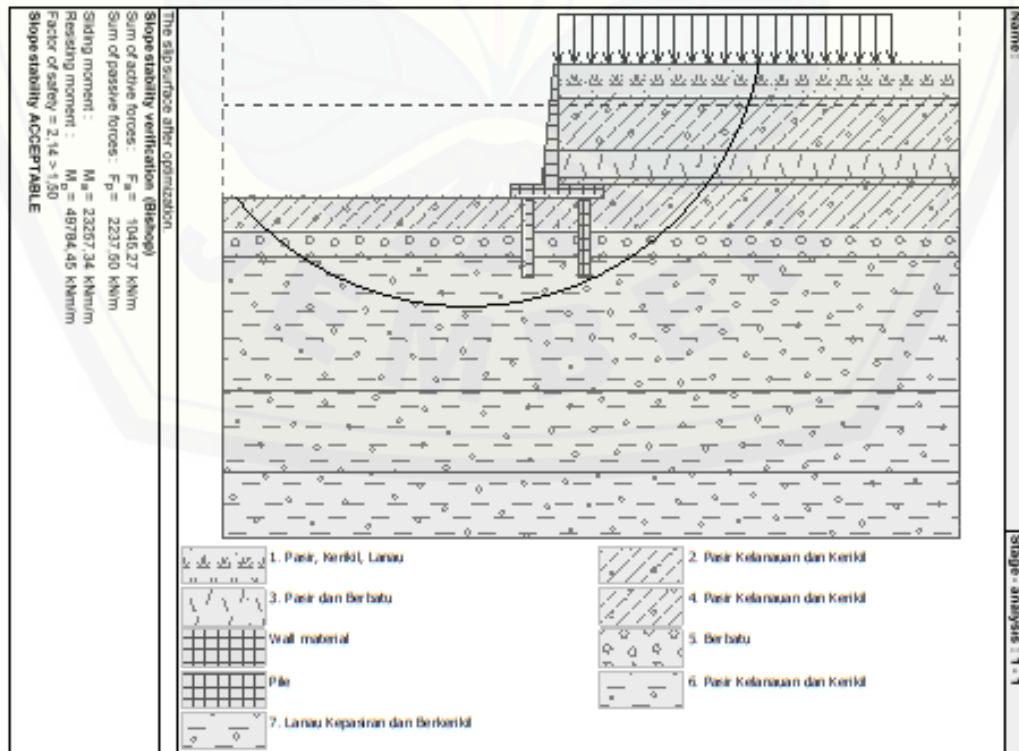
Lampiran 8. Hasil Analisis Stabilitas Lereng Pada Pra-Desain Menggunakan FEM



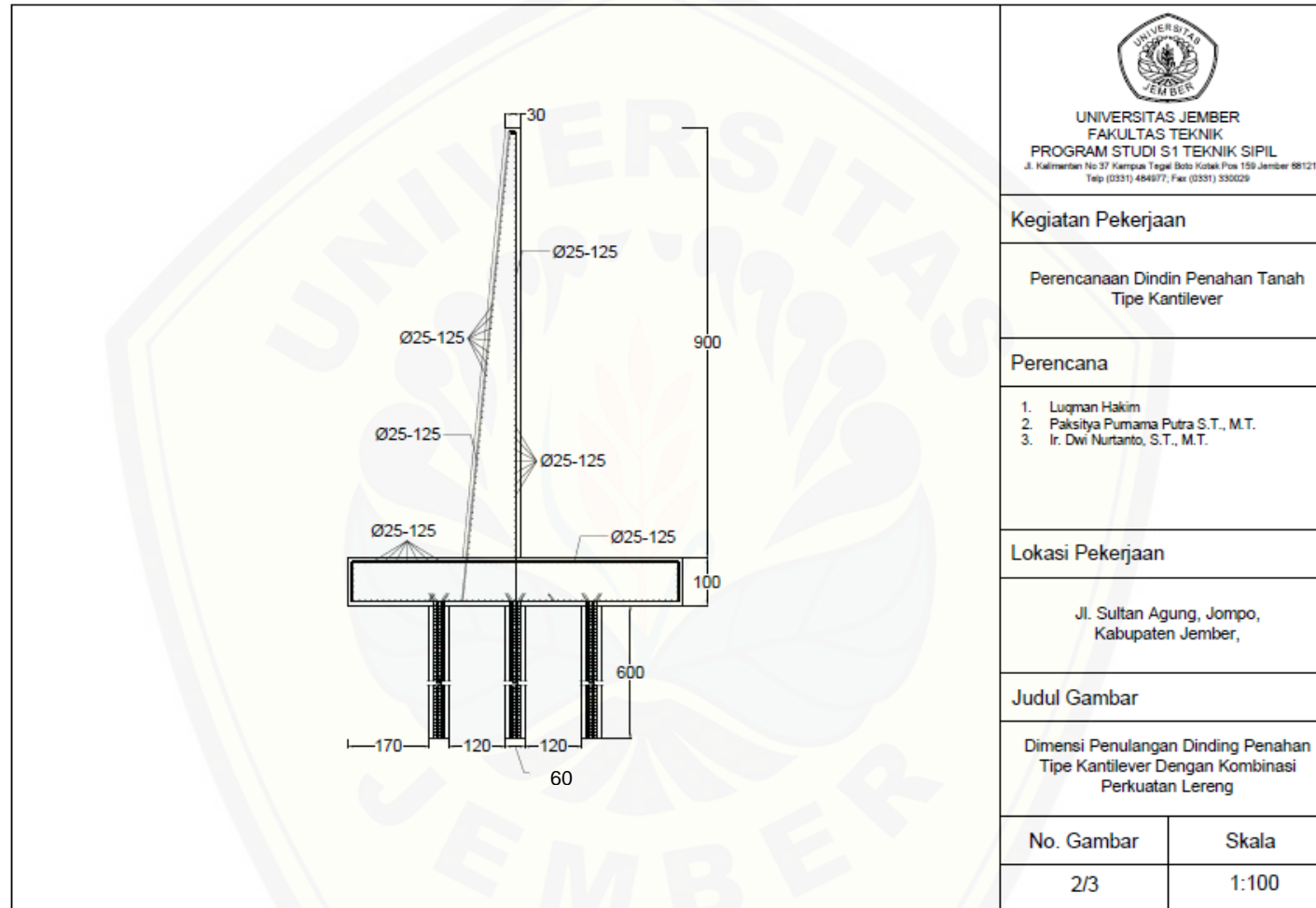
Lampiran 9. Hasil Analisis Stabilitas Lereng Pada Desain Terpilih Menggunakan FEM



Lampiran 10. Hasil Analisis Stabilitas Lereng Setelah Penabahan Pile Menggunakan FEM



Lampiran 11. Gambar Kerja Struktur Dinding



Lampiran 12. Gambar Detail Borepile

