



**EVALUASI TEKANAN TANAH AKIBAT GALIAN PONDASI
STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG AMG
TOWER SURABAYA**

SKRIPSI

Oleh

MOHAMMAD LUKI FIRMANSAH

NIM 121910301079

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**EVALUASI TEKANAN TANAH AKIBAT GALIAN PONDASI
STUDI KASUS PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG AMG
TOWER SURABAYA**

SKRIPSI

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

Oleh

MOHAMMAD LUKI FIRMANSAH

NIM 121910301079

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua Orangtuaku, Ibunda Nurul Hikmah tercinta, yang telah memberi kasih sayang serta pengorbanan selama masa hidupnya, serta Ayahanda Samsul Ma`arif yang telah memberi semangat, dukungan, dan pengorbanannya,
2. Adikku Fita Nursida yang selalu memberi semangat,
3. Guru-guruku sejak TK sampai SMA dan semua Dosen Jurusan Teknik Sipil yang terhormat, yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya dengan penuh kesabaran,
4. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

"Demi masa, sesungguhnya manusia itu benar-benar dalam keadaan merugi (celaka),
kecuali orang-orang yang berian, beramal saleh, saling menasehati dalam kebenaran,
dan saling menasehati dalam kesabaran"

(Terjemahan Surah Al-Ashr ayat 1-3)

“Ketika harapan seseorang dikurangi hingga titik nol, dia akan sungguh-sungguh
mengapresiasi semua yang dia miliki saat ini”

(Stephan Hawking)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mohammad Luki Firmansah

NIM : 121910301079

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Evaluasi Tekanan Tanah Akibat Galian Pondasi Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung AMG Tower Surabaya" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Juni 2016

Yang menyatakan

Mohammad Luki Firmansah

NIM. 121910301079

SKRIPSI

**Evaluasi Tekanan Tanah Akibat Galian Pondasi Studi Kasus Proyek
Pembangunan Gedung AMG Tower Surabaya**

Oleh

Mohammad Luki Firmansah

NIM 121910301079

Pembimbing,

Dosen Pembimbing I : Mokhammad Farid Maruf S.T., M.T., Ph.D

Dosen Pembimbing II : Januar Fery Irawan S.T., M.Eng

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Evaluasi Tekanan Tanah Akibat Galian Pondasi Studi Kasus
Proyek Pembangunan Gedung AMG Tower Surabaya” (Mohammad Luki
Firmansah,121910301079) telah diuji dan disahkan pada :

hari : Rabu

tanggal : 15 Juni 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Mokhammad Farid Maruf, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19721223 199803 1 002

Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng.
NIP. 19760111 200012 1 002

Penguji I,

Penguji II,

Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T.
NIP. 19710327 199803 1 003

Dwi Nurtanto, S.T.,M.T.
NIP. 19731015 199802 1 001

Mengesahkan
Dekan,

Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP. 19661215 199503 2 001

Ringkasan

Evaluasi Tekanan Tanah Akibat Galian Pondasi Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung AMG Tower Surabaya; Mohammad Luki Firmansah, 121910301079, 2016; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember,

Proyek pembangunan gedung AMG Tower terletak di kota Surabaya, pembangunan yang berdekatan dengan gedung tinggi mengakibatkan kurangnya stabilitas tanah pada saat dilakukan galian pondasi. Dimana tanah pada bagian sisi-sisi galian mengalami tekanan lateral tanah yang diakibatkan oleh gedung atau bangunan disamping proyek. Selain ketidak stabilan tanah galian, permasalahan lain yang timbul adalah genangan air. Galian basement yang terletak di bawah muka air tanah akan mengakibatkan kestabilan dari galian terganggu dan pekerjaan yang dilakukan didalam galian dapat ikut terganggu. Penanggulangan permasalahan sudah dilakukan dalam proyek, seperti membuat dinding penahan tanah atau *sheet pile* yang dipasang pada sisi – sisi galian serta metode *dewatering* guna mengatasi genangan air juga telah dijalankan tapi tanah tetap tidak stabil dan mengakibatkan tembok gedung dan bangunan di samping proyek mengalami kemiringan akibat penurunan tanah.

Dengan menggunakan *software Plaxis 2D v8* analisis tekanan tanah dilakukan untuk mencari solusi yang tepat dalam mengatasi penurunan tanah di area pembangunan gedung AMG Tower. Langkah analisis dengan memasukan data tanah berupa (γ , E , ν , c , ϕ) sesuai dengan N-SPT yang terdapat pada proyek, beban bangunan yang berdiri di samping kanan dan kiri galian, serta geomteri galian proyek yang digambarkan sesuai kondisis eksisting proyek.

Berdasarkan hasil analisis galian pada proyek AMG Tower Surabaya dengan menggunakan program *Plaxis v8.2* menunjukkan penurunan tanah pada dinding galian sebesar $158,15 \times 10^{-3}$ m atau 15,8 cm dan menunjukkan angka *Safety Factor* sebesar 1,038 lebih kecil dari nilai SF minimal sebesar 1,5. Dapat disimpulkan bahwa tanah

galian tetap mengalami longsor meskipun sudah diperkuat dengan dinding penahan *sheet pile* maka diperlukanya rekomendasi pemasangan *Sheet Pile*.

Analisa rekomendasi pemasangan *Sheet pile* dengan menambah kedalaman menjadi 18m menunjukkan penurunan angka *Deformed Mesh* sebesar $39,68 \times 10^{-3}$ m atau 3,968 cm serta angka *Safety Factor* meningkat menjadi 2,175 lebih besar dari nilai SF minimal 1,5 sehingga bisa dinyatakan aman.



SUMMARY

Evaluation of Soil Stresses Effect from Excavation of Foundation Case Study Building Project AMG Tower Surabaya; Mohammad Luki Firmansah, 121910301079, 2016; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember,.

Building project of AMG Tower located in Surabaya city. The project is contiguous from the other high-rise building it effect to decrease of land stability when the project do excavation of foundation. Where the land in the sides of excavation have lateral stresses which the result from building or construction in the side of project. Besides instability of excavation land, the other problem which appear is puddle. Excavation of basement which located under ground water level will disturb the stability of excavation and the employment will be disturbed too. The resolve for this case has been done in the project, such as creating a retaining wall or sheet pile which installed in the sides of excavation and doing dewatering method for resolve the puddle but it still not stable and effect the wall of building with the construction beside the project have displacement place.

By using software Plaxis 2D v8 soil stresses analysis is performed to find the right solution for resolving displacement place in the area building project AMG Tower. The steps of analysis it include the soil data form (γ , E , ν , c , ϕ) based on N-SPT which in the project, the load of building in the sides of excavation, and the geometry of excavation project which drawing appropriate existing condition of project.

Based on the result of analysis excavation on AMG Tower Surabaya project by using program Plaxis v8.2 it showing soil displacement place of retaining wall is $158,15 \times 10^{-3}$ m or 15,8 cm and the safety factor is 1,038 smaller than minimum SF that 1,5. It can be concluded that the dugouts still experiencing landslides despite being reinforced with sheet pile retaining wall then the need for installation recommendations Sheet Pile

Analysis Sheet pile installation recommendations to add depth to be 18m Mesh Deformed figures showed a decrease of 39.68×10^{-3} m or 3.968 cm and Safety Factor numbers increased to 2,175 SF greater than the value of at least 1.5 so it could be declared safe.



PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Evaluasi Tekanan Tanah Akibat Galian Pondasi Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung AMG Tower Surabaya*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr.Ir. Entin Hidayah, M.U.M, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ir. Hernu Suyoso, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember
3. Mokhammad Farid Maruf, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan banyak bimbingan, waktu dan tenaga demi kesempurnaan skripsi ini serta kesabaran dan dukungan yang tidak henti-hentinya.
4. Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak bimbingan, waktu dan tenaga dalam penyusunan skripsi ini;
5. Akhmad Hasanuddin, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji I skripsi yang telah meluangkan waktu, dan pikirannya dalam penulisan skripsi ini.
6. Dwi Nurtanto, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II skripsi yang telah meluangkan waktu, dan pikirannya dalam penulisan skripsi ini.
7. Kawan-kawan Battleborg, Kontrakan 1 s/d 3, Ibu-Ibu Pejabat, KKN 137 Ds. Kapongan yang memberi banyak pelajaran dalam membina kebersamaan, kekeluargaan serta kekompakan,
8. Teman-teman seperjuangan bimbingan bapak Farid Ph,D, Arga saputra, Kiswara, hammas jericho, Alifa Nur M, Ahmad Faisol Z, Laelatul Eviyah dan Rena

9. Miranty seseorang yang selalu meluangkan waktunya untuk menyemangati dalam setiap proses saya diperkuliahan,
10. Kawan-kawan Teknik Sipil Universitas Jember seperjuangan khususnya angkatan 2012, yang namanya tidak bisa disebut satu-persatu karena semua ikut berperan dalam proses pembelajaran dan bermain di civitas akademika ini,
11. Segenap pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 15 April 2016
Penulis

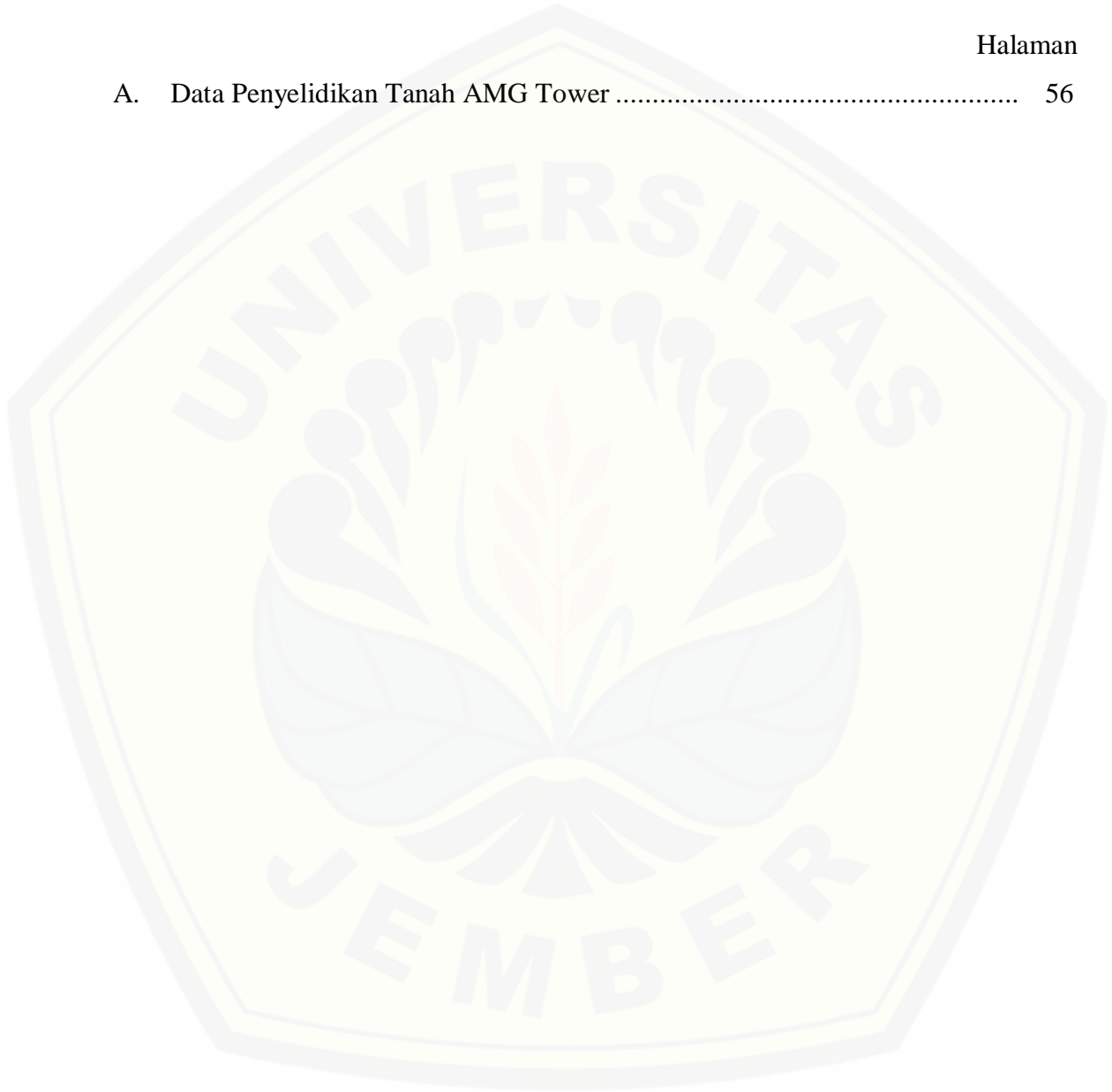
DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTTO | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PEMBIMBINGAN | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vi |
| RINGKASAN | vii |
| SUMMARY | ix |
| PRAKATA | xi |
| DAFTAR ISI | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah | 2 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1 Dinding Penahan Tanah | 3 |
| 2.2 Tekanan Tanah Lateral | 5 |
| 2.2.1 Tekanan Tanah Saat Diam | 5 |
| 2.2.2 Tekanan Tanah Aktif | 7 |
| 2.2.3 Tekanan Tanah Pasif | 8 |

| | |
|---|----|
| 2.3 Stabilitas Dinding Penahan Tanah | 9 |
| 2.4 <i>Plaxis</i> | 12 |
| 2.5 Mekanisme Kelongsoran | 14 |
| 2.6 Kuat Geser Tanah..... | 16 |
| 2.7 Pengambilan Sampel Tanah | 17 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN | |
| 3.1 Lokasi Penelitian..... | 20 |
| 3.2 Data dan Sumber | 20 |
| 3.3 Teknik Analisis Data | 21 |
| 3.4 Bagan Alir Studi | 22 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1 Tinjauan Umum..... | 24 |
| 4.2 Analisa Data Tanah | 24 |
| 4.2.1 Data Hasil Pengeboran..... | 24 |
| 4.2.2 Analisis Data Tanah Laboratorium | 25 |
| 4.3 Tahap Pemodelan <i>Plaxis</i> | 30 |
| 4.3.1 <i>Plaxis Input v8.2</i> | 30 |
| 4.3.2 Tahapan Perhitungan <i>Plaxis</i> | 37 |
| 4.4.4 Hasil Perhitungan <i>Plaxis</i> | 42 |
| 4.4 Analisis Rekomendasi Pemasangan <i>Sheet Pile</i> | 50 |
| BAB 5. PENUTUTP | |
| 5.1 Kesimpulan | 53 |
| 5.2 Saran | 53 |
| DAFTAR PUSTAKA | 54 |
| LAMPIRAN – LAMPIRAN | 55 |

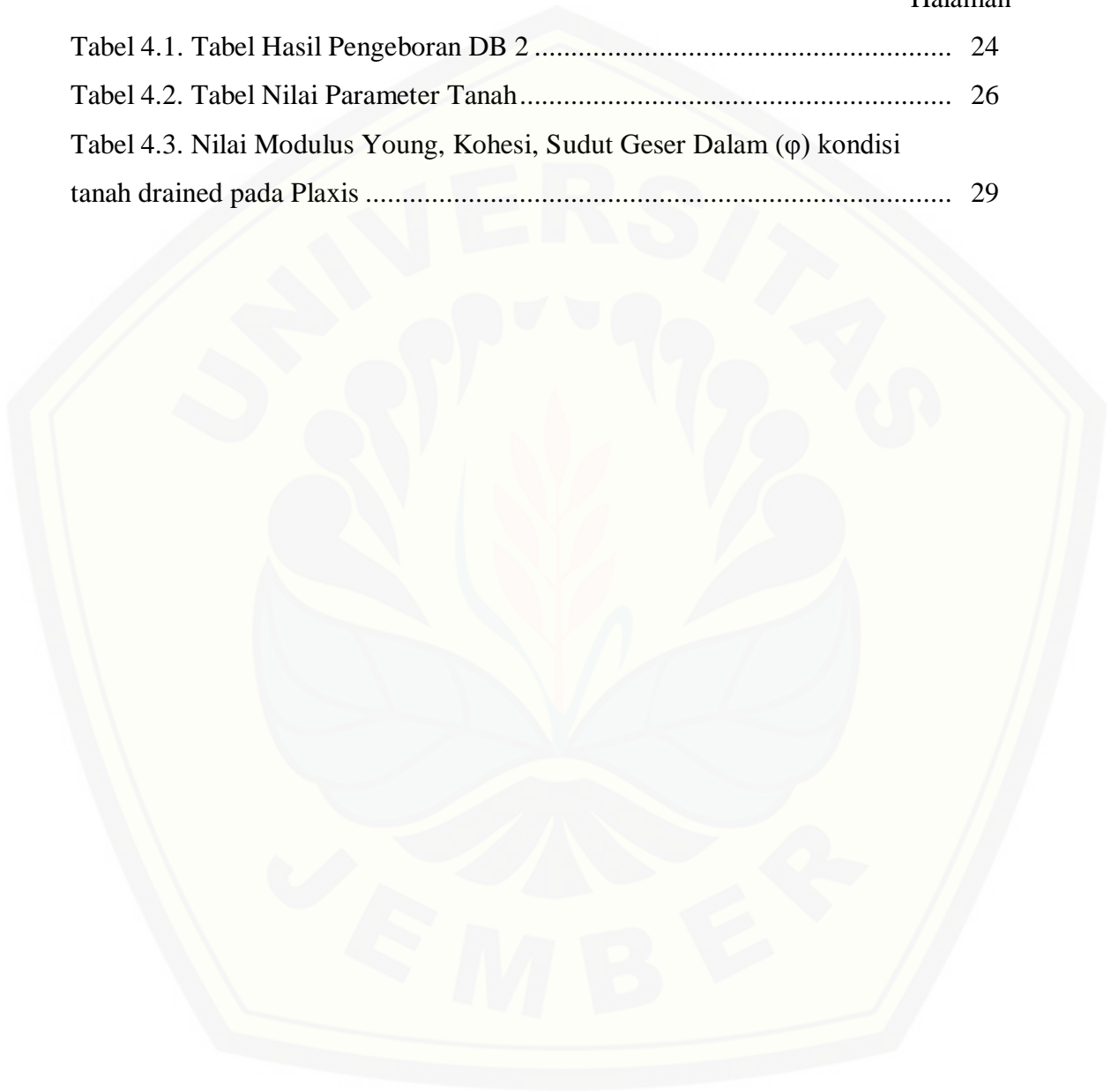
DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| A. Data Penyelidikan Tanah AMG Tower | 56 |



DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 4.1. Tabel Hasil Pengeboran DB 2 | 24 |
| Tabel 4.2. Tabel Nilai Parameter Tanah..... | 26 |
| Tabel 4.3. Nilai Modulus Young, Kohesi, Sudut Geser Dalam (ϕ) kondisi tanah drained pada Plaxis | 29 |



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravity..... | 4 |
| Gambar 2.2. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever | 4 |
| Gambar 2.3. Dinding Penahan Tanah Tipe <i>Counterfort</i> | 5 |
| Gambar 2.4. Tekanan Tanah Saat Diam..... | 6 |
| Gambar 2.5. Tekanan Tanah Diam Menurut Lingkaran <i>Mhor</i> | 7 |
| Gambar 2.6. Tekanan Tanah Aktif..... | 7 |
| Gambar 2.7. Tekanan Tanah Aktif Menurut Lingkaran <i>Mhor</i> | 8 |
| Gambar 2.8. Tekanan Tanah Pasif | 9 |
| Gambar 2.9. Tekanan Tanah Pasif Menurut Lingkaran <i>Mhor</i> | 9 |
| Gambar 2.10. Kekuatan Geser Tanah Pada Bagian Bawah Dinding | 11 |
| Gambar 2.11. Sistem Kordinat Tegangan | 14 |
| Gambar 2.12. Pemodelan Regangan | 14 |
| Gambar 2.13. Keruntuhan Karena Berkurangnya Faktor Aman | 15 |
| Gambar 2.14. Grafik Hubungan Antara N-SPT Dengan Sudut Geser..... | 18 |
| Gambar 2.15. Grafik Hubungan Antara N-SPT Dengan Kohesi..... | 18 |
| Gambar 2.16. Grafik Hubungan Antara N-SPT Dengan Volume Tanah..... | 19 |
| Gambar 2.17. Grafik Hubungan Antara N-SPT Dengan <i>Poiton Ratio</i> | 19 |
| Gambar 3.1. Lokasi Penelitian..... | 20 |
| Gambar 3.2. Bagan Alir Studi..... | 23 |
| Gambar 4.3. <i>General Setting - Dimension</i> | 29 |
| Gambar 4.5. <i>Layout</i> Potongan Melintang Galian..... | 30 |
| Gambar 4.6. Model Geometri pada <i>Plaxis</i> | 31 |
| Gambar 4.9. <i>Input</i> Lapisan Tanah..... | 33 |
| Gambar 4.12. Model Awal Tekanan Air Pori..... | 35 |
| Gambar 4.13. Model Tekanan Awal Geometri..... | 36 |
| Gambar 4.15. Proses Kalkulasi Perhitungan <i>Plaxis</i> | 40 |

Gambar 4.17. Bentuk Penurunan Tanah pada tahap 5000 hari.....42

Gambar 4.31. Grafik *Safety Factor* Pada Tahap Galian 4.....49



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Surabaya sebagai pusat perekonomian, perdagangan, dan industri, yang berada di daerah Indonesia Timur mengalami perkembangan yang sangat pesat. Perkembangan ini berupa pembangunan daerah pemukiman pada kawasan Surabaya Barat, Surabaya Selatan, dan Surabaya Timur, serta pembangunan gedung-gedung besar sebagai pusat perbelanjaan dan apartemen. Perkembangan yang pesat tersebut mengakibatkan permasalahan, dimana lahan – lahan pembangunan atau jarak antar gedung semakin sempit sehingga mempengaruhi kondisi galian basement seperti pada proyek AMG Tower Surabaya.

Proyek AMG Tower Surabaya sendiri terletak di jalan Dukuh Mananggal Surabaya, pembangunan yang berdekatan dengan gedung tinggi mengakibatkan kurangnya stabilitas tanah pada saat dilakukan galian pondasi. Dimana tanah pada bagian sisi-sisi galian mengalami tekanan lateral tanah yang diakibatkan oleh gedung atau bangunan disamping proyek. Selain ketidak stabilan tanah galian, permasalahan lain yang timbul adalah genangan air. Galian basement yang terletak di bawah muka air tanah akan mengakibatkan kestabilan dari galian terganggu dan pekerjaan yang dilakukan didalam galian dapat ikut terganggu.

Penanggulangan permasalahan sudah dilakukan dalam proyek, seperti membuat dinding penahan tanah atau *sheet pile* yang dipasang pada sisi – sisi galian serta metode *dewatering* guna mengatasi genangan air juga telah dijalankan tapi tanah tetap tidak stabil dan mengakibatkan tembok gedung dan bangunan di samping proyek mengalami kemiringan akibat penurunan tanah. Maka sangat diperlukan kembali sebuah evaluasi terhadap galian basement pada proyek pembangunan gedung AMG Tower Surabaya.

Adapun jenis penelitian akan dilakukan dengan menganalisa data sondir yang didapatkan dari hasil uji lab. Data sondir yang didapat nantinya akan dianalisis melalui *software* pemodelan PLAXIS 2D-Versi 8, Software ini nantinya akan menstimulasi perilaku tanah pada galian pondasi proyek AMG Tower Surabaya. Data yang didapat dari proses akuisisi berupa data kontur yang menyatakan tentang sifat tanah beserta akumulasi hitungan gaya – gaya yang bekerja pada bidang galian guna menangani terjadinya deformasi pada galian tanah..

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut diketahui masalah yang muncul bagaimana memodelkan penurunan tanah dengan menggunakan *Plaxis 2D* pada galian proyek pembangunan AMG Tower?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari analisis galian dengan metode *Finite Element* menggunakan PLAXIS 2D adalah untuk mencari solusi yang tepat dalam mengatasi permasalahan penurunan tanah di area pembangunan gedung AMG Tower Surabaya.

1.4 Manfaat

Perencanaan ini dapat memberikan suatu mitigasi penanganan longsoran tanah galian basement yang terjadi di proyek pembangunan AMG Tower Surabaya, serta nantinya bisa memberikan suatu referensi tentang penanggulangan tanah yang tidak stabil.

1.5 Batasan Masalah

Batasan dari penelitian ini berupa :

1. Penelitian ini hanya menganalisis galian tanah yang terdapat pada proyek pembangunan AMG Tower Surabaya.
2. Penelitian ini menganalisis bagaimana solusi yang tepat guna mengatasi deformasi penurunan tanah pada galian proyek.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang berfungsi untuk menstabilkan kondisi tanah tertentu pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil. Jenis konstruksi antara lain pasangan batu dengan mortar, pasangan batu kosong, beton, kayu dan sebagainya. Fungsi utama dari konstruksi penahan tanah adalah menahan tanah yang berada dibelakangnya dari bahaya longsor akibat :

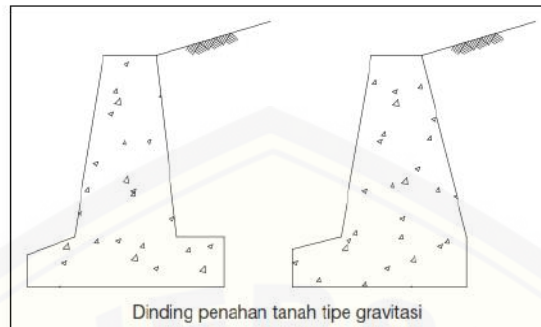
1. Benda-benda yang ada di atas tanah (perkerasan & konstruksi jalan, jembatan, kendaraan, dll)
2. Berat tanah
3. Berat air (tanah)

Dinding penahan tanah merupakan komponen struktur bangunan penting utama untuk jalan raya dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan dengan tanah berkontur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda. Secara singkat dinding penahan merupakan dinding yang dibangun untuk menahan massa tanah di atas struktur atau bangunan yang dibuat.

Jenis konstruksi dapat dikonstruksikan jenis klasik yang merupakan konstruksi dengan mengandalkan berat konstruksi untuk melawan gaya-gaya yang bekerja. Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah digolongkan sebagai berikut (Sudarmanto, 1992).

1. Dinding gravitasi (*gravity wall*)

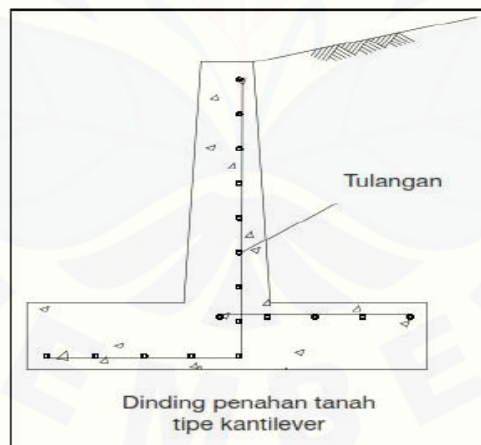
Dinding ini biasanya terbuat dari beton tak bertulang atau pasangan batu kali, untuk mencapai stabilitasnya hanya mengandalkan berat sendiri.



Gambar 2.1 Dinding penahan tanah tipe gravity

2. Dinding penahan kantilever (*kantilever retaining wall*)

Dinding ini sering dipakai dan terbuat dari beton bertulang yang memanfaatkan sifat kantilevernya untuk menahan massa tanah yang ada di belakang dinding. Untuk mencapai stabilitas dinding penahan ini mengandalkan berat tanah yang berada di atas tumit (*heel*). Yang berfungsi disini adalah 3(tiga) bagian balok konsol yaitu bagian badan(*stem*), tumit (*heel*) dan kaki (*foot*).

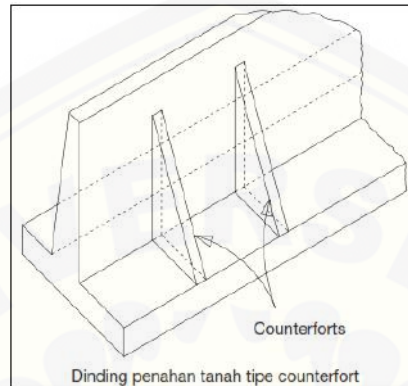


Gambar 2.2 Dinding penahan tanah tipe kantilever

3. Dinding conterfort (*counterfort wall*)

Apabila tekanan pada tumit cukup besar maka bagian badan dan tumit diperlukan counterfort yang berfungsi sebagai pengikat dan ditempatkan pada bagian-bagian

interval tertentu, serta berfungsi mengurangi momen lentur dan gaya lintang yang besar di dalam menahan badan dinding.



Gambar 2.3 Dinding penahan tanah tipe conterfort (*counterfort wall*)

2.2 Tekanan Tanah Lateral

Untuk merancang dinding penahan tanah diperlukan pengetahuan mengenai tekanan tanah lateral. Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah sangat bergantung pada regangan lateral tanah relatif terhadap dinding. Jika analisis tidak sesuai dengan apa yang sebenarnya terjadi, dapat mengakibatkan kesalahan pada perancangan. Untuk itu pengertian tentang hubungan regangan lateral dengan tekanan tanah pada dinding sangat dibutuhkan (Herdiyatmo, 2010).

2.2.1 Tekanan Tanah Saat Diam

Ditinjau pada suatu dinding penahan tanah dengan permukaan tanah mendatar pada Gambar 2.7. Mula-mula dinding dan tanah urug di belakangnya pada kondisi diam, sehingga tanah pada kedudukan ini masih dalam kondisi elastis.



Gambar 2.4 Tekanan tanah diam

Pada posisi ini, tekanan tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam (earth pressure at rest) dan tekanan tanah lateral (horizontal) pada dinding, pada kedalaman tertentu (z) dinyatakan oleh persamaan :

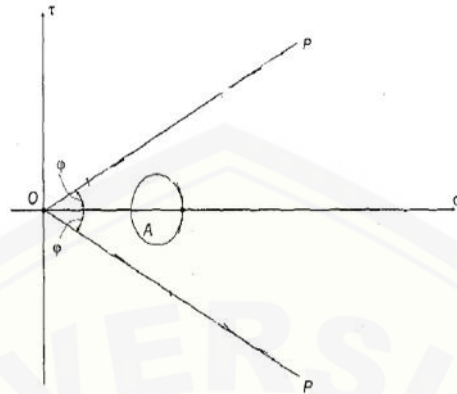
$$\sigma_h = k_0 \cdot \sigma_v = k_0 \cdot z \cdot \gamma \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

k_0 : koefisien tekanan tanah saat diam

γ : berat volume tanah (T/m^3)

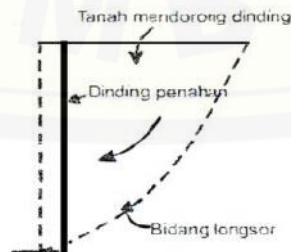
kedudukan tegangan di dalam tanah yang dinyatakan oleh lingkaran Mohr saat tanah pada kondisi diam (disebut juga pada kondisi K_0) ini diwakili oleh lingkaran A. Perhatikan bahwa pada kedudukan K_0 , lingkaran A tidak menyinggung garis kegagalan OP.



Gambar 2.5 Tekanan tanah diam menurut lingkaran Mohr (sumber :
Herdiyatmo, 2010)

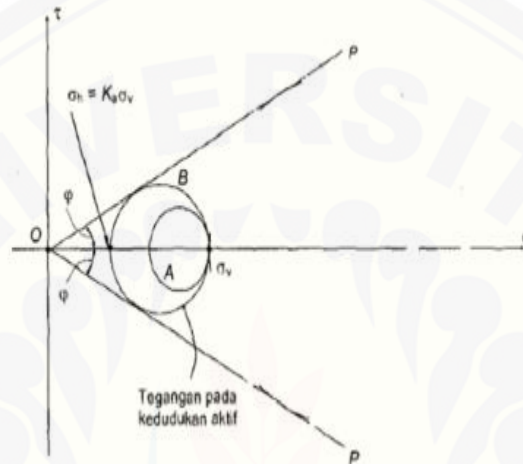
2.2.2 Tekanan Tanah Aktif

Tekanan tanah aktif (active earth pressure) adalah Tekanan tanah lateral minimum, yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menjauhi tanah di belakangnya. Jika dinding penahan tanah bergeser menjauhi tanah timbunannya (Gambar 2.6) dan jika gerakan ini diikuti oleh gerakan tanah di belakang dinding, maka tekanan tanah lateral pada dinding akan berangsur-angsur berkurang yang diikuti dengan berkembangnya tahanan geser tanah secara penuh. Pada suatu saat gerakan dinding selanjutnya mengakibatkan terjadinya keruntuhan geser tanah dan tekanan tanah pada dinding menjadi konstan pada tekanan minimumnya.



Gambar 2.6 Tekanan Tanah Aktif

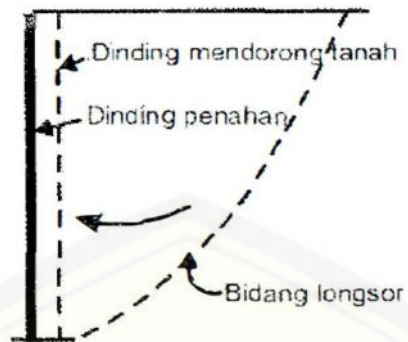
Kedudukan tegangan saat tanah pada kedudukan keseimbangan limit aktif terjadi diwakili oleh lingkaran B yang menyinggung garis kegagalan OP (Gambar 2.7). jika tegangan vertikal σ_v di titik tertentu di dalam tanah dinyatakan oleh $\sigma_v = z \cdot \gamma$, maka tekanan tanah lateral pada saat runtuh adalah $\sigma_h = \sigma_v \cdot k_a = k_a \cdot z \cdot \gamma$



Gambar 2.7 Tekanan tanah aktif menurut lingkaran Mohr (sumber : Herdiyatmo, 2010)

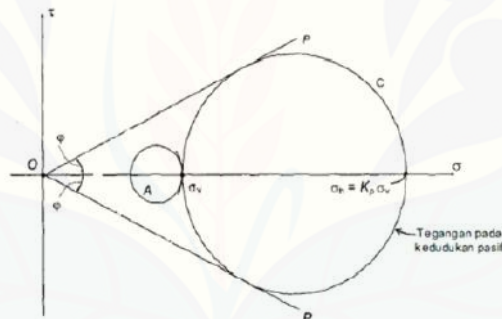
2.2.2 Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif (passive earth pressure) adalah tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug. Jika tanah tertekan sebagai akibat dinding penahan mendorong tanah (Gambar 2.12), maka gaya yang dibutuhkan untuk menimbulkan kontraksi tanah secara lateral lebih besar daripada besarnya tekanan tanah yang menekan ke dinding. Besarnya gaya ini bertambah dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan bergerakinya dinding, hingga sampai suatu regangan tertentu, tanah mengalami keruntuhan geser akibat desakan dinding penahan, saat mana gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan yaitu pada nilai maksimumnya.



Gambar 2.8 Tekanan Tanah Pasif

Kedudukan tegangan saat tanah pada kedudukan keseimbangan limit pasif terjadi diwakili oleh lingkaran yang menyinggung garis kegagalan OP (Gambar 2.9) jika tegangan vertikal σ_v dititik tertentu di dalam tanah dinyatakan oleh $\sigma_v = z \cdot \gamma$ maka tekanan tanah lateral pada saat runtuh adalah $\sigma_p = k_p \cdot \sigma_v = k_p \cdot z \cdot \gamma$



Gambar 2.9 Tekanan Tanah Pasif Menurut Lingkaran Mohr (sumber : Herdiyatmo, 2010)

2.3 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan, umumnya diambil per meter lebar untuk dinding grafitasi, semi grafitasi, dan dinding kantilever. Gaya-gaya pada dinding kantilever yang menyebabkan timbulnya gaya lintang dan gaya momen yang terjadi pada badan dinding tidak sama dengan gaya-gaya yang diperhitungkan untuk menghitung stabilitas struktur terhadap penggeseran. Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan meliputi :

- a. Berat sendiri dinding penahan (W)
- b. Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug (P_a)
- c. Gaya tekanan tanah pasif total didepan dinding (P_p)
- d. Tekanan air pori di dalam tanah (P_w)
- e. Reaksi tanah dasar (R)

Jika dinding pada keadaan seimbang, jumlah vector gaya-gaya akan sama dengan nol. Analisis stabilitas dinding penahan tanah dapat ditinjau terhadap hal-hal sebagai berikut :

a) Stabilitas Terhadap Penggeseran

Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh:

- 1. Gesekan antara tanah dengan dasar pondasi
- 2. Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Faktor aman terhadap penggeseran (f_{gs}), didefinisikan sebagai berikut :

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1.5 \dots\dots\dots 2.2$$

Untuk tanah granuler ($c = 0$) :

$$\begin{aligned} \sum R_h &= W f \\ &= W \operatorname{tg} \delta_b, \text{ dengan } \delta_b \leq \phi \end{aligned}$$

Untuk tanah kohesif ($\phi = 0$) :

$$\sum R_h = c_a B$$

Untuk tanah c- c($\phi > 0$ dan $c > 0$) :

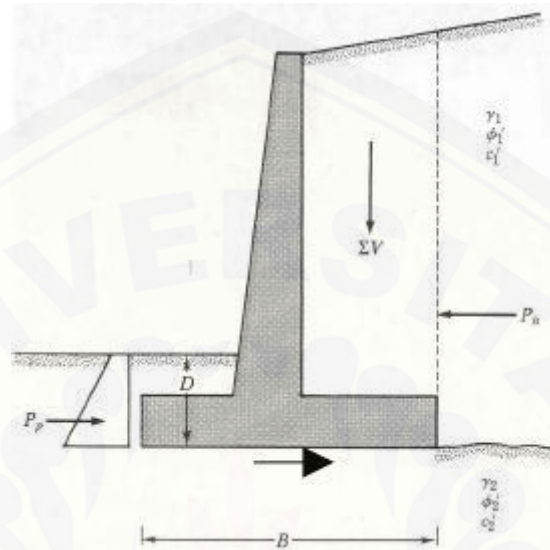
$$\sum R_h = c_a B + W \operatorname{tg} \delta_b$$

Dengan

$$\sum R_h = \text{tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran}$$

W = berat total dinding penahan dan tanah di atas pelat pondasi
(kN)

δ_b = sudut gesek antara tanah dan dasar pondasi, biasanya di ambil $1/3-(2/3)\phi$



Gambar 2.10 Kekuatan geser tanah pada bagian bawah dinding (sumber : Herdiyatmo, 2011)

b) Stabilitas Terhadap Penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat pondasi.

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}) bergantung pada jenis tanah, yaitu :

$(F_{gl}) \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$(F_{gl}) \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

Tahanan tanah pasif, oleh tanah yang berada di depan kaki dinding depan sering diabaikan dalam hitungan stabilitas. Jika tahanan tanah pasif yang ditimbulkan oleh pengunci pada dasar pondasi diperhitungkan, maka nilainya harus direduksi untuk mengantisipasi pengaruh-pengaruh erosi, iklim dan retakan akibat tegangan-tegangan tarik tanah dasar yang kohesif.

c) Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah

Beberapa persamaan kapasitas dukung tanah telah digunakan untuk menghitung stabilitas dinding tanah, seperti persamaan-persamaan kapasitas dukung Terzaghi (1943), Menurut Hary Christady Hardiyatmo,2006. Kapasitas dukung ultimit (q_u) untuk pondasi memanjang dinyatakan dengan persamaan :

$$q_u = cN_c + D_f\gamma N_q + 0.5B\gamma N_\gamma \dots\dots\dots 2.3$$

Dengan :

C = kohesi tanah (kN/m^2)

D_f = kedalaman pondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m^3)

B = lebar pondasi dinding penahan tanah (m)

N_c, N_q dan N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai (Hary Christady Hardiyatmo,2006)

$$F = \frac{q_u}{q} \geq 3 \dots\dots\dots 2.4$$

Dengan : q = tekanan akibat beban struktur

2.4 PLAXIS

PLAXIS (*Finite Element Code For Soil and Rock Analysis*) adalah program pemodelan dan *postprocessing* metode elemen hingga yang mampu melakukan analisa masalah-masalah geoteknik dalam perencanaan sipil. PLAXIS V. 8.2 menyediakan berbagai analisa teknik tentang *displacement*, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, dan lain-lain. Program ini dirancang untuk dapat melakukan pembuatan geometri yang akan dianalisa.

PLAXIS terdiri dari 4 program :

1. Input program
2. Calculation program
3. Output program
4. Curve program

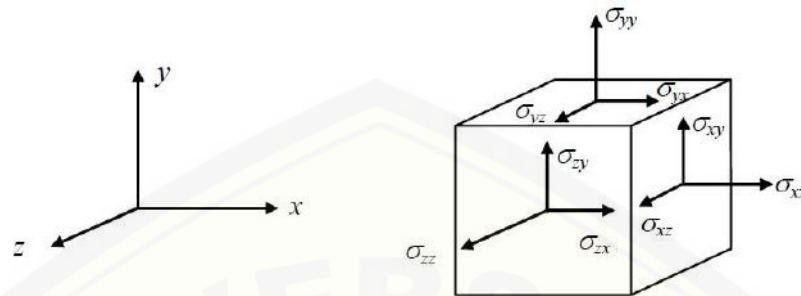
Parameter tanah yang digunakan dalam program PLAXIS diantaranya yaitu :

- Berat Volume Tanah Kering / *dry soil weight* (γ dry)
- Berat Volume Tanah Basah / *wet soil weight* (γ wet)
- Permeabilitas Arah Horizontal / *horisontal permeability* (k_x)
- Permeabilitas Arah Vertikal / *vertical permeability* (k_y)
- Modulus Young / *Young's Modulus* (E),
- *Poisson's Ratio* (ν)
- Kohesi / *Cohesion* (c)
- Sudut Geser / *Friction Angle* (ϕ)
- Sudut Dilatasi / *Dilatancy Angle* (ψ)

Di dalam permodelan Plaxis sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang (*plane strain*) maupun secara axi-simetri. Program ini menerapkan metode antarmuka grafis yang mudah digunakan sehingga pengguna dapat dengan cepat membuat model geometri dan jaring elemen berdasarkan penampang melintang dari kondisi yang ingin dianalisis.

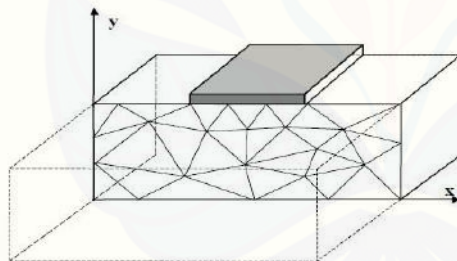
Dalam model analisis regangan bidang, gaya yang dihasilkan akibat adanya perpindahan yang diberikan dinyatakan dalam gaya per satuan lebar dalam arah keluar dari bidang gambar (arah-z; lihat Gambar 2.11).

Dalam suatu analisis regangan bidang, σ_{zz} adalah tegangan yang bekerja



Gambar 2.11 Sistem koordinat dan arah positif untuk komponen-komponen tegangan

Model Regangan (*plane strain*) bidang digunakan untuk model geometri dengan penampang melintang yang kurang lebih seragam dengan kondisi tegangan dan kondisi pembebanan yang cukup panjang dalam arah tegak lurus terhadap penampang tersebut (arah z). Perpindahan dan regangan dalam arah z diasumsikan tidak terjadi atau bernilai nol. Walaupun demikian, tegangan normal pada arah z diperhitungkan sepenuhnya dalam analisis.



Gambar 2.12 Permodelan Regangan

Pada bidang (*plane strain*) sumbu X dan Y

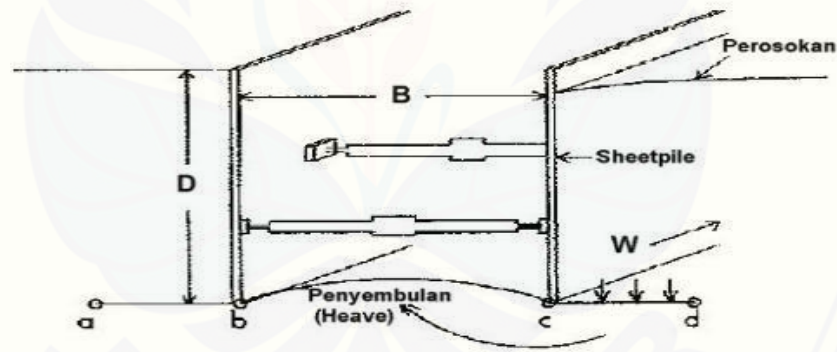
Dalam model regangan bidang, Gaya-X dan Gaya-Y dinyatakan dalam satuan gaya per satuan lebar dalam arah keluar dari bidang gambar.

2.5 Mekanisme Kelongsoran

Tanah longsor ditandai dengan Bergeraknya sejumlah massa tanah secara bersama-sama dan terjadi sebagai akibat meluncurnya suatu volume tanah di atas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air (Efendi : 1989). Longsoran akan terjadi jika terpenuhi tiga keadaan sebagai berikut :

- a. Adanya lereng yang cukup curam sehingga massa tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah.
- b. Adanya lapisan di bawah permukaan massa tanah yang agak kedap air dan lunak, yang akan menjadi bidang luncur.
- c. Adanya cukup air dalam tanah sehingga lapisan massa tanah yang tepat di atas lapisan kedap air tersebut menjadi jenuh.

Pada penggalian tanah, selama periode penggalian yang dilakukan dengan cepat, tegangan geser yang timbul bertambah sedangkan kuat geser relatif tetap. Hal ini mengakibatkan faktor aman berkurang. Pada akhir penggalian, walaupun tegangan geser yang terjadi tetap, pengurangan kuat geser mengakibatkan berkurangnya faktor aman baik dalam proses dan setelahnya proses penggalian. Berkurangnya faktor aman serta perbedaan elevasi tanah, mendorong massa tanah bergerak atau longsor.



Gambar 2.13 keruntuhan karena berkurangnya faktor aman akibat penyembulan pada galian (Terzaghi dan Peck :1967)

Penggalian terbuka pada endapan lempung lunak dapat mengalami keruntuhan karena penyembulan yang disebabkan oleh berat lempung dan galian, sehingga mendorong lapisan lempung naik ke atas galian seperti pada gambar 2.13. Hal ini akan mengakibatkan hilangnya tanah pada permukaan tanah dasar sehingga menyebabkan berkurangnya daya dukung tanah.

2.6 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh (Hardiyatmo, 2002) :

- Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser
- Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya

Keruntuhan geser ditandai dengan terjadinya bidang keruntuhan geser yang mempunyai arah searah dengan pok major dengan sudut $\pm 45^\circ$. Teori geser maksimum (coulomb, 1976) menyatakan bahwa keruntuhan terjadi jika tekanan geser yang diberikan mencapai harga kritis dari ketahanan geser tanah. Dan berhubungan dengan tekanan normal dengan tekanan geser pada bidang keruntuhan, dengan persamaan :

$$\tau_f = f(\sigma_N) \dots \dots \dots 2.5$$

Pada tanah berpasira (ikatan kohesi) : $\tau_f = \sigma_N \tan \emptyset$

Untuk tanah yang mengandung liat : $\tau_f = c + \sigma_N \tan \emptyset$

dimana :

τ_f = tekanan geser (searah bidang) (kN/m²)

σ_N = tekanan normal. (kN/m²)

\emptyset = sudut gesekan (internal friction angel), (derajat)

c = kohesi (kN/m²)

Ketahanan gesek (komponen fisik kekuatan geser) ditimbulkan adanya (1) gaya saling menahan diantara dua benda yang digeser dan (2) dari rintangan karena adanya saling-kunci mengunci antara partikel-partikel yang bergerak tersebut.

factor yang mempengaruhi kuat geser tanah (pengaruh lapangan) :

- Keadaan tanah : angka pori, ukuran dan bentuk butiran

- Jenis tanah : pasir, berpasir, lempung dsb
- Kadar air (terutama lempung)
- Jenis beban dan tingkatnya
- Kondisi Anisotropis

Keruntuhan geser (*shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut. Pada peristiwa kelongsoran suatu lereng berarti telah terjadi pergeseran dalam butir-butir tanah tersebut. Kekuatan geser yang dimiliki suatu tanah disebabkan oleh :

- Pada tanah berbutir halus (kohesif) misalnya lempung kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir-butir tanah (*csoil*).
- Pada tanah berbutir kasar (non kohesif), kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir – butir tanah sehingga sering disebut sudut gesek dalam (*υsoil*)
- Pada tanah yang merupakan campuran antara tanah halus dan tanah kasar (*c* dan *υsoil*), kekuatan geser disebabkan karena adanya lekatan (karena kohesi) dan gesekan antara butir – butir tanah (karena *υ*)

Sehingga keruntuhan geser ditandai dengan terjadinya bidang keruntuhan geser yang

2.7 Pengambilan *sample* tanah

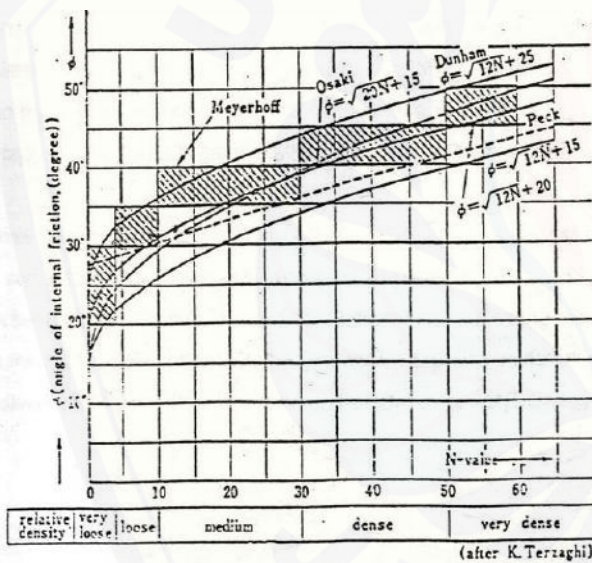
Untuk pengambilan *sample* tanah memakai metode *Standard Penetration Test* (SPT) dilaksanakan didalam lubang bor setelah pengambilan *undisturbed sample* pada setiap interval 2,00 m.

Pengujian penetrasi *standard* ini dilaksanakan pada tanah dalam keadaan asli dengan mempergunakan *Open Standard Split Barrel Sampler. Hammer* yang dipergunakan mempunyai berat 63.50 kg dengan tinggi jatuh 75 cm.

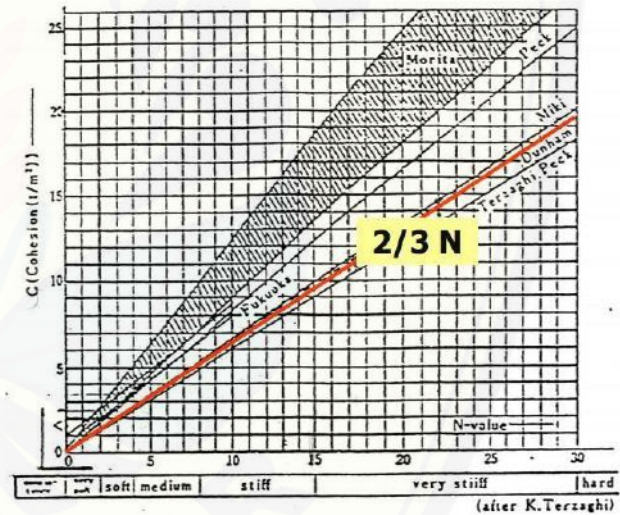
Pengujian dilaksanakan dengan mempergunakan *Automatic Drop Hammer Device* sehingga *hammer* dapat jatuh dengan bebas tanpa gesekan. *Sampler* dipukul hingga masuk (menembus) tanah sedalam 45 cm, dimana jumlah pukulan sepanjang masuk 15 cm pertama tidak diperhitungkan.

Nilai SPT = N adalah sama dengan jumlah pukulan untuk penetrasi 30 cm berikutnya. Hasil SPT ini disajikan dalam bentuk diagram pada *boring log* terlampir.

Berikut grafik hubungan nilai N-SPT dengan kohesi, *modulus young*, sudut geser dalam, *poiton ratio*



Gambar 2.14. Grafik nilai hubungan N-SPT dengan sudut geser dalam (ϕ)



Gambar 2.15. Grafik nilai hubungan N-SPT dengan kohesi metode Terzaghi (c)

| <i>Tanah Tidak Kohesif</i> | | | | | |
|---|--------------|---------|---------|-------------------------|-------|
| <i>N</i> | 0 – 10 | 11 – 30 | 31 – 50 | > 50 | |
| Berat isi γ , KN/m ³ | 12 – 16 | 14 – 18 | 16 – 20 | 18 – 23 | |
| Sudut geser ϕ | 25 – 32 | 28 – 36 | 30 – 40 | > 35 | |
| Keadaan | Lepas | Sedang | Padat | Sangat padat | |
| <i>Tanah Kohesif</i> | | | | | |
| <i>N</i> | < 4 | 4 – 6 | 6 – 15 | 16 – 25 | > 25 |
| Berat isi γ , KN/m ³ | 14 – 18 | 16 – 18 | 16 – 18 | 16 – 18 | > 20 |
| <i>qu</i> , KPa | < 25 | 20 – 50 | 30 – 60 | 40 – 200 | > 100 |
| Konsistensi | Sangat lunak | Lunak | Sedang | Kenyal (<i>Stiff</i>) | Keras |

Sumber : Bowles, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, 1991.

Gambar 2.16 Korelasi N-SPT dengan berat volume tanah

| Type of soil | μ |
|--------------------------------------|---|
| Clay, saturated | 0.4-0.5 |
| Clay, unsaturated | 0.1-0.3 |
| Sandy clay | 0.2-0.3 |
| Silt | 0.3-0.35 |
| Sand (dense) | 0.2-0.4 |
| Coarse (void) ratio = 0.4-0.7 | 0.15 |
| Fined-grained (void ratio = 0.4-0.7) | 0.25 |
| Rock | 0.1-0.4 (depends somewhat on type of rock) |
| Loess | 0.1-0.3 |
| Ice | 0.36 |
| Concrete | 0.15 |

Gambar 2.17 Korelasi N-SPT dengan *Poiton Ratio*

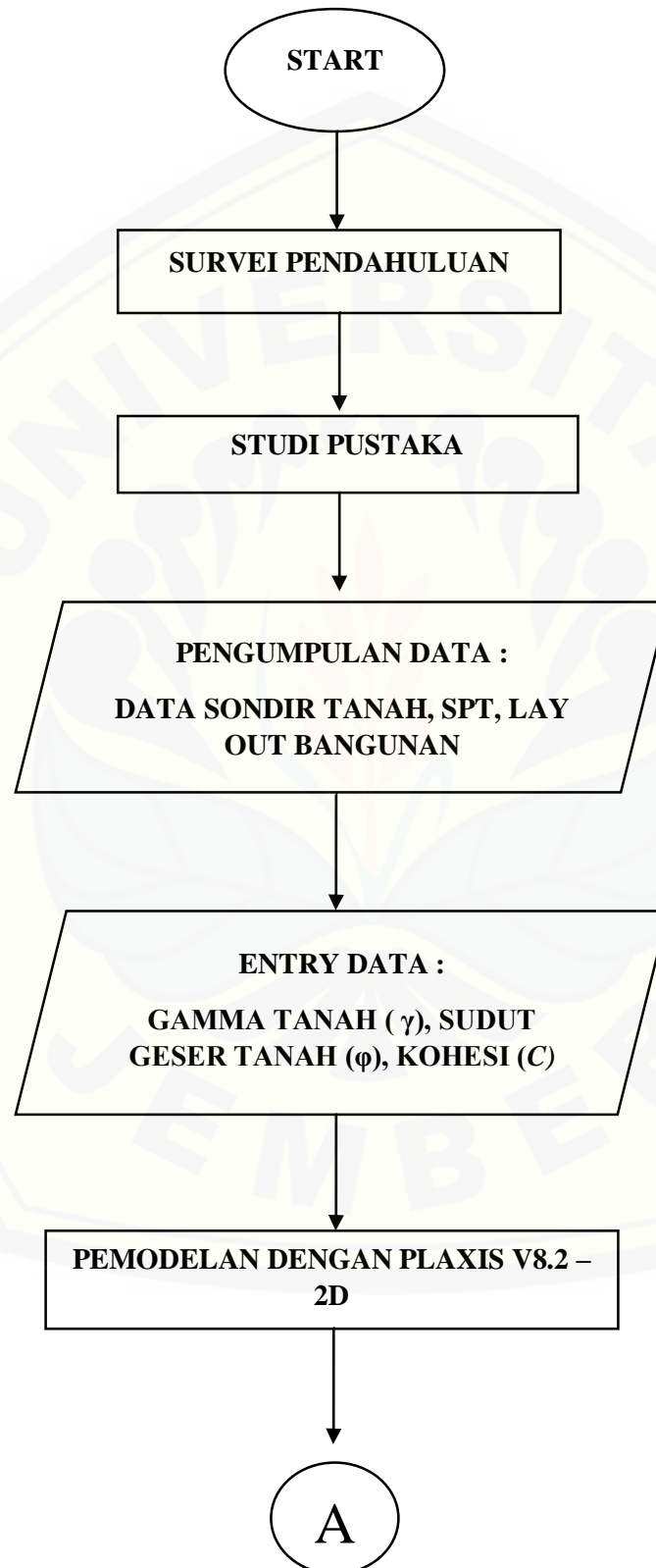
- a. Data sekunder adalah data yang diperoleh berupa data umum lokasi, topografi dan data geologi serta data penyelidikan sondir dan boring yang digunakan sebagai data pembanding.
- b. Data primer yaitu berupa data yang diperoleh dari kondisi eksisting proyek pembangunan gedung AMG Tower Surabaya

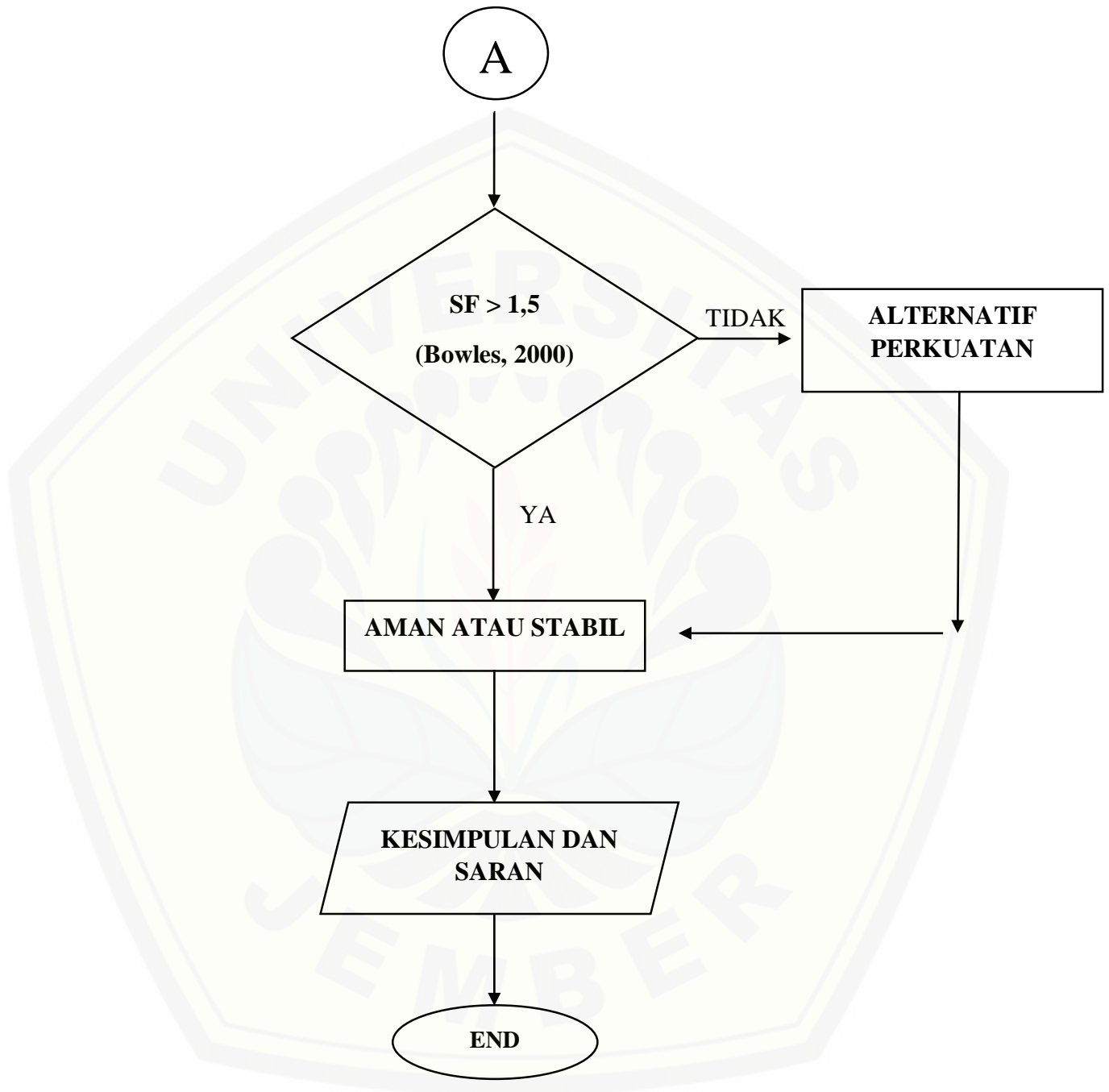
3.3 Teknik Analisis Data

Pengolahan data dianalisis dengan menggunakan metode elemen hingga dua dimensi. Untuk memudahkan analisis, dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Plaxis v8.2. Perangkat lunak ini dikhususkan untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik dengan fitur-fitur penting sebagai berikut:

1. Masukan berupa pelapisan tanah, elemen-elemen struktur, tahapan konstruksi, pembebanan serta kondisi-kondisi batas dilakukan dengan menggunakan prosedur grafis, sehingga jaring elemen hingga 2D dengan mudah dibentuk.
2. Elemen segitiga ordo ke empat dengan 15 buah titik nodal untuk memodelkan deformasi dan kondisi tegangan dalam tanah
3. Elemen antarmuka atau elemen penghubung dapat digunakan untuk memodelkan interaksi tanah-struktur.
4. Elemen pegas elastoplastis digunakan untuk memodelkan penjangkaran dan penopang horisontal.
5. Model Mohr-Coulomb dapat digunakan untuk menghitung faktor keamanan dengan menggunakan reduksi ϕ - c' .
6. Faktor keamanan didefinisikan sebagai perbandingan beban runtuh terhadap beban kerja.

3.4 Bagan Alir Studi





Gambar 3.2 Bagan alir studi

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada Bab 4, maka dapat disimpulkan hasil penelitian sebagai berikut :

1. Evaluasi galian pada proyek AMG Tower Surabaya dengan menggunakan program *Plaxis v8.2* menunjukkan penurunan tanah pada dinding galian sebesar $158,15 \times 10^{-3}$ m atau 15,8 cm dan menunjukkan angka *Safety Factor* sebesar 1,038 lebih kecil dari nilai SF minimal sebesar 1,5.
2. Analisa rekomendasi pemasangan *Sheet pile* dengan menambah kedalaman menjadi 18m menunjukkan penurunan angka *Deformed Mesh* sebesar $39,68 \times 10^{-3}$ m atau 3,968 cm serta angka *Safety Factor* meningkat menjadi 2,175 lebih besar dari nilai SF minimal 1,5 sehingga bisa dinyatakan aman.
3. Pada pengerjaan galian pondasi longsor tetap terjadi meski telah dilakukan penanaman dinding penahan *sheet pile*. Maka perlu dilakukan penanganan yang sesuai analisis pada lokasi eksisting galian pondasi.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian, maka penulis menyatakan beberapa hal sebagai berikut :

1. Untuk penelitian lebih lanjut diperlukan uji skala penuh dengan keseluruhan sampel data tanah di lapangan sehingga didapatkan nilai daya dukung dan penurunan tanah pada galian pondasi yang sesungguhnya.
2. Perlu adanya penanganan yang tepat terhadap masalah longsor pada galian seperti penanaman *sheet pile* yang kurang memperhitungkan *safety factor* sehingga tetap terjadi longsor pada galian pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C, 2003, "*Mekanika Tanah II*", Edisi Ketiga, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C, 2007, "*Mekanika Tanah II*", Edisi Keempat, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Patuti, I.M, dan Desei, F.L, 2012, "*Analisa Stabilitas Lereng dan Pengaruhnya Terhadap Ruas Jalan Isimu-Kwandang*", Laporan Penelitian Pengembangan Iptek Dana PNBP, Gorontalo
- Destriani, N, dan Pamungkas, A, 2013, "*Identifikasi Daerah Kawasan Rentan Tanah Longsor Dalam KSN Gunung Merapi Di Kabupaten Sleman*" Jurnal Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Surabaya
- Sholeh, M, 2008, "*REKAYASA PONDASI*", Departemen Pendidikan Nasional POLITEKNIK NEGERI MALANG, Malang

DAFTAR LAMPIRAN

A. Data N-SPT

