

**PERBANDINGAN ANGKA FAKTOR AMAN TANAH *EXISTING* DAN
FONDASI *BORED PILE* BERDASARKAN DATA PENGUJIAN SPT DENGAN
SOFTWARE NUMERIK PADA BH.01
(STUDI KASUS PROYEK PENANGANAN ABRASI JEMBATAN MAHKOTA 2
KOTA SAMARINDA)**



Disusun Oleh :

Arfida Hesa Penta Media

30201900224

Eka Yuliana Rahayu

30201900229

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
S E M A R A N G
2 0 2 2**

**COMPARISON OF SAFE FACTORS OF EXISTING SOIL AND
BORED PILE FOUNDATIONS BASED ON SPT TEST DATA WITH NUMERIC
SOFTWARE ON BH.01
(CASE STUDY OF ABRATION HANDLING PROJECT MAHKOTA 2 BRIDGE
IN SAMARINDA CITY)**



**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2022**

**LEMBAR ASISTENSI
LAPORAN TUGAS AKHIR**



Nama : Arfida Hesa Penta Media 30201900225
 Eka Yuliana Rahayu 30201900229
 Dosen I : Dr. Ir. Rinda Karlinasri, M. T.
 Dosen II : Selvia Agustina, S. T., M.Eng.

NO.	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	14 Desember 2021	- Pengajuan tema Tugas Akhir	<i>mp</i>
2.	21 Desember 2021	- Perbaikan Proposal Tugas Akhir	<i>mp</i>
3.	22 Desember 2021	- ACC Proposal Tugas Akhir	<i>mp</i>
4.	23 Desember 2021	- Penggunaan Software AllPile Berdasarkan Data NSPT	<i>mp</i>
5.	04 Januari 2022	- Gunakan Data NSPT pada BH Tanah yang Longsor	<i>mp</i>
6.	05 Januari 2022	- Perbaiki Desain Permodelan (diperlebar) dan ditata agar tampilan landscape	<i>mp</i>
7.	06 Januari 2022	- Cek kembali data parameter tanah (<i>Poisson Ratio</i> , nilai E)	<i>mp</i>
8.	07 Januari 2022	- ACC - Silahkan Daftar Seminar	<i>mp</i>

HALAMAN PENGESAHAN
PERBANDINGAN ANGKA FAKTOR AMAN TANAH *EXISTING* DAN
FONDASI *BORED PILE* BERDASARKAN DATA PENGUJIAN SPT DENGAN
SOFTWARE NUMERIK PADA BH.01
(STUDI KASUS PROYEK PENANGANAN ABRASI JEMBATAN MAHKOTA 2
KOTA SAMARINDA)



Arfida Hesa Penta Media

30201900224



Eka Yuliana Rahayu

30201900229

Pembimbing I

Pembimbing II

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Rinda'.

Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Selvia'.

Selvia Agustina, ST., M. Eng

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

UNISSULA

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Rusli'.

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M. Eng



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

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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nomor :

Pada hari ini, Jum'at tanggal 07 Januari 2022 berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukkan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M. T.
Jabatan : Dosen Pembimbing I
2. Nama : Selvia Agustina, S. T., Eng
Jabatan : Dosen Pembimbing II

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

Nama : Arfida Hesa Penta Media
NIM : 30201900224

Nama : Eka Yuliana Rahayu
NIM : 30201900229

Judul : Perbandingan Angka Faktor Aman Tanah Existing dan Fondasi Bored Pile Berdasarkan Data

Pengujian SPT dengan Software Numerik pada BH. 01 (Studi Kasus Proyek Penanganan Jembatan Abrasi Jembatan Mahkota 2 Samarinda)

Dengan tahapan sebagai berikut :

No.	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Pemunjukkan dosen pembimbing	14 Desember 2021	ACC
2	Proposal	22 Desember 2021	ACC
3	Pengumpulan data	23 Desember 2021	ACC
4	Analisis data	04 Januari 2022	ACC
5	Penyusunan laporan	06 Januari 2022	ACC
6	Selesai laporan	07 Januari 2022	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak – pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing I


Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M. T.

Dosen Pembimbing II


Selvia Agustina, S. T., Eng

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhammad Rusli Ahyar, ST., M. Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arfida Hesa Penta Media

NIM. 30201900224

Eka Yuliana Rahayu

NIM. 30201900229

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

PERBANDINGAN ANGKA FAKTOR AMAN TANAH EXISTING DAN FONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA PENGUJIAN SPT DENGAN SOFTWARE NUMERIK PADA BH. 01 (STUDI KASUS PROYEK PENANGANAN ABRASI JEMBATAN MAHKOTA 2 KOTA SAMARINDA)

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

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 30 Januari 2022

Yang membuat pernyataan,

Yang membuat pernyataan,



Arfida Hesa Penta Media



Eka Yuliana Rahayu



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eka Yuliana Rahayu
NIM : 30201900229
Judul Tugas Akhir : PERBANDINGAN ANGKA FAKTOR AMAN TANAH EXISTING DAN FONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA PENGUJIAN SPT DENGAN SOFTWARE NUMERIK PADA BH.01 (STUDI KASUS PROYEK PENANGANAN ABRASI JEMBATAN MAHKOTA 2 KOTA SAMARINDA)

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Sipil tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis, ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 31 Januari 2022

Yang Menyatakan



Eka Yuliana Rahayu

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Eka Yuliana Rahayu
NIM : 30201900229
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Alamat Asal : Jl Tampomas Selatan IV/5, Petompon, Gajah Mungkur, Semarang

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul : **PERBANDINGAN ANGKA FAKTOR AMAN TANAH EXISTING DAN FONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA PENGUJIAN SPT DENGAN SOFTWARE NUMERIK PADA BH 01 PROYEK PENANGANAN ABRASI JEMBATAN MAHKOTA 2 SAMARINDA**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 31 Januari 2022

Yang Menyatakan



Eka Yuliana Rahayu

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT kami ucapkan, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul perbandingan angka factor aman tanah eksisting dan fondasi bored pile berdasarkan data pengujian spt dengan software Numerik pada bh. 01 (Studi Kasus Proyek Penanganan Abrasi Jembatan Samarinda).

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Yth. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M. T. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
2. Yth. Ibu Selvia Agustina, S. T., M. Eng. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran, dan dorongan semangat.
3. Yth. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, S. T., M. Eng. selaku selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNISSULA atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.
4. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNISSULA.
5. Orang tua dan seluruh keluarga dari kedua penulis yang selalu mendoakan dan memberi perhatiannya atas dukungan moral, spiritual, dan finansial selama ini.
6. Teman–teman di lingkungan Teknik Sipil berbagai angkatan, yang telah banyak membantu kami.

Kami menyadari, karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, dan pengalaman yang dimiliki dalam menyusun Tugas Akhir ini sehingga masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan untuk lebih baik dan lebih menuju pada kesempurnaan.

Akhir kata, kami sebagai penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi perkembangan penguasaan ilmu sipil dan untuk semua pihak yang memerlukan.

Semarang, Januari 2022



MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO:

كُتِبَ عَلَيْكُمُ الْقِتَالُ وَهُوَ كُرْهُ لَكُمْ وَعَسَى أَنْ تَكْرَهُوا شَيْئًا وَهُوَ خَيْرٌ لَكُمْ وَعَسَى أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ لَكُمْ وَاللَّهُ يَعْلَمُ وَأَنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ

216. Diwajibkan atas kamu berperang, padahal berperang itu adalah sesuatu yang kamu benci. Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui. (Q.S. Al-Baqarah: 216)

وَلَا تَهِنُوا وَلَا تَحْزِنُوا وَأَنْتُمْ الْأَعْلَوْنَ إِنْ كُنْتُمْ مُؤْمِنِينَ

139. Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah (pula) kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang-orang yang beriman. (Q.S. Ali Imran: 139)

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

5. Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, 6. sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. (Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

PERSEMBAHAN :

- **Arfida Hesa Penta Media**

Alhamdulillah, syukur kehadiran Allah SWT atas petunjuk dan penjagaan yang terus hamba rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk:

1. Kedua orangtua saya tercinta, yang telah memberi semangat, doa dan mendukung baik dalam bentuk material maupun spiritual serta selalu mencintai dengan tulus.
2. Keluarga besar saya, atas kasih sayang yang terus terjaga hingga kini.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.T. Dosen pembimbing yang telah tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Selvia Agustina, S. T., M. Eng. Dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Lisa Fitriana, S. T., M. Eng. Dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Dosen-dosen dan Karyawan Fakultas Teknik terutama sipil, yang telah membantu, membagikan ilmunya dan mendidik kami hingga mengerti banyak hal hingga saat ini.
7. Eka Yuliana Rahayu selaku partner tugas akhir saya yang telah berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Semua teman-teman kelas yang selama ini selalu memberi semangat, menginspirasi serta selalu memberi dorongan Spiritual dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan menemani masa perkuliahan selama kurang lebih 2 tahun.

- **Eka Yuliana Rahayu**

Alhamdulillah, syukur kehadiran Allah SWT atas petunjuk dan penjagaan yang terus hamba rasakan hingga saat ini. Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk:

1. Kedua orangtua saya tercinta, yang telah memberi semangat, doa dan mendukung baik dalam bentuk material maupun spiritual serta selalu mencintai dengan tulus.
2. Keluarga besar saya, atas kasih sayang yang terus terjaga hingga kini.
3. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.T. Dosen pembimbing yang telah tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Selvia Agustina, S. T., M. Eng. Dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Lisa Fitriana, S. T., M. Eng. Dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Dosen-dosen dan Karyawan Fakultas Teknik terutama sipil, yang telah membantu, membagikan ilmunya dan mendidik kami hingga mengerti banyak hal hingga saat ini.
7. Arfida Hesa Penta Media selaku partner tugas akhir saya yang telah sabar dan bekerja keras berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Semua teman-teman kelas yang selama ini selalu memberi semangat, menginspirasi serta selalu memberi dorongan Spiritual dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan menemani masa perkuliahan selama kurang lebih 2 tahun.
9. Teman-teman kantor saya dan sahabat saya meski jauh di sana yang selalu mendoakan, memberi dukungan dan memingatkan saya sehingga pada akhirnya Tugas Akhir ini dapat selesai.

Abstrak

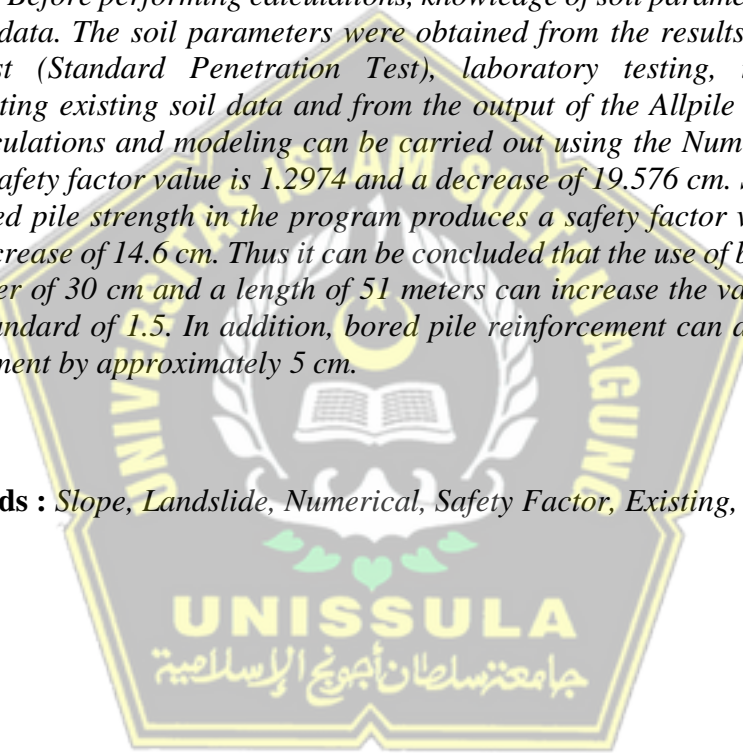
Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang memiliki elevasi tidak rata/ miring. Perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain ini yang membuat lereng menjadi tidak stabil dan berisiko terjadi longsor. Sering terjadi pada saat musim penghujan, longsor dapat terjadi akibat dari peningkatan air pori sehingga adanya penurunan kuat geser dan sudut geser tanah. Seperti halnya longsor yang terjadi di tepi Sungai Mahakam di bawah Jembatan Mahkota II Segmen Palaran. Penanganan longsor lereng dibutuhkan analisa stabilitas tanah agar didapatkan perkuatan yang efisien dan efektif.. Ukuran kestabilan lereng dapat diketahui dengan menghitung besarnya faktor keamanan (*safety factor*). Pada penelitian ini, penulis mencoba merencanakan perkuatan lereng dengan metode *bored pile* dan membandingkan nilai *safety factor* lereng tanah eksisting dengan tanah yang telah diberi perkuatan dengan menggunakan program Numerik. Sebelum melakukan perhitungan, pengetahuan parameter tanah diperlukan sebagai data input. Adapun parameter tanah didapatkan dari hasil *Test Boring-SPT (Standard Penetration Test)*, pengujian laboratorium, hasil interpolasi data-data tanah yang sudah ada dan dari hasil *output software Allpile*. Setelah itu dapat dilakukan perhitungan dan pemodelan dengan menggunakan program Numerik dan didapatkan nilai *safety factor* sebesar 1,2974 dan penurunan sebesar 19,576 cm. Pemodelan lereng dengan perkuatan *bored pile* pada program Numerik menghasilkan nilai *safety factor* sebesar 1,5545 dan penurunan sebesar 14,6 cm. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan bored pile dengan diameter 30 cm dan panjang 51 meter dapat meningkatkan nilai *safety factor* hingga memenuhi *standard* keamanan yaitu 1,5. Selain itu, perkuatan *bored pile* juga dapat mengurangi *displacement* tanah sebesar kurang lebih 5 cm.

Kata kunci : Lereng, Longsor, Numerik, *Safety Factor*, Eksisting, *Bored Pile*

Abstract

Slope is the part of the earth's surface that has an uneven/sloping elevation. This difference in elevation between one place and another makes the slope unstable and at risk of landslides. Often occurs during the rainy season, landslides can occur due to an increase in pore water so that there is a decrease in shear strength and shear angle of the soil. Like the landslide that occurred on the banks of the Mahakam River under the Mahkota II Bridge in the Palaran Segment. Handling slope failure requires soil stability analysis in order to obtain efficient and effective reinforcement. The measure of slope stability can be known by calculating the magnitude of the safety factor. In this study, the author tries to plan slope reinforcement using the bored pile method and compares the safety factor value of existing soil slopes with soil that has been reinforced using the Numerical program. Before performing calculations, knowledge of soil parameters is required as input data. The soil parameters were obtained from the results of the Boring-SPT Test (Standard Penetration Test), laboratory testing, the results of interpolating existing soil data and from the output of the Allpile software. After that, calculations and modeling can be carried out using the Numerical program and the safety factor value is 1.2974 and a decrease of 19.576 cm. Slope modeling with bored pile strength in the program produces a safety factor value of 1.5545 and a decrease of 14.6 cm. Thus it can be concluded that the use of bored piles with a diameter of 30 cm and a length of 51 meters can increase the value to meet the safety standard of 1.5. In addition, bored pile reinforcement can also reduce soil displacement by approximately 5 cm.

Key words : *Slope, Landslide, Numerical, Safety Factor, Existing, Bored Pile*



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR ASISTENSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	v
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI ILMIAH	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
MOTTO	xi
PERSEMBAHAN.....	xii
ABSTRAK	xiv
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB. II STUDI PUSTAKA	
2.1 Tanah.....	5
2.1.1 Sifat – sifat Umum Tanah	5
2.1.1.1 Sifat – sifat Fisik Tanah	5
2.1.1.2 Sifat – sifat Mekanik Tanah	6
2.1.2 Klasifikasi Tanah	8
2.1.3 Daya Dukung Tanah & Kuat Geser Tanah	16
2.1.4 Penyelidikan Tanah (<i>Soil Investigation</i>)	18

2.1.5	Pengujian SPT (<i>Standar Penetration Test</i>).....	20
2.1.6	Test Boring	24
2.1.7	Test Laboratorium	24
2.2	Lereng	26
2.3	Fondasi	29
2.3.1	Jenis – jenis Fondasi	30
2.3.2	Fondasi <i>Bored Pile</i>	31
2.3.3	Penyaluran Beban Fondasi <i>Bored Pile</i>	34
2.3.4	Daya Dukung <i>Bored Pile</i>	36
2.3.5	Daya Dukung <i>Bored Pile</i> Berdasarkan Kekuatan Bahan	37
2.3.6	Daya Dukung <i>Bored Pile</i> Berdasarkan SPT	37
2.3.6.1	Metode Luciano Decort	37
2.3.7	Daya Dukung Lateral Fondasi <i>Bored Pile</i>	39
2.3.8	Metode Broms	43
2.3.9	Penurunan Fondasi <i>Bored Pile</i>	51
2.4	Metode Elemen Hingga pada Geoteknik dengan Software Numerik	52
 BAB III. METODE PENELITIAN		
3.1	Data Umum Proyek.....	55
3.2	Data Teknis <i>Bored Pile</i>	57
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	57
 BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Parameter	59
4.1.1	Nilai N-SPT dari Test Boring	59
4.1.2	Pengujian Laboratorium	60
4.1.3	Nilai <i>Gamma Saturated</i> dan <i>Modulus Young</i>	61
4.1.4	<i>Software Allpile</i>	61
4.1.5	<i>Summary</i> Parameter Tanah dan Parameter Lain	66
4.2	Analisa Stabilitas Lereng Existing dengan Numerik	67
4.3	Analisa Stabilitas Lereng Perkuatan <i>Bored Pile</i> dengan Numerik	77

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan	92
5.2 Saran	92

DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Keruntuhan Tanah	8
Gambar 2.2	Klasifikasi Tanah Menurut USDA	10
Gambar 2.3	Rentang dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) untuk Kelompok Tanah	14
Gambar 2.4	Grafik Mohr dan Coulomb.....	17
Gambar 2.5	Penetrasi dengan SPT	21
Gambar 2.6	Analisa Stabilitas Lereng	28
Gambar 2.7	Metode Kering	32
Gambar 2.8	Metode Casing	33
Gambar 2.9	Metode Basah	34
Gambar 2.10	Fondasi <i>Bored Pile</i> Ditinjau dari Cara Menyalurkan ‘ Bebannya	36
Gambar 2.11	Defleksi dan Mekanisme Reruntuhan Fondasi	44
Gambar 2.12	Nilai Lateral H_u untuk Tiang Bebas maupun Tiang Jepit pada Tanah Kohesif	45
Gambar 2.13	Defleksi dan Mekanisme Keruntuhan Fondasi Tiang dengan Kondisi Kepala Tiang Terjepit Akibat Beban Lateral pada Tanah Kohesif	46
Gambar 2.14	Defleksi dan Mekanisme Keruntuhan Fondasi Tiang dengan Kondisi Kepala Tiang Bebas Akibat Beban Lateral pada Tanah Granular	48
Gambar 2.15	Defleksi dan Mekanisme Keruntuhan Fondasi Tiang dengan Kondisi Kepala Tiang Jepit Akibat Beban Lateral pada Tanah Granular (a) Fondasi Tiang Pendek, (b) Fondasi Tiang Panjang	49
Gambar 2.16	Grafik H_u untuk Tiang Jepit maupun Tiang Bebas pada Tanah Non- Kohesif	50
Gambar 2.17	Bentuk Unit Tahanan Friksi	52

Gambar 3.1	Denah Lokasi Penanganan Abrasi Jembatan Mahkota 2, Kota Samarinda	55
Gambar 3.2	Peta Topografi Lokasi Proyek Abrasi	56
Gambar 3.3	Peta Geologi Lokasi Proyek Abrasi Jembatan Mahkota 2, Kota Samarinda	56
Gambar 3.4	<i>FlowChart</i> Penelitian	58
Gambar 4.1	Material Tipe Tanah	60
Gambar 4.2	<i>Tab Pile Type Allpile</i>	62
Gambar 4.3	<i>Tab Pile Profile Allpile</i>	62
Gambar 4.4	Kotak Dialog <i>Tab Pile Properties Allpile</i>	63
Gambar 4.5	<i>Tab Pile Properties Allpile</i>	63
Gambar 4.6	<i>Tab Load and Group Allpile</i>	64
Gambar 4.7	Kotak Dialog <i>Tab Soil Properties Allpile</i>	64
Gambar 4.8	<i>Tab Soil Properties Allpile</i>	65
Gambar 4.9	<i>Tab Advance Page Allpile</i>	65
Gambar 4.10	Kotak Dialog <i>Create/ Open Project</i>	67
Gambar 4.11	Kotak Dialog <i>General Setting- Project</i>	67
Gambar 4.12	Kotak Dialog <i>General Setting- Dimension</i>	68
Gambar 4.13	Tabel Koordinat	68
Gambar 4.14	<i>Material Sets- Soil and Interfaces</i>	69
Gambar 4.15	Kotak Dialog <i>Mohr Coulomd Tab General</i>	70
Gambar 4.16	Kotak Dialog <i>Mohr Coulomd Tab Parameters</i>	70
Gambar 4.17	Kotak Dialog <i>Mohr Coulomd Tab Interfaces</i>	71
Gambar 4.18	<i>Material Sets- Soil and Interfaces</i>	71
Gambar 4.19	Tampilan <i>Load-Standard Fixities</i>	72
Gambar 4.20	Tampilan <i>Output Generate Mesh</i>	72
Gambar 4.21	Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah	73
Gambar 4.22	Tampilan <i>Output Water Pressure</i>	73
Gambar 4.23	<i>Kotak Dialog K0-procedure</i>	74
Gambar 4.24	Tampilan <i>Initial Soil Stresses</i>	74
Gambar 4.25	Kotak Dilaog <i>Calculation Phase 1</i>	75
Gambar 4.26	<i>Total Displacement</i> Tanah Eksisting	75

Gambar 4.27	Kotak Dialog <i>Calculation Phi/c Reduction</i>	76
Gambar 4.28	Kotak Dialog Hasil <i>Calculations</i>	76
Gambar 4.29	Kotak Dialog <i>Create/ Open Project</i>	77
Gambar 4.30	Kotak Dialog <i>General Setting- Project</i>	78
Gambar 4.31	Kotak Dialog <i>General Setting- Dimension</i>	78
Gambar 4.32	Tabel Koordinat	79
Gambar 4.33	<i>Material Sets- Soil and Interfaces</i>	80
Gambar 4.34	Kotak Dialog <i>Mohr Coulomd Tab General</i>	80
Gambar 4.35	Kotak Dialog <i>Mohr Coulomd Tab Parameters</i>	81
Gambar 4.36	Kotak Dialog Mohr Coulomd Tab Interfaces	81
Gambar 4.37	<i>Material Sets- Soil and Interfaces</i>	81
Gambar 4.38	<i>Material Sets- Plates</i>	82
Gambar 4.39	<i>Material Sets- Plates Properties</i>	82
Gambar 4.40	Tampilan <i>Load-Standard Fixities</i>	83
Gambar 4.41	Tampilan <i>Output Generate Mesh</i>	83
Gambar 4.42	Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah	84
Gambar 4.43	Tampilan <i>Output Water Pressure</i>	85
Gambar 4.44	Kotak Dialog <i>K0-procedure</i>	85
Gambar 4.45	Tampilan <i>Initial Soil Stresses</i>	86
Gambar 4.46	Kotak Dilaog <i>Calculation Phase 1</i>	86
Gambar 4.47	<i>Total Displacement</i> Tanah Eksisting	87
Gambar 4.48	Kotak Dialog <i>Calculation Phi/c Reduction</i>	87
Gambar 4.49	Kotak Dialog Hasil <i>Calculations</i>	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Tanah Berdasarkan USDA	10
Tabel 2.2	Klasifikasi Tanah Untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO)	13
Tabel 2.3	Klasifikasi Tanah Untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO)	13
Tabel 2.4	Klasifikasi Tanah Sistem USCS	16
Tabel 2.5	Hubungan N-SPT dengan kepadatan tanah, berat volume tanah kering (γ_d), sudut geser (θ), dan tekanan konus (q_c) (Meyerhoff)	22
Tabel 2.6	Hubungan D_r , ϕ dan N untuk Tanah Lempung Jenuh (Terzaghi)	22
Tabel 2.7	Koefisien tanah menurut Luciano Decourt	38
Tabel 2.8	Hubungan Modulus Subgrade (k_1) dengan Kuat Geser Undrained untuk Lempung Kaku Terkonsolidasi Berlebihan (Overconsolidation)	41
Tabel 2.9	Nilai-nilai n_h untuk Tanah Granular ($c=0$)	41
Tabel 2.10	Nilai-nilai n_h untuk Tanah Kohesif	42
Tabel 2.11	Kriteria Fondasi Tiang Pendek dan Fondasi Tiang Panjang	42
Tabel 4.1	Nilai N-SPT Pada Setiap Kedalaman (m)	60
Tabel 4.2	Nilai <i>Gamma Saturated & Unsaturated, Young Modulus</i>	61
Tabel 4.3	<i>Summary Parameter Tanah</i>	66
Tabel 4.4	<i>Parameter Lain</i>	66
Tabel 4.5	Tabel Koordinat	69
Tabel 4.6	Hasil Kalkulasi Tanah Eksisting	77
Tabel 4.7	Tabel Koordinat	79
Tabel 4.8	Hasil Kalkulasi Tanah Eksisting	88

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang memiliki elevasi tidak rata/ miring. Perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain ini yang membuat lereng menjadi tidak stabil. Lereng banyak dijumpai pada berbagai pekerjaan sipil, dimana lereng dapat terjadi sebagai akibat kondisi topografi dan juga ada lereng yang sengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Kedua jenis lereng tersebut memiliki sifat dan risiko yang sama yaitu terjadi longsor. Longsor sendiri dapat dikategorikan menjadi salah satu bencana alam yang terjadi pada lereng – lereng alami maupun buatan yang disebabkan oleh pergerakan tanah. Longsor ini kebanyakan terjadi pada saat musim penghujan yang meningkatkan tekanan air pori pada lereng. Bahkan dengan kondisi cuaca di Indonesia ini, hujan sering terjadi dengan intensitas tinggi dan waktu yang tidak sebentar. Peningkatan air pori ini berakibat pada terjadinya penurunan kuat geser dan sudut geser tanah yang menjadi penyebab utama dari bencana longsor.

Seperti halnya yang terjadi pada Proyek Pembangunan IPA Kalhol Kota Samarinda, tanah di sekitar pembangunan mengalami longsor yang diindikasikan disebabkan oleh abrasi. Area yang longsor berada di tepi Sungai Mahakam di bawah Jembatan Mahkota II Segmen Palaran. Proyek Pembangunan IPA Kalhol Kota Samarinda merupakan proyek yang bertujuan untuk penambahan prasarana air bersih untuk wilayah Samarinda, yang akan dikelola oleh Perundam (PDAM) Tirta Kencana. Area longsor memang bukan lokasi langsung pembangunan fasilitas IPA Kalhol, akan tetapi dengan terjadinya longsor tersebut akan menghambat proyek pembangunan sehingga dibutuhkan penanganan segera.

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk penanganan longsor sementara adalah dengan perkuatan cerucuk bambu pada titik abrasi. Akan tetapi metode ini hanyalah metode sementara yang tidak dapat dijadikan perkuatan secara permanen. Penanganan longsor lereng jangka panjang ini dibutuhkan perhitungan, desain dan analisis agar didapatkan perkuatan yang efisien dan efektif. Analisa stabilitas tanah memiliki peran sangat penting dalam perencanaan setiap pekerjaan konstruksi. Lereng yang tidak stabil, kuat geser dan sudut geser tanah kecil berbahaya untuk daerah sekitarnya. Oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan. Ukuran kestabilan lereng ini dapat diketahui dengan menghitung besarnya faktor keamanan. Pada penelitian ini, penulis mencoba merencanakan perkuatan lereng dengan metode bored pile dan membandingkan nilai safety factor lereng tanah eksisting dengan tanah yang telah diberi perkuatan bored pile dengan menggunakan program Numerik.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan suatu permasalahan, sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perhitungan parameter tanah eksisting berdasarkan data uji SPT menggunakan program AllPile?
2. Bagaimana perhitungan nilai keamanan (safety factor) dan penurunan tanah pada tanah eksisting menggunakan program Numerik ?
3. Bagaimana perhitungan nilai kermanan (safety factor) dan penurunan tanah pada tanah dengan daya dukung fondasi bored pile menggunakan program Numerik ?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menghitung parameter tanah eksisting berdasarkan data uji SPT menggunakan program AllPile.

2. Menghitung nilai kewanan (safety factor) dan penurunan tanah eksisting menggunakan program Numerik.
3. Mengitung nilai kewanan (safety factor) dan penurunan pada tanah dengan daya dukung fondasi bored pile menggunakan program Numerik.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah Tugas Akhir ini adalah

1. Penelitian ditinjau pada Proyek Penanganan Abrasi Jembatan Mahkota II Kota Samarinda.
2. Perhitungan parameter tanah menggunakan program AllPile.
3. Perhitungan nilai keamanan (safety factor) dan penurunan tanah menggunakan program Numerik.
4. Laporan ini tidak meninjau akibat gaya horizontal (gaya gempa).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan untuk menyusun tugas akhir ini, penyusun membagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab pendahuluan berisi informasi awal dari keseluruhan penelitian ini, yang berisikan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat, serta sistematika penulisan.

BAB II : STUDI PUSTAKA

Bab studi pustaka berisikan dasar teori, rumus, dan segala sesuatu yang digunakan oleh penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Adapun sumber yang digunakan, diperoleh dari buku literatur, tulisan ilmiah, dan hasil penulisan sebelumnya.

BAB III : METODOLOGI PENULISAN

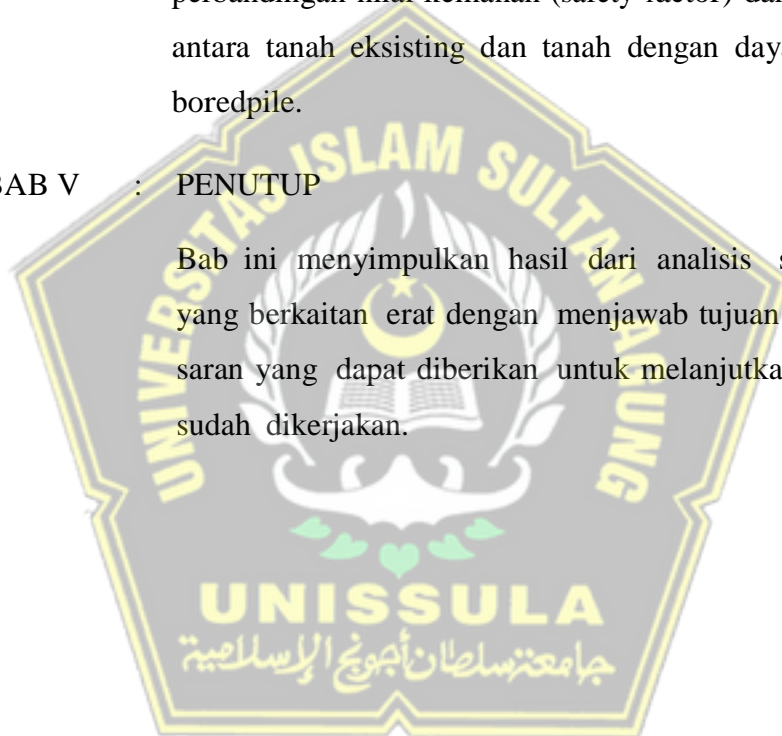
Pada metodologi penulisan, penulis mencoba menguraikan pengumpulan data serta analisis data.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi perhitungan parameter tanah menggunakan program AllPile berdasarkan data SPT, perhitungan dan perbandingan nilai kemanan (safety factor) dan penurunan tanah antara tanah eksisting dan tanah dengan daya dukung fondasi boredpile.

BAB V : PENUTUP

Bab ini menyimpulkan hasil dari analisis serta pembahasan yang berkaitan erat dengan menjawab tujuan penelitian serta saran yang dapat diberikan untuk melanjutkan penelitian yang sudah dikerjakan.



BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah adalah sebuah material yang terbentuk dari pecahan agregat (butiran) mineral-mineral padat dan tidak tersementasi (terikat secara kimia) antara satu sama lain dari benih/ bahan organik yang telah melapuk (berpartikel padat) disertai zat cair juga gas yang menjejali pori diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995). Dalam artian lain tanah merupakan akumulasi secara berkala partikel mineral atau ikatan antar partikelnya, yang ada/ terbentuk karena pelapukan pecah batuan (Craig,1991)

Tanah didefinisikan secara umum adalah kesatuan dari belahan-belahan yang padat dan tidak terjalin satu dengan yang lain (diantaranya material organik) lubang-lubang/ pori diantara material dimaksud berisi udara dan air (Verhoef,1994). Tanah merupakan kumpulan dari partikel padat dengan lubang yang berisi udara dan air yang saling berkaitan. Rongga tersebut dapat mengalirkan air dalam partikel dari titik tertinggi menuju titik yang lebih rendah. Sehingga air sangat mempengaruhi sifat teknis pada tanah. Dalam bidang teknik sipil tanah digunakan sebagai pendukung struktur pada bagian atas, sehingga agar tidak terjadi kerusakan pada konstruksi bangunan maka diperlukan tanah dalam kondisi stabil serta tidak mengalami penurunan yang tinggi.

2.1.1 Sifat – Sifat Umum Tanah

2.1.1.1 Sifat – Sifat Fisik Tanah

a. Tekstur

Menurut Haridjadja (1980) tekstur tanah adalah distribusi besar butir-butir tanah atau perbandingan secara relatif dari besar butir-butir tanah. Butir-butir tersebut adalah pasir,

debu dan liat. Gabungan dari ketiga fraksi tersebut dinyatakan dalam persen dan disebut sebagai kelas tekstur.

b. Densitas Tanah

Densitas tanah basah atau *wet-bulk density* diartikan serupa dengan padatan tanah (massa total) dibagi dengan volume dari total tanah (Kalsim dan Sapei 2003). Massa kuantitas akan beragam sesuai dengan kuantiti air yang terdapat bagian dalam tanah, jadi densitas tanah kering atau *dry bulk density* (D_b) biasanya dan diartikan sebagai massa kering tanah oven (M_k) disuhu 105°C dalam 24 jam dibagi volume total (V_t) tanah (Kalsim dan Sapei 2003). Untuk selanjutnya, istilah densitas tanah yang digunakan berarti mengacu pada *dry bulk density*.

c. Porositas

Porositas adalah proporsi ruang kosong yang ada dalam satuan volume tanah dan dapat diisi oleh air dan udara (Plaster 1992). Porositas dapat ditentukan dengan menempatkan tanah kering oven pada sebuah panci air hingga seluruh ruang kosong terisi air.

d. Diameter Berat Rata-Rata Bongkah Tanah

Jumlah pecahan tanah akibat implemen pengolahan dapat ditentukan dengan ayakan tanah. Pengayakan memberikan metode sederhana untuk mengukur rata-rata ukuran bongkah tanah dan jumlah tanah relatif pada setiap kelas ukuran. Representasi yang sering digunakan adalah diameter berat bongkah tanah rata-rata atau *mean weight diameter* (WMD).

2.1.1.2 Sifat – Sifat Mekanik Tanah

a. Kadar Air Tanah

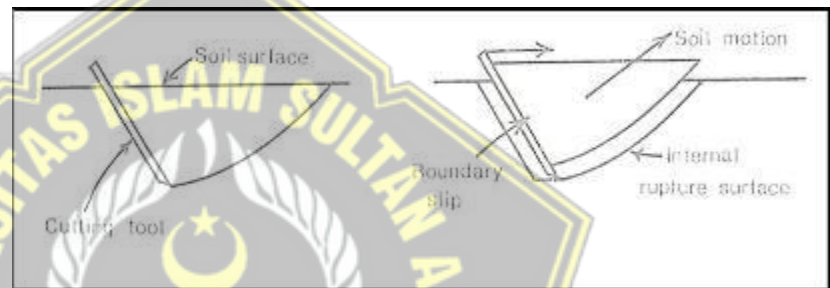
Adalah jumlah air tanah yang terkandung dalam pori-pori tanah dalam suatu massa tanah tertentu. Kadar air tanah dapat berubah-ubah pada tiap kedalaman karena merupakan bagian tanah yang tidak stabil. Perubahan kadar air tanah tersebut dapat menyebabkan perubahan nilai tahanan penetrasi dan densitas (*bulk density*) tanah. Menurut Hardjowigeno (1995), air di dalam tanah dibagi menjadi air gravitasi, kapiler dan higroskopis. Menurut Hakim et al (1986) cara yang biasa digunakan untuk menyatakan kadar air dalam tanah adalah dalam persen terhadap bobot tanah kering. Bobot tanah lembab tidak dipakai karena bergelombang dengan kadar airnya. Kadar air juga dapat dinyatakan dalam persen volume, yaitu persentase volume air terhadap volume tanah.

b. Kekuatan Tanah

Kekuatan tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan, baik berupa perpecahan, perpisahan ataupun aliran. Secara kuantitatif kekuatan tanah dapat didefinisikan sebagai tegangan maksimal yang dapat diberikan kepada tanah tertentu tanpa menyebabkan kerusakan pada tanah tersebut (Hillel 1980). Kekuatan geser tanah menurut Hardiyatmo (1992) merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Menurut McKyes (1985), perancangan alat dan mesin pengolahan tanah yang efektif dan efisien dimulai dengan analisis dasar mengenai kekuatan geser tanah.

Hal ini bertujuan untuk memprediksikan kekuatan dan energi yang dibutuhkan alat dan mesin tersebut untuk memotong tanah dengan efektif dan efisien. Proses pemotongan tanah mengakibatkan keruntuhan material tanah. Keruntuhan ini biasanya terjadi pada bagian permukaan perpecahan dalam (*internal rupture surface*) tanah dan bagian tanah yang bersentuhan dengan pemotong tanah.

Skema keruntuhan tanah pada proses pemotongan tanah dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema Keruntuhan Tanah

(Sumber : McKyes 1985)

Gaya-gaya yang menghasilkan keruntuhan tanah adalah gesekan dan kohesi yang sesuai dengan hukum Coulomb yang dapat dilihat pada persamaan 2.1 :

$$\tau = c + \sigma \tan \theta \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

τ = Kekuatan tanah terhadap geseran (kgf/cm²)

c = Kohesi tanah (kgf/cm²)

σ = Tekanan normal terhadap bidang geser (kgf/cm²)

θ = Sudut gesekan dalam o)

2.1.2 Klasifikasi Tanah

Tanah terjalin atas butir-butir dengan variasi ukuran. Tolak ukur dari ukuran butiran tersebut beragam/ tidak teratur. Sifat kimia bervariasi, hingga jenis tanah juga bermacam-macam. Oleh karena itu dibutuhkan pengklasifikasian untuk penyeragaman jenis tanah dan membatasi kuantiti. Tanah yang hamper sama diberi nama yang sama dengan bermacam-macam kriteria. Sistem pengklasifikasian: AASHTO, ASTM. British Standard, MIT Standard. Biasanya yang memakai Unified System (Ir. Supriyono, MT., 2003)

Klasifikasi tanah merupakan suatu metode untuk mengatur berbagai jenis tanah yang tidak sama akan tetapi memiliki ciri dan sifat yang hamper sama ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi ini merincikan dengan singkat sifat-sifat umum tanah yang bermacam-macam tapi tidak ada yang benar-benar menjabarkan secara pasti tentang kemungkinan pemakaiannya. (Braja M. Das : 1995)

Sistem klasifikasi tanah bertujuan menjabarkan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah dasar serta menggolongkannya berdasarkan perilaku umum dari tanah tersebut. Maksud dari klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian pada pemakaian spesifik serta untuk memberitahukan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam format berupa data dasar. Klasifikasi tanah juga berfungsi untuk pembelajaran yang lebih jelas tentang kondisi tanah tersebut serta keperluan akan pengujian untuk memastikan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya. (Bowles, 1991).

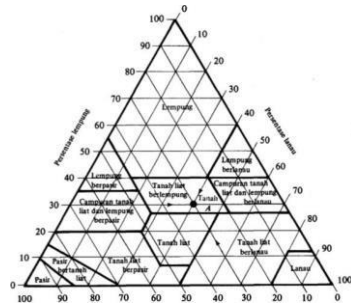
a. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur

Tekstur tanah adalah klasifikasi secara kualitatif mengenai kondisi suatu tanah berdasarkan tekstur fisiknya. Pengujian dan penerapan tekstur tanah diterapkan di lapangan maupun di laboratorium. Kategori utama dari tekstur tanah yaitu tanah berpasir, liat atau lempung, dan lanau, berdasarkan distribusi ukuran partikel tanah yang didapatkan dengan pengayakan. Kualitas tekstur tanah yang didapatkan bisa digunakan untuk berbagai penerapan, misal komoditas pertanian yang cocok untuk ditanam hingga kondisi dan perubahan lingkungan (Wikipedia).

Sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang ditingkatkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA) dapat dilihat pada Gambar 2.3. Sistem klasifikasi ini bersumber pada ukuran batas dari butiran tanah seperti yang dijelaskan oleh sistem USDA dalam Tabel 2.1, yaitu; pasir merupakan butiran yang memiliki diameter 2,0 - 0,05 mm, lanau butiran yang memiliki diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm, lempung memiliki diameter lebih kecil dari 0,002 mm. Klasifikasi tanah berdasarkan USDA dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dan **Gambar 2.2**

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan USDA

Jenis Tanah	Diameter Partikel
Liat	<i>Less than</i> 0.0002
Lanau	0.002 – 0.05
Berpasir sangat halus	0.05 – 0.10
Berpasir halus	0.1 – 0.25
Berpasir sedang	0.25 – 0.5
Berpasir kasar	0.5 – 1.00
Berpasir sangat kasar	1.00 – 2.00



Gambar 2.2 Klasifikasi Tanah Menurut USDA

(Sumber: Das, 1995)

b. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Pemakaian

Sistem klasifikasi tanah yang bersumber pada tekstur adalah relatif *simple* dikarenakan hanya didasarkan pada pembagian ukuran butiran tanah saja. Pada faktanya jumlah dan jenis dari mineral lempung yang terdapat dalam tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah tersebut. Oleh sebab itu, kiranya perlu untuk mempertimbangkan sifat plastisitas tanah, yang akibat adanya kandungan mineral lempung, agar dapat menafsirkan karakter suatu tanah. Karena sistem pengelompokan bersumber pada permukaan tidak mempertimbangkan sifat plastisitas tanah, dan secara utuh tidak memperlihatkan karakteristik tanah yang penting, maka sistem tersebut dianggap tidak pantas untuk sebagian besar dari keperluan teknik. Saat ini terdapat dua buah sistem pengelompokan tanah yang sering digunakan oleh para ahli teknik sipil. Kedua sistem tersebut mempertimbangkan pembagian ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistem-sistem tersebut adalah: Sistem Klasifikasi AASHTO dan Sistem Klasifikasi Unified. Sistem klasifikasi AASHTO biasanya dipakai oleh departemen jalan raya di negara bagian di Amerika Serikat.

Sementara itu, sistem klasifikasi *Unified* lebih condong digunakan oleh para ahli geoteknik untuk kebutuhan-kebutuhan teknik yang lain (Braja M. Das, 1995).

a. Klasifikasi AASHTO

Sistem pengelompokan ini dipelajari lebih lanjut pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini telah terjadi koreksi, model yang digunakan sekarang merupakan versi yang diajukan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada 1945 (ASTM Standar D-3282, AASHTO metode M145).

Sistem klasifikasi AASHTO yang digunakan sekarang diberikan dalam Tabel 2.2 dan Tabel 2.3. Pada sistem ini, tanah diklasifikasikan dalam tujuh bagian besar, yaitu A-1 s.d. A-7. Tanah yang dikelompokkan dalam A-1, A-2, dan A-3 merupakan tanah berbutir yang 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos saringan No.200. Tanah yang lebih dari 35% butirannya lolos saringan No.200 dikelompokkan pada A-4, A-5, A-6 dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 s.d. A-7 tersebut biasanya adalah lanau dan lempung. Sistem pengelompokan ini didasarkan pada kriteria di bawah ini:

a. Ukuran butir

Kerikil: komponen tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tidak lolos ayakan No. 20 (2mm). Pasir: komponen tanah yang lolos ayakan No. 10 (2mm) dan yang tidak lolos pada ayakan No. 200 (0,075 mm). Lanau dan lempung: komponen tanah yang lolos ayakan No. 200.

b. Plastisitas

Nama berlanau digunakan saat komponen-komponen halus dari tanah memiliki indeks plastisitas (*plasticity index*, PI) 10 atau kurang. Istilah berlempung digunakan bila komponen-komponen yang halus dari tanah memiliki indeks plastis sebesar 11 atau lebih besar.

Bila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) terdapat dalam contoh tanah yang akan dicari klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut dipisahkan dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dipisahkan tersebut harus didokumentasikan.

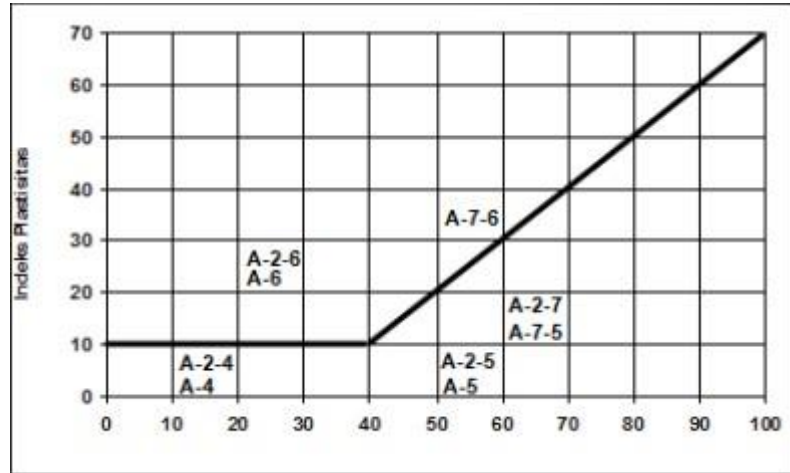
Apabila sistem klasifikasi AASHTO digunakan untuk mengklasifikasikan tanah, maka data dari hasil uji diserasikan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 2.2 dan Tabel 2.3 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai. Gambar 2.2 menunjukkan suatu gambar dari senjang batas cair (*liquid limit*, LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 dan A-7.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Lapisan Tanah Dasar
Jalan Raya (Sistem AASHTO)

Klasifikasi Umum	Bahan-bahan berbutir (35% atau kurang lolos No. 200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi Kelompok	A-a1	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
% Lolos Saringan Saringan							
No. 10	≤ 50						
No. 40	≤ 30	≤ 50	≤ 51				
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Karakteristik fraksi Lolos No. 40							
Batas Cair				≤ 40	≤ 41	≤ 40	≤ 41
Indeks Plastisitas	≤ 50		N.P	≤ 10	≤ 10	≤ 11	≤ 10
Indeks Kelompok	0		0	0			≤ 4
Jenis-jenis Bahan Pendukung Utama	Fragmen batu pasir dan kerikil		pasir halus	kerikil dan pasir berlanau atau berlempung			
Tingkatan umum sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik						

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Lapisan Tanah Dasar
Jalan Raya (Sistem AASHTO)

Klasifikasi Umum	Tanah Granuler	Tanah mengandung Lanau-Lempung				
	A-2 A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5b A-7-5c	
	Persen Lolos Saringan					
No. 10						
No. 20						
No. 200	35 max	36	36	36 min	36	36 min
Batas Cair 2	41 min	40	41	40 min	40	41 min
Indeks Plastisitas 3	11 min	10 min	10	10 min	10	11 min
Fraksi Tanah	Kerikil, pasir			Lanau	Lempung	
Kondisi Kuat	Sangat baik			Kurang baik hingga jelek		



Gambar 2.3 Rentang Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) untuk Klasifikasi Tanah

b. Klasifikasi *Unified*

Sistem ini pada awalnya dipublikasikan oleh Prof. Arthur Cassagrande (1942) untuk difungsikan pada pekerjaan pembuatan lapangan dikerjakan oleh *The Army Corps of Engineers*. Pada sistem USCS, tanah dikelompokkan dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) saat kurang dari 50% lolos saringan No.200, dan untuk tanah berbutir halus (lanau dan lempung) saat lebih dari 50% lolos saringan No.200.

Kemudian, tanah dikelompokkan dalam jumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam Tabel 2.4 Simbol-simbol yang digunakan tersebut adalah :

G = kerikil (*gravel*)

S = pasir (*sand*)

C = lempung (*clay*)

M = lanau (*silt*)

O = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)

W = gradasi bagus (*well-graded*)

P = gradasi buruk (*poor-graded*)

H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Untuk pengelompokan yang baik, hal-hal berikut ini perlu diperhatikan:

1. Persentase butiran lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus).
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40.
3. Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient, C_u*) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient, C_c*) untuk tanah dimana 0 - 12% lolos ayakan No. 200.
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah lolos ayakan No. 40 (untuk tanah di mana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200).

Apabila prosentase butiran lolos ayakan No. 200 adalah diantara 5 s.d. 12%, simbol ganda seperti GW-GM , GP-GM , GW-GC , GP-GC , SW-SM , SW-SC , SP-SM , dan SP-SC diperlukan. Rincian klasifikasi ini diberikan dalam Tabel 2.2. Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (Casagrande, 1948) yang diperlihatkan dalam **Tabel 2.4**

Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Klasifikasi umum		Simbol klasifikasi	Nama jenis	Kriteria klasifikasi			
Tanah berbutir kasar, lebih dari 50% tetapan pada ayakan 75 μ	50% atau lebih bagian kasar dari butiran kasar tertahan pada ayakan 4,75 mm	Kerikil berbutir	GW	Kerikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, campuran kerikil dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus	$U_c = D_{60}/D_{10}$ $U_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{15} \times D_{30}}$ lebih besar dari 4 bernilai antara 1-3 Tidak sesuai dengan kriteria GW Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4 Batas Atterberg terletak di atas garis A dan Index Plastisitas > dari 7		
			GP	Kerikil yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, campuran kerikil dan pasir, sedikit atau tanpa butiran halus			
		GM	Kerikil berlanas, campuran kerikil, pasir dan lanau				
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil, pasir dan lempung				
	50% atau lebih pasir kasar dari butiran kasar lolos melalui ayakan 4,75 mm	Pasir berbutir	SW	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang baik, pasir dari pecahan kerikil, tanpa atau sedikit butiran halus	$U_c = D_{60}/D_{10}$ $U_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{15} \times D_{30}}$ lebih besar dari 6 bernilai antara 1-3 Tidak sesuai dengan kriteria SW Batas Atterberg terletak di bawah garis A atau Index Plastisitas < dari 4 Batas Atterberg terletak di atas garis A atau Index Plastisitas > dari 7		
			SP	Pasir yang mempunyai pembagian ukuran butir yang buruk, pasir dari pecahan kerikil, tanpa atau sedikit butiran halus			
		Pasir berbutir halus	SM	Pasir berlanas, campuran pasir dan lanau			
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir dan lempung			
		Tanah berbutir halus lebih dari 50% lolos ayakan 75 μ	Lanau dan lempung LL & 50	ML		Lanau inorganik, pasir sangat halus, debu padas, pasir halus berlanas atau berlempung	Diagram plastisitas Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar, batas Atterberg yang termanas dalam daerah yang dilimitasi beranti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol
				CL		Lempung inorganik dengan plastisitas rendah atau sedang, lempung dari amebul	
Lanau dan lempung LL > 50	OL		Lanau organik dengan plastisitas rendah dan lempung berlanas organik				
	MH		Lanau inorganik, pasir halus atau lanau dari muka atau ganggang (diatomasi), tanah eluvial				
	CH		Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung dengan viskositas tinggi				
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi					
Tanah dengan kadar organik tinggi		PT	Gambut, lumpur hitam dan tanah ber kadar Organik tinggi lainnya	Dapat dibedakan dengan maca lain dengan ASTM (luas D 2488-66T.			

(sumber :www.ilmusipil.com)

2.1.3 Daya Dukung Tanah & Kuat Geser Tanah

Daya dukung tanah adalah kekuatan tanah menahan tekanan atau beban bangunan pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebihan (Najoan, 2020). Daya dukung yang dapat menahan keruntuhan tidak berarti jika penurunan fondasi akan berada dalam batas-batas yang diperbolehkan. Oleh sebab itu, analisis penurunan harus diperhitungkan karena biasanya bangunan sensitif pada penurunan yang besar. Kapasitas nilai daya dukung dari suatu tanah tergantung pada karakteristik tanah dasar dan diperhitungkan pada sifat penurunan dan stabilitas yang diisyaratkan, termasuk faktor aman terhadap keruntuhan.

Kuat geser tanah adalah gaya oposisi/ tolakan oleh butir-butir tanah untuk desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh (Hardiyatmo, 2002)

1. Kohesi tanah berdasarkan jenis tanah dan kepadatannya, akan tetapi tidak dipengaruhi tegangan normal yang bekerja pada bidang geser
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang sebanding tegangan normal pada bidang gesernya.

Rumus menurut Coulomb (1776) dapat dilihat pada persamaan 2.2 :

$$\tau = c + \sigma \tan \theta \dots\dots\dots(2.2)$$

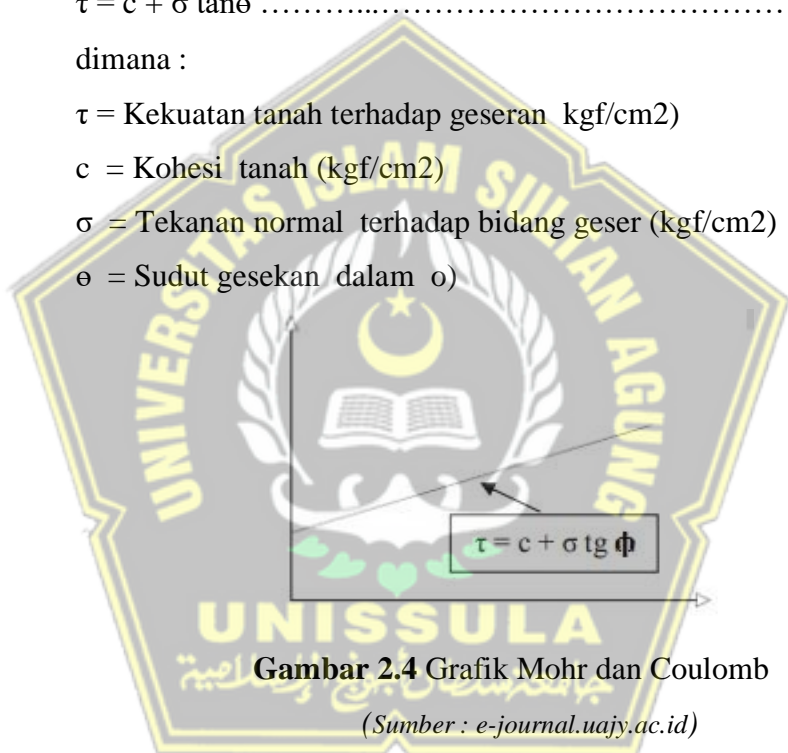
dimana :

τ = Kekuatan tanah terhadap geseran (kgf/cm²)

c = Kohesi tanah (kgf/cm²)

σ = Tekanan normal terhadap bidang geser (kgf/cm²)

θ = Sudut gesekan dalam o)



Gambar 2.4 Grafik Mohr dan Coulomb

(Sumber : e-journal.uajy.ac.id)

Kekuatan geser tanah dapat diukur di lapangan maupun di laboratorium. Pengukuran di lapangan antara lain menggunakan *vane-shear*, *plate load*, dan test penetrasi. Pengukuran di laboratorium meliputi penggunaan *miniatur vane shear*, *direct shear*, *triaxial compression*, dan *unconfined compression* (Sallberg, 1965) dan *fall-cone soil shear strength*.

Untuk menentukan besaran kohesi dan sudut geser tanah saat kondisi tekanan efektif (c' dan ϕ') maka harus dilakukan uji *consolidated undrained test* (CU tes).

a. *Direct Shear*

Suatu percobaan untuk memperoleh kuat geser tanah dengan percobaan geser langsung. Dimana tahanan geser diukur pada suatu cincin uji (*proving ring*), dan harga maksimum adalah kekuatan geser tanah pada bidang keruntuhan. Kuat geser tanah ini didapatkan dari contoh tanah yang dibebani bermacam-macam beban tekan dan digambar suatu grafik dari tegangan geser terhadap tegangan tekan, biasanya memberikan suatu grafik garis lurus.

b. *Triaxial Compression*

Tujuan pengujian ini untuk mendapatkan besaran kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ). Mendapatkan besaran kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah (ϕ) pada pengujian triaksial ini bisa dengan penggambaran sampul mohr dan rumus kuat geser tanah.

c. *Unconfirmed Compression*

Teori pemadatan pertama kali dikembangkan oleh R.R. Proctor. Empat variabel pemadatan tanah yang diartikan Proctor, yaitu daya/ upaya pemadatan, jenis tanah (gradasi, kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel dan lain-lain), kadar air dan berat isi tanah. Oleh karena itu, prosedur dinamika laboratorium yang standar biasanya disebut dengan uji Proctor.

2.1.4 Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Struktur bawah bangunan dibagi menjadi fondasi dan tanah pendukung fondasi. Oleh sebab itu penyelidikan tanah sangat penting untuk fondasi. Fondasi wajib dilokasikan di lapisan tanah yang cukup keras dan padat. Penyelidikan tanah bertujuan untuk mengetahui letak/ kedalaman tanah keras agar dapat diketahui juga sifat-sifat dasar tanahnya seperti asal-usulnya, penyebaran ukuran butiran, kekuatan untuk mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban dan lain-lain. (Das, 1995).

Penyelidikan tanah adalah kegiatan pengambilan contoh (*sample*) tanah agar daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi dapat diketahui, seperti susunan lapisan tanah/sifat tanah. Selain itu penyelidikan tanah ini juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis fondasi yang akan digunakan untuk konstruksi bangunan, dari hasil penyelidikan tanah dapat dicari perlakuan terhadap tanah agar daya dukung dapat mendukung konstruksi yang akan dibangun. Kemudian dipilih alternatif kedalaman serta dimensi fondasi efektif dan efisien.

Ada dua jenis penyelidikan tanah (*soil investigation*) yang biasa dilakukan yaitu:

1. Penyelidikan di lapangan (*in situ test*), adalah penyelidikan yang dilakukan di lapangan seperti pengeboran (*hand boring* ataupun *machine boring*), *Cone Penetrometer Test* (sondir), SPT, *Sand Cone Test* dan *Dynamic Cone Penetrometer*.

2. Penyelidikan di laboratorium (*laboratory test*), adalah penyelidikan yang dilakukan di laboratorium yang terdiri dari uji *index properties* tanah (*Atterberg Limit, Water Content, Specific Gravity, Shieve Analysis*) dan *engineering properties* tanah (*direct shear test, triaxial test, consolidation test, permeability test, compaction test, dan CBR*).

Pada tahap awal pekerjaan konstruksi penyelidikan tanah yang dilakukan adalah penyelidikan di lapangan (*in situ test*). Setelah itu dari sample tanah yang didapatkan akan dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui sifat – sifat dan karakteristik tanah. Contoh tanah (*soil sampling*) yang dihasilkan dari penyelidikan tanah ini, dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- a. Contoh tanah tidak terganggu (*Undisturbed Soil*)

Dapat dikatakan tanah tidak terganggu bila masih memperlihatkan karakteristik asli tanah. Contohnya, tanah yang tidak mengalami perubahan pada strukturnya, kadar air, atau susunan kimianya. Tanah seperti ini sangat sulit dan bahkan hamper tidak mungkin diperoleh, tetapi dapat diminimalisir dengan pelaksanaan pengambilan sample tanah dengan teknik yang baik dan benar. *Undisturbed soil* sendiri digunakan pada percobaan *engineering properties*.

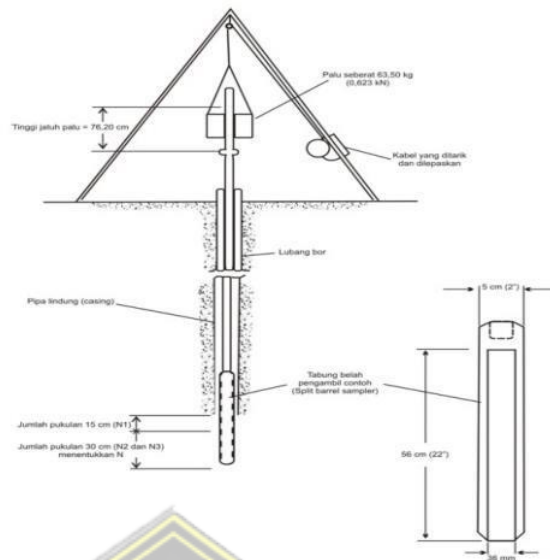
- b. Contoh tanah terganggu (*Disturbed Soil*)

Adalah tanah yang didapatkan tanpa usaha melindungi struktur awal/ sifat asli tanah. *Disturbed soil* umumnya digunakan dalam percobaan uji *index properties* tanah.

2.1.5 Pengujian SPT (Standar Penetration Test)

Merupakan pengujian penetrasi dinamis, pengujian ini untuk mendapatkan parameter-parameter Boring lapisan tanah (*Bores logExploration*) dan Jumlah Pukulan ($N\text{-SPT} = \text{Blows/feet}$) untuk menginput 1 feet (12 inchi atau 30,48 cm) yang memakai beban penumbuk seberat 140 pound (63,5 kg) yang dijatuhkan dengan ketinggian 30 inchi (76.2 cm). Pelaksanaan SPT (*Standard Penetration Test*) dilakukan setiap 2 meter, atau sesuai kondisi lapangan. (SNI 4153:2008/ASTM-D-1586-84).

SPT merupakan metode pengujian yang dikerjakan dengan pelaksanaan uji pengeboran, digunakan untuk mengetahui tahanan dinamik tanah dan untuk mendapatkan contoh tanah terganggu dengan metode penumbukan. Uji SPT dibagi menjadi uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, dibarengi dengan pengukuran jumlah pukulan saat memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, lalu dijatuhkan secara terus-menerus dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian terdiri dari tiga tahapan, pertama secara berturut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama merupakani dudukan, sedangkan jumlah pukulan untuk *input* tahap ke-dua dan ke-tiga dijumlahkan untuk mendapatkan nilai pukulan N atau tahanan/perlawanan SPT (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m). Alat dapat dilihat pada **Gambar 2.5** berikut ini.



Gambar 2.5 Penetrasi dengan SPT

(Sumber : SNI 4153-2008)

Tujuan percobaan SPT yaitu :

- Menentukan kepadatan relatif (D_r) dan sudut geser (ϕ) lapisan tanah dari contoh tanah dengan tabung. Korelasi nilai NSPT dengan kepadatan relatif dan sudut geser dapat dilihat pada Tabel 2.5 dan Tabel 2.6
- Mengetahui jenis tanah dan ketebalan dari setiap lapisan tanah.
- Medapatkan data yang kumulatif pada perlawanan penetrasi tanah hingga menentukan kepadatan dari tanah yang tidak berkoheesi yang umunya sulit diambil sampelnya.

Nilai N-SPT memiliki korelasi dengan kepadatan tanah, berat volume tanah kering (γ_d), tekanan konus (q_c), dan sudut geser seperti pada **Table 2.5** berikut ini :

Tabel 2.5 Hubungan N-SPT dengan kepadatan tanah, berat volume tanah kering (γ_d), sudut geser (θ), dan tekanan konus (q_c)

N-SPT	Kepadatan Relatif (Dr)	Berat Volume Tanah Kering (γ_d)	Tekanan Konus	Sudut Geser (θ)
0-4	Sangat lepas	0,00-0,20	<20	< 30
40-10	Lepas	0,20-0,40	20-40	30-35
10-30	Sedang	0,40-0,60	40-120	35-40
30-50	Padat	0,60-0,80	120-200	40-45
>50	Sangat padat	0,80-1,00	>200	>45

(Sumber : Mayerhof, 1965)

Nilai N-SPT juga memiliki korelasi dengan kepadatan tanah, berat volume tanah jenuh (γ_{sat}) dan nilai kohesi seperti pada **Tabel 2.6** dan **Tabel 2.7** berikut ini

Tabel 2.6 Hubungan N-SPT dengan Berat Volume Tanah Jenuh (γ_{sat})

N-SPT	Kepadatan Relatif (Dr)	Berat Volume Tanah Basah (γ_{sat}) kN/m ³
0-2	Sangat lepas	16-19
2-4	Lepas	16-19
4-8	Agak Padat	17-20
8-15	Padat	19-22
15-30	Sangat padat	19-22
>30	Sangat Lepas	19-22

(Sumber : Whitman, 1969)

Tabel 2.7 Hubungan N-SPT dengan nilai kohesi (c)

N-SPT	Kepadatan Relatif (Dr)	Kohesi (c)
0-2	Sangat lepas	12,5
2-4	Lepas	12,5-25
4-8	Agak Padat	25-50
8-15	Padat	50-100
15-30	Sangat padat	100-200
>30	Sangat Lepas	>200

(Sumber : Article stream stablitation project, 2007)

Nilai Modulus Elastisitas yang menampilkan besar nilai elastisitas tanah akibat rasio tegangan terhadap regangannya. Nilai Modulus Elastisitas (Es) dapat dilihat pada **Tabel 2.8** berikut ini :

Tabel 2.8 Nilai Modulus Elastisitas (Es) pada beberapa jenis tanah

Jenis Tanah	Es (Mpa)
Lempung	
Sangat Lunak	2-15
Lunak	5-25
Sedang	15-40
Keras	50-100
	25-250
Pasir	
Belanau	5-20
Tidak Padat	10-25
Padat	20-80
Pasir dan Kerikil	
Padat	100-200
Tidak Padat	50-250
Lanau	2-20
Loses	15-60
Cadas	140-1400

(Sumber : Das, 1998)

2.1.6 Test Boring

Boring dilaksanakan dengan menggunakan Mesin Bor yang dimasukkan ke dalam tanah sampai kedalaman tanah yang ditentukan atau sampai jenis kepadatan tanah *Very Hard* ($N-SPT > 50$), atau kondisi lapangan tidak bisa lagi dilakukan pengeboran. Pekerjaan *boring* berfungsi untuk membantu pelaksanaan test SPT dan pengambilan sampel uji. (SNI 4153:2008/ASTM-D-1586-84).

2.1.7 Test Laboratorium

Penyelidikan di laboratorium digunakan untuk mengetahui karakteristik contoh tanah yang diambil melalui sampel tak terganggu (*undisturbed*) atau terganggu (*disturbed*). Sifat tanah tersebut meliputi sifat fisis dan sifat mekanis. Parameter tanah hasil penyelidikan di laboratorium antara lain meliputi :

a. *Physical Properties*

Yaitu sifat tanah dalam keadaan asli yang digunakan untuk menentukan jenis tanah.

1. *Natural Water Content* (ω) atau kadar air adalah komparasi berat air yang terdapat dalam tanah dengan berat tanah kering dinyatakan persen. (SNI 03-1965-2008/ASTM D-2216-71/AASHTO T265-79)
2. *Unit Weight* (γ) atau berat isi adalah komparasi berat tanah basah dengan volumenya ($gr/m^3, kg/m^3$) (SNI 03-3637-1994)
3. *Specific Gravity* (G_s) atau berat jenis tanah adalah perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air (SNI-03-1964-2008/ASTM D-854-58/ AASHTO T100-74)
4. *Atterberg Limits* atau batas - batas Atterberg adalah batas kadar air yang menyebabkan berubahnya kondisi dan bentuk tanah atau dikenal juga sebagai batas-batas konsistensi tanah.

Khusus untuk tanah berbutir halus, *silt* dan *clay* dimana tanah memiliki sifat-sifat tertentu yang tergantung banyaknya air dalam masa tanah. Klasifikasi tanah berdasarkan Plastisitas antara lain: Batas Plastis (*Plastic limit*) dan Batas cair (*Liquid Limit*) dan Indeks Plastisitas (SNI.03-1964-2008/ASTMD-423-66.70/AASHTO T 89/90-74).

5. *Gradation by Sieve Analysis & Hydrometer Analysis* atau analisa saringan ukuran butir tanah adalah menentukan pembagian ukuran butir suatu contoh tanah termasuk untuk menentukan pembagian ukuran butir tanah yang halus lewat saringan no.200 (0,075 mm) dengan cara Hydrometer. (SNI1968-2012/ASTM C-36-46)
6. *Soil Proportion by Gradation Curves* atau prosentase lengkung gradasi adalah hasil dari analisa saringan digambarkan pada kertas Logarithmic akan terbentuk lengkung gradasi (SNI 3423-2008/ASTM D-422-72).

b. *Engineering Properties*

Yaitu sifat tanah jika memperoleh pembebanan yang digunakan sebagai parameter dalam perencanaan fondasi atau perencanaan rekayasa geoteknik.

1. *Direct Shear*

Suatu percobaan untuk memperoleh kuat geser tanah dengan percobaan geser langsung. Dimana tahanan geser diukur pada suatu cincin uji (*proving ring*), dan harga maksimum adalah kekuatan geser tanah pada bidang keruntuhan. Kuat geser tanah ini diperoleh dengan tanah yang dibebani beban tekan dan digambar suatu grafik dari tegangan geser terhadap tegangan tekan, biasanya memberikan suatu grafik garis lurus.

2. *Unconfirmed Compression*

Teori pemadatan pertama kali dikembangkan oleh R.R. Proctor. Empat variabel pemadatan tanah diartikan Proctor, sebagai usaha pemadatan atau energi pemadatan, jenis tanah (gradasi, kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel dan sebagainya), kadar air dan berat isi tanah. Oleh karena itu, prosedur dinamika laboratorium yang standar biasanya disebut dengan uji Proctor.

2.2 Lereng

Lereng merupakan bentuk dari permukaan bumi berupa sudut kemiringan tertentu dengan bidang horisontal. Lereng dibagi menjadi lereng alami yang terbentuk secara alamiah sebagai akibat dari proses geologi dan juga bias dibuat oleh manusia untuk tujuan tertentu. Contoh lereng alami : lereng bukit dan tebing sungai. Contoh lereng buatan manusia : galian dan timbunan untuk jalan raya dan jalan kereta api, bendungan, tanggul sungai dan kanal serta tambang terbuka. Longsoran merupakan keruntuhan massa tanah pada lereng yang mengakibatkan bergesernya massa tanah ke bawah dan ke luar. Longsoran dapat terjadi dengan berbagai cara, secara perlahan-lahan atau mendadak serta dengan ataupun tanpa tanda-tanda yang terlihat.

Analisis kestabilan lereng dihitung dengan model yang akurat dalam menggambarkan material bawah permukaan, kondisi air tanah dan juga pembebanan yang mungkin bekerja pada lereng. Karena jika tidak ada model geologi yang baik, analisis hanya dapat dihitung dengan pendekatan kasar sehingga keakuratan hasil analisis juga tidak dapat dipastikan.

Jika ada dua permukaan tanah yang tidak sama elevasinya, maka muncul gaya-gaya yang mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi elevasinya akan condong bergerak kebawah. Selain itu, terdapat gaya yang bekerja melawan yaitu gaya-gaya dalam tanah sehingga kedudukan tanah dapat stabil.

Gaya pendorong contohnya gaya berat, gaya tiris/muatan. Gaya-gaya tersebut penyebab terjadinya kelongsoran. Gaya penahan contohnya gaya gesekan/geseran, lekatan (dari kohesi), kekuatan geser tanah. Antara permukaan dari tanah yang lebih tinggi ke permukaan yang lebih rendah dihubungkan suatu permukaan yang disebut lereng. Dalam bidang teknik sipil, lereng ada 3 jenis yang perlu diperhatikan :

1. Lereng alam, lereng yang terbentuk oleh proses alamiah seperti lereng perbukitan.
2. Lereng yang dibuat dalam tanah asli, contohnya *cutting* tanah untuk pembuatan jalan maupun saluran untuk irigasi.
3. Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan contohnya untuk pembuatan tanggul untuk jalan atau bendungan urugan.

Kelongsoran pada lereng biasanya terjadi dalam suatu bidang lengkung. Dalam perhitungan stabilitas, lengkungan dianggap lingkaran spiral logarotmis yang bidang gelincir. Kemantapan lereng (*slope stability*) dapat terpengaruh oleh kekuatan geser tanah dalam mendapatkan kemampuan tanah menahan tekanan tanpa mengalami keruntuhan.

Dalam praktek, analisis stabilitas lereng dihitung berdasarkan konsep keseimbangan batas plastis (*limit plastic equilibrium*). Maksud dari analisis stabilitas adalah untuk mendapatkan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dalam laporan tugas akhir ini, dasar – dasar teori yang dipakai untuk menyelesaikan masalah tentang stabilitas longsor dan daya dukung tanah menggunakan teori metode irisan (Method of Slice), metode Bishop (Bishop's Method) dan Metode Fellenius.

Dalam menganalisis stabilitas lereng digunakan beberapa kondisi yaitu:

- a. Kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan diandaikan sebagai masalah bidang dua dimensi.
- b. Massa tanah yang longsor diandaikan sebagai benda masif.
- c. Tahanan geser tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak berdasarkan dari orientasi permukaan longsor atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropis.

- d. Faktor aman diartikan tanpa melupakan tegangan geser rata – rata sepanjang bidang longsor potensial dan kuat geser tanah sepanjang permukaan longsor. Jadi kuat geser tanah mungkin saja terlampaui di titik – titik tertentu pada bidang longornya, padahal faktor aman hasil hitungan lebih besar dari 1.
- e. Hukum Coulomb berlaku untuk kondisi runtuh $\tau r' = Cr' + \sigma r' \tan \phi r'$
- f. Bentuk tegangan adalah lurus
- g. Semua gaya yang bekerja telah diketahui
- h. Berlaku hukum tegangan total dan tegangan efektif $\sigma' = \sigma + u$

Bentuk umum untuk perhitungan stabilitas lereng adalah mencari angka keamanan (η) dengan membandingkan momen-momen yang terjadi akibat gaya yang bekerja.

$$Fk = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Penggerak}} = \frac{W \times x}{Cu \times L \times r} \dots\dots\dots(2.3)$$

(Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 2)

dimana,

Fk = Faktor keamanan

W = Berat tanah yang akan longsor (kN)

L_{AC} = Panjang Lengkungan

C = Kohesi (kN/m²)

R = Jari – jari lingkaran bidang longsor yang ditinjau (m)

Y = Jarak pusat berat W terhadap O (m)

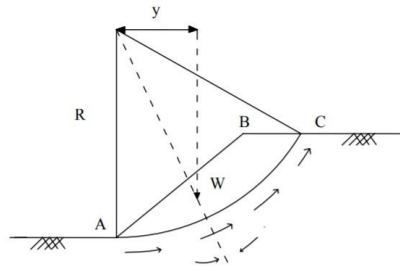
Jika:

Fk < 1 , lereng tidak stabil

Fk = 1 , lereng dalam keadaan kritis artinya dengan sedikit gangguan atau tambahan momen penggerak maka lereng menjadi tidak stabil.

Fk > 1 , lereng stabil.

Untuk mendapatkan nilai angka keamanan (Fk) lereng, perlu dilakukan ‘*trial and errors*’ pada beberapa bidang longsor yang biasanya berupa busur lingkaran dan kemudian diambil nilai Fk minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis. Analisis stabilitas lereng dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Analisa Stabilitas Lereng

(Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 2)

2.3 Fondasi

Fondasi merupakan komponen dari suatu sistem yang direkayasa berfungsi untuk meneruskan beban yang ditopang oleh fondasi dan beratnya sendiri ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya (Bowles, 1997). Perencanaan fondasi sendiri dapat diartikan benar jika beban yang diteruskan ke fondasi ke tanah tidak melebihi kemampuan tanahnya (Braja M. Das, 1995).

Struktur atas merupakan istilah yang biasa dipakai untuk menjelaskan bagian-bagian dari system rekayasa yang meneruskan beban kepada fondasi atau struktur dibawahnya. Definisi struktur atas mempunyai arti khusus untuk bangunan bangunan dan jembatan-jembatan, akan tetapi, fondasi tersebut dapat hanya menopang mesin-mesin, mendukung peralatan industrial (pipa, manara, tangka), bertindak sebagai alas atau papan iklan dan sejenisnya. Karena sebab inilah maka lebih baik menggambarkan fondasi sebagai bagian dari satu system rekayasa pendukung beban yang mempunyai bidang antara (interfacing) terhadap tanah (Joseph E. Bowles, 1997:1)

Menurut Bowles (1997), sebuah fondasi harus memenuhi persyaratan stabilitas dan deformasi, seperti :

1. Kedalaman yang sesuai agar terhindar dari pergerakan tanah lateral dari bawah fondasi khusus untuk fondasi tapak dan fondasi rakit.
2. Kedalaman ada di bawah lokasi perubahan volume musiman yang akibatkan pembekuan, pencairan dan pertumbuhan tanaman.

3. Sistem aman terhadap penggulingan, rotasi, penggelinciran atau pergeseran tanah.
4. Sistem aman terhadap korosi atau kerusakan yang diakibatkan bahan berbahaya yang ada di dalam tanah.
5. Sistem mampu beradaptasi terhadap perubahan geometri konstruksi atau lapangan selama proses pelaksanaan dan mudah dimodifikasi seandainya perubahan harus dilaksanakan
6. Metode pemasangan fondasi efektif dan efisien
7. Pergerakan tanah keseluruhan dan pergerakan diferensial dapat ditolerir oleh elemen fondasi dan elemen bangunan.
8. Fondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan.

2.3.1 Jenis - Jenis Fondasi

Penentuan jenis fondasi yang digunakan untuk struktur bawah dapat dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya kondisi tanah dasar, beban yang diterima fondasi, peraturan yang berlaku, biaya, kemudahan pelaksanaannya dan sebagainya.

Berdasarkan elevasi kedalamannya, maka fondasi dibagi menjadi fondasi dangkal (*shallow foundation*) dan fondasi dalam (*deep foundation*) (Das, 1998).

- a. Fondasi dangkal merupakan suatu struktur konstruksi paling bawah berfungsi meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah keras yang berada relatif dekat dengan permukaan tanah. Awalnya, yang dimaksud dengan fondasi dangkal adalah fondasi yang memiliki kedalaman (D_f) lebih kecil atau sama dengan dimensi lebar fondasi (B).

Namun seiring berjalanya waktu, fondasi masih dianggap dangkal meskipun kedalaman fondasi mencapai tiga (3) sampai empat (4) kali lebar fondasi ($4B$) (Budi, 2011).

- b. Fondasi dalam merupakan struktur bawah suatu konstruksi yang digunakan membawa beban konstruksi/ beban di atasnya ke lapisan tanah keras dibawah permukaan tanah. Dikategorikan sebagai fondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar fondasi lebih dari sepuluh ($D_f/B \geq 10$).

Adapun jenis-jenis fondasi dalam:

1. Fondasi sumuran (*pier foundation*) adalah peralihan fondasi dangkal dan fondasi tiang digunakan saat lapisan tanah kuat letaknya relatif jauh.
2. Fondasi tiang (*pile foundation*) digunakan bila lapisan di kedalaman normal tidak dapat menahan bebannya dan lapisan tanah kerasnya sangat dalam, terbuat dari kayu, beton dan baja. Diameter lebih kecil dan lebih panjang dari fondasi sumuran (Bowles, 1991).

Klasifikasi tiang yang didasarkan pada metode pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Tiang pancang (*driven pile*). Pelaksanaannya : tiang dikerjakan dengan cara membuat bahan berbentuk bulat/ bujursangkar memanjang yang dicetak terlebih dahulu kemudian dipancang ke dalam tanah.
2. Tiang bor (*bored pile*). Pelaksanaannya : tanah dibor lebih dulu sampai kedalaman tertentu, baru kemudian tulangan baja dimasukkan dalam lubang bor dan diisi/dicor dengan beton.

2.3.2 Fondasi *Bored Pile*

Fondasi bored pile adalah fondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hary Christady Hardiyatmo, 2010). Fondasi *bored pile* adalah merupakan salah satu jenis fondasi tiang yang biasa digunakan pada konstruksi bangunan tinggi. Pemakaian fondasi *bored pile* adalah merupakan alternatif lain, apabila dalam pelaksanaan pembangunan berada pada suatu lokasi yang sangat sulit atau beresiko tinggi apabila mempergunakan fondasi tiang pancang. Dari sisi teknologi, pemakaian fondasi *bored pile* ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain mobilisasi yang mudah, karena fondasi dicetak di tempat dan hanya membutuhkan alat boring serta perakitan tulangan, tidak mengganggu lingkungan atau bangunan di sekitarnya karena tidak menghasilkan getaran yang dapat merusak bangunan lain di sekitarnya.

Menurut Hardiyatmo (2015:398) Keuntungan dalam pemakaian tiang bor dibandingkan dengan tiang pancang adalah :

1. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan
3. Tiang bor dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batu
4. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya
5. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah
6. Penulangan tidak dipengaruhi oleh tegangan pada waktu pengangkutan dan pemancangan;

Kerugiannya:

1. Pengecoran tiang bor dipengaruhi cuaca;
2. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.

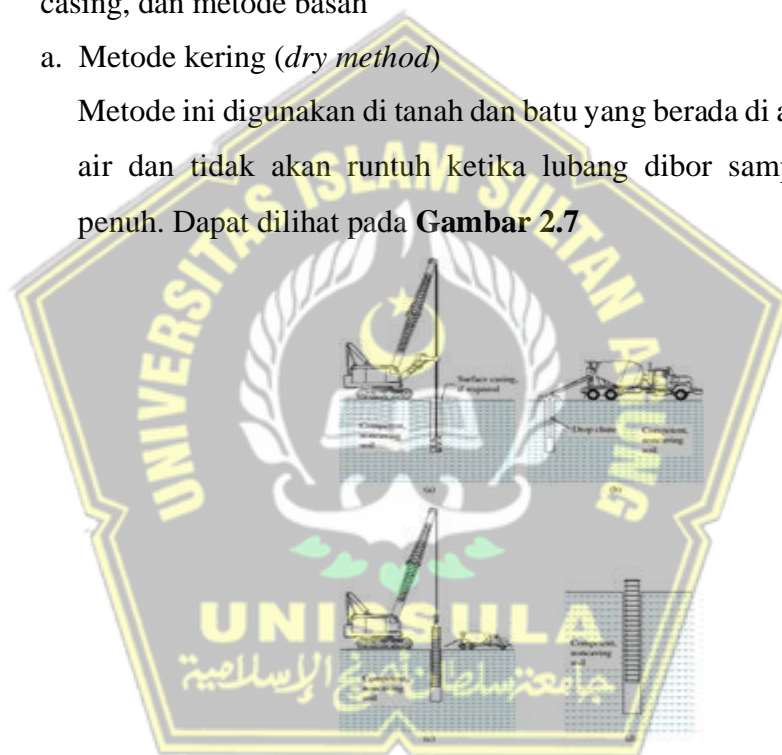
3. Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan tiang bor mengurangi kapasitas dukung tiang bor, terutama bila tiang bor cukup dalam
4. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil
5. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.

Metode pengerjaan *bored pile* terdiri atas 3, yaitu metode kering, metode

casing, dan metode basah

a. Metode kering (*dry method*)

Metode ini digunakan di tanah dan batu yang berada di atas permukaan air dan tidak akan runtuh ketika lubang dibor sampai kedalaman penuh. Dapat dilihat pada **Gambar 2.7**



Gambar 2.7 Metode Kering (*Dry Method*)

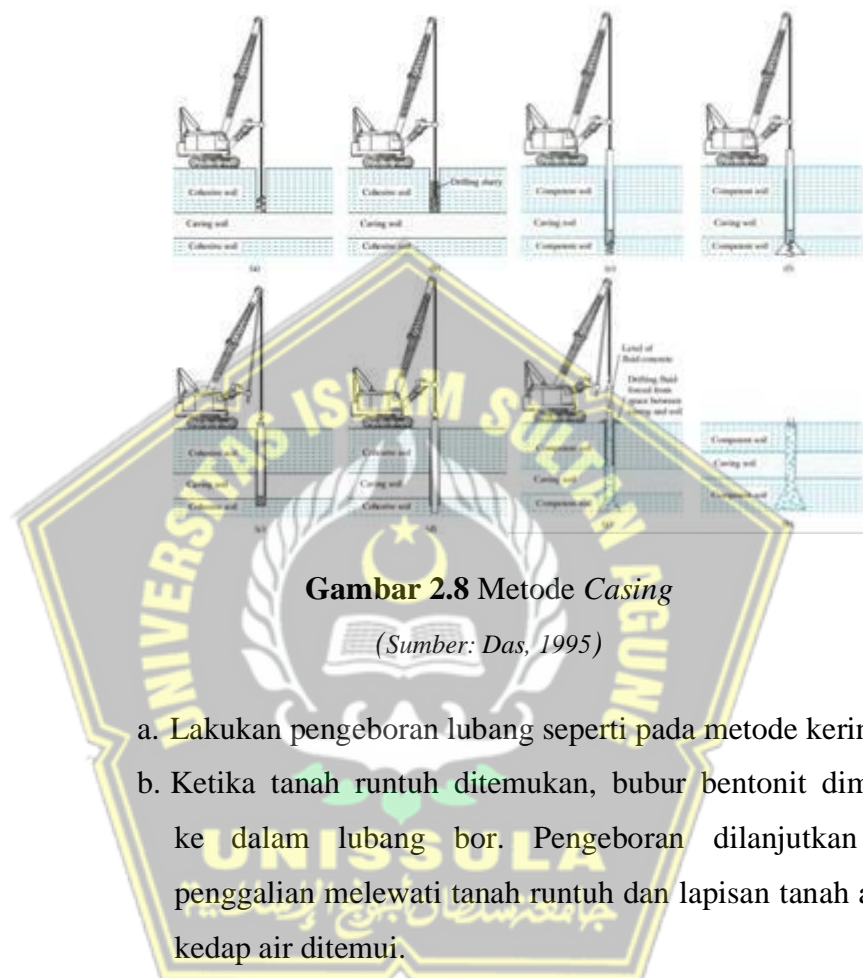
(Sumber: Das, 1995)

- a. Tanah dibor sampai kedalaman tertentu menggunakan alat *drilling*, kemudian tanah diambil diletakkan disekitar galian.
- b. Lakukan pengecoran pada lubang tersebut.
- c. Lakukan instalasi tulangan jika diperlukan.
- d. Pengecoran *bored pile* selesai.

b. Metode *casing*

Metode ini digunakan di tanah atau batu apabila akan terjadi runtuh atau deformasi yang berlebihan ketika lubang bor digali.

Metode ini dapat dilihat pada **Gambar 2.8**



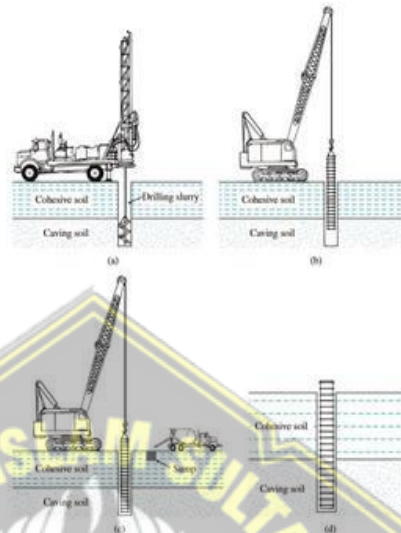
Gambar 2.8 Metode *Casing*

(Sumber: Das, 1995)

- a. Lakukan pengeboran lubang seperti pada metode kering.
- b. Ketika tanah runtuh ditemukan, bubur bentonit dimasukkan ke dalam lubang bor. Pengeboran dilanjutkan sampai penggalian melewati tanah runtuh dan lapisan tanah atau batu kedap air ditemui.
- c. Instalasi *casing* pada lubang bor.
- d. Bubur dikeluarkan dari *casing* dengan pompa selam.
- e. Lakukan galian lagi dengan penggali (*drill*) yang lebih kecil yang dapat melewati *casing*.
- f. Lakukan pelebaran dasar lubang jika diperlukan.
- g. Lakukan instalasi tulangan dan pengecoran, kemudian *casing* dikeluarkan dari lubang bor.
- h. Pengecoran *bored pile* selesai.

c. Metode basah (*wet method*)

Metode ini kadang-kadang disebut sebagai metode pemindahan bubur. Bubur digunakan untuk menjaga lubang bor terbuka selama penggalian dilakukan. Metode ini dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Metode Basah (*Wet Method*)

(Sumber: Das, 1995)

- Lakukan penggalian (*drilling*) menggunakan bubur bentonit.
- Instalasi tulangan pada lubang bor.
- Pengecoran dilakukan pada lubang bor.
- Pengecoran *bored pile* selesai

2.3.3 Penyaluran Beban Pada Fondasi *Bored Pile*

Berdasarkan cara penyaluran bebannya ke tanah, fondasi *bored pile* dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu:

- Fondasi tiang dengan tahanan ujung (*end bearing pile*)

Tiang ini akan meneruskan beban melalui tahanan ujung tiang ke lapisan tanah pendukung. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zona tanah yang lunak yang berada diatas tanah keras.

Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan.

Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada dibawah ujung tiang.

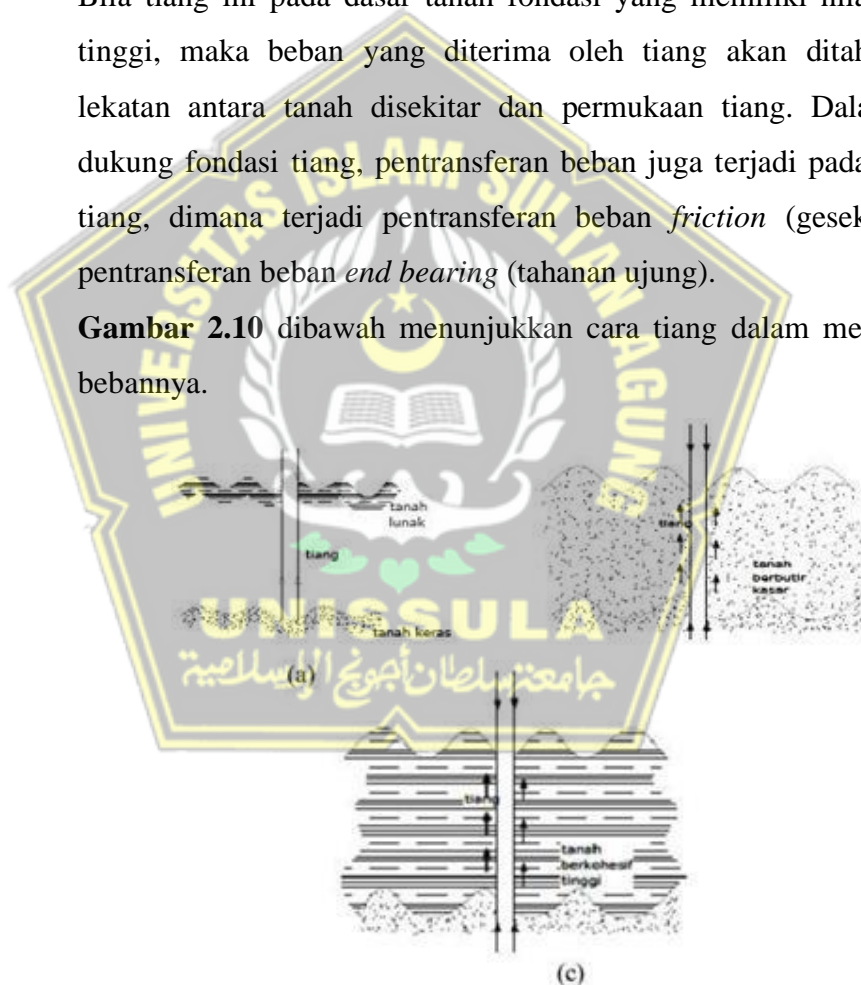
b. Fondasi tiang dengan tahanan gesek (*friction pile*)

Jenis tiang ini akan meneruskan beban ke tanah melalui gesekan antara tiang dengan tanah di sekelilingnya. Bila butiran tanah sangat halus tidak menyebabkan tanah di antara tiang-tiang menjadi padat, sedangkan bila butiran tanah kasar maka tanah di antara tiang akan semakin padat.

c. Fondasi tiang dengan tahanan lekatan (*adhesive pile*)

Bila tiang ini pada dasar tanah fondasi yang memiliki nilai kohesi tinggi, maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan oleh lekatan antara tanah disekitar dan permukaan tiang. Dalam daya dukung fondasi tiang, pentransferan beban juga terjadi pada fondasi tiang, dimana terjadi pentransferan beban *friction* (gesekan) dan pentransferan beban *end bearing* (tahanan ujung).

Gambar 2.10 dibawah menunjukkan cara tiang dalam mendukung bebannya.



Gambar 2.10 Fondasi *Bored Pile* Ditinjau dari Cara Menyalurkan Bebannya

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

2.3.4 Daya Dukung *Bored Pile*

Kapasitas dukung ijin fondasi tiang untuk beban aksial Q_a atau Q_{all} diperoleh dengan membagi daya dukung ultimit Q_u atau Q_{ult} dengan suatu faktor keamanan (FS) baik secara keseluruhan maupun secara terpisah dengan menerapkan faktor keamanan pada daya dukung selimut tiang dan pada tahanan ujungnya. Kapasitas dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Jika satuan yang digunakan dalam kapasitas dukung fondasi dangkal adalah satuan tekanan (kPa), maka dalam kapasitas dukung tiang satuannya adalah satuan gaya (kN).

Dalam beberapa literatur digunakan istilah *pile capacity* atau *pile carrying capacity*. Karena itu daya dukung ijin tiang dapat dinyatakan seperti dalam pada persamaan 2.3 dan 2.4 berikut ini.

$$Q_a = Q_u / FS \dots\dots\dots(2.4)$$

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(2.5)$$

- Dengan :
- Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang (ton)
 - Q_u = Kapasitas dukung ultimate tiang (ton)
 - FS = Faktor keamanan
 - Q_p = Daya dukung ujung tiang (ton)
 - Q_s = Daya dukung friksi (ton)

2.3.5 Daya Dukung *Bored Pile* Berdasarkan Kekuatan Bahan

Dalam perencanaan fondasi perlu diperhitungkan daya dukung. Daya dukung Fondasi dihitung untuk mengetahui berapa jumlah tiang yang dibutuhkan sehingga fondasi mampu menahan beban yang bekerja. Nilai daya dukung aksial tiang bor didapat dari nilai terkecil dari daya dukung aksial berdasarkan kekuatan bahan dan berdasarkan kekuatan tanah. Nilai daya dukung aksial berdasarkan kekuatan bahan dapat diperoleh dari rumus 2.6 dan 2.7 berikut ini :

$$P = P_n \times \psi \dots\dots\dots(2.6)$$

$$P_n = 0,30 \times F_c' \times A - (1,2 \times W_p) \dots\dots\dots(2.7)$$

2.3.6 Daya Dukung *Bored Pile* Berdasarkan SPT

Daya dukung fondasi *bored pile* dapat dihitung dengan berbagai metode tergantung dengan data-data yang tersedia pada proyek tersebut. Perhitungan sebaiknya dilakukan dengan menguji sampel di laboratorium untuk mendapatkan nilai parameter tanah secara akurat sehingga perhitungan juga akan mendekati hasil yang sebenarnya. Namun jika data yang didapat terbatas, perhitungan juga dapat dilakukan hanya dengan menggunakan salah satu data uji lapangan saja, misalnya data SPT saja jika hanya itu data yang tersedia. Berikut adalah metode untuk menghitung daya dukung berdasarkan data SPT menurut Luciano Decourt (1982)

2.3.6.1 Metode Luciano Decourt

Perhitungan Untuk Daya Dukung Tiang Fondasi tiang bor tunggal berdasarkan hasil SPT dengan menggunakan metode Decourt. Pada metode Decourt dibutuhkan faktor korelasi yang tergantung dari jenis tanah yang akan dipakai, Daya dukung fondasi tiang bor tunggal merupakan hasil dari tahanan ujung, tahanan geser selimut tiang dan berat sendiri tiang. Rumus Luciano Decourt sebagaimana dalam persamaan 2.8 :

$$Q_u = Q_p + Q_f \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :

Qu = Daya dukung ultimit total

Qp = Resistance Ultimit di ujung tiang

Qf = Resistance ultimit akibat lekatan lateral (friction, geser)

a. Resistance Ultimate di ujung tiang (Q_p)

Daya dukung ujung tiang fondasi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

q_p = Tegangan diujung tiang(t/m^2)

A_p = Luas penampang ujung tiang (m^2)

N_p = Harga rata-rata di dekat ujung tiang ($N_1 + N_2 + N_3$) / 3

K = Koefisien karakteristik tanah

Tabel 2.9 Koefisien tanah menurut Luciano Decourt

Jenis Tanah	Nilai K (Ton/m ²)
Lempung	12
Lanau Berlempung	20
Lanau Berpasir	25
Pasir dan Kerikil	40

b. *Resistance ultimit* akibat lekatan lateral (*friction, geser*)

Daya dukung selimut tiang dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_f = q \cdot A_f = \left(\frac{N_f}{3} + 3\right) A_f \dots\dots\dots(2.10)$$

Q_f = Tegangan akibat lekatan lateral

A_f = Keliling x panjang tiang (m^2)

N_f = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan $3 \leq N \leq 50$.

2.3.7 Daya Dukung Lateral Fondasi *Bored Pile*

Fondasi tiang terkadang harus menahan beban lateral (*horizontal*), seperti beban gempa dan beban lainnya. Beban-beban tersebut akan bekerja pada ujung atas (kepala tiang). Hal ini akan menyebabkan kepala tiang terdeformasi ke arah lateral dan akan menimbulkan gaya geser pada tiang dan tiang akan melentur sehingga timbul momen lentur. Gaya geser yang dipikul tiang harus mampu didukung oleh tampang tiang sesuai dengan bahan yang dipakai. Besarnya gaya geser dapat dianggap terbagi rata ke seluruh tiang. Selain kapasitas dukung tiang perlu ditinjau terhadap kapasitas dukung tanah di sekitarnya. Keruntuhan yang mungkin terjadi karena keruntuhan tiang atau karena keruntuhan tanah di sekitarnya. Jika tanah cukup keras maka keruntuhan akan terjadi pada tiang karena kapasitas lentur tiang terlampaui. Sedangkan jika tiang cukup kaku (pendek) maka keruntuhan yang akan terjadi akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah.

Dalam analisis gaya lateral, model ikatan tiang dengan pelat penutup tiang perlu diperhatikan karena sangat mempengaruhi kelakuan tiang dalam mendukung beban lateral. Sehubungan dengan hal tersebut, tiang-tiang dibedakan menurut dua tipe, yaitu:

a. Tiang ujung bebas (*free end pile*)

Tiang ujung bebas didefinisikan sebagai tiang yang bagian atasnya tidak terjepit ke dalam pelat penutup kepala tiang.

b. Tiang ujung jepit (*fixed end pile*)

Tiang ujung jepit didefinisikan sebagai tiang yang ujung atasnya terjepit (tertanam) dalam pelat penutup kepala tiang.

Untuk menentukan tiang termasuk tiang panjang atau tiang pendek perlu diketahui faktor kekakuan tiang, yaitu dengan menghitung faktor-faktor kekakuan R dan T.

Faktor-faktor tersebut dipengaruhi oleh kekakuan tiang (EI) dan kompresibilitas tanah yang dinyatakan dalam modulus tanah (K) yang tidak konstan untuk sembarang tanah, tapi tergantung pada lebar dan kedalaman tanah yang dibebani.

Faktor kekakuan untuk modulus tanah lempung (R) dinyatakan

oleh persamaan 2.11 berikut ini :
$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{K}}$$
(2.11) Dengan :

K = modulus tanah = $k_h \cdot d = k_1/1,5$

k_1 = Modulus reaksi *subgrade* dari Terzaghi

E = Modulus elastis tiang (kN/m²)

I = Momen inersia tiang)

Nilai-nilai k_1 yang disarankan oleh Terzaghi (1955), ditunjukkan dalam Tabel 2.8

Pada kebanyakan lempung terkonsolidasi normal (*normally consolidated*) dan tanah granular, modulus tanah dapat dianggap bertambah secara linier dengan kedalamannya. Faktor kekakuan untuk modulus tanah granular dinyatakan oleh persamaan 2.12 berikut ini :

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan : n_h = modulus reaksi *subgrade* horizontal

Koefisien variasi modulus (n_h) diperoleh Terzaghi secara langsung uji beban tiang dalam tanah pasir yang terendam air. Nilai-nilai n_h yang disarankan oleh Terzaghi ditunjukkan dalam Tabel 2.8.

Dalam tabel tersebut dicantumkan juga nilai-nilai n_h yang disarankan oleh Reese dkk (1956). Nilai-nilai n_h yang lain, ditunjukkan dalam

Tabel 2.10

Tabel 2.10 Hubungan Modulus Subgrade (k_1) dengan Kuat Geser Undrained untuk Lempung Kaku Terkonsolidasi Berlebihan (Overconsolidation)

Konsistensi	Kaku	Sangat Kaku	Keras
Koehesi <i>undrained</i> C_u			
kN/m^2	100-200	200-400	>400
kg/cm^2	1-2	2-4	>4
k_1			
MN/m^3	18-36	36-72	>72
kg/cm^3	1,8-3,6	3,6-7,2	>7,2
k_1 direkomendasikan			
MN/m^3	27	54	>108
kg/cm^3	2,7	5,4	>10,8

(Sumber : Terzaghi, 1955)

Tabel 2.11 Nilai-nilai n_h untuk Tanah Granular ($c=0$)

Kerapatan relatif (D_r)	Tidak padat	Sedang	Padat
Interval nilai A	100 – 300	300-1000	1000 – 2000
Nilai A dipakai	200	600	1500
n_h , pasir kering atau lembab (Terzaghi) (kN/m^3)	2425	7275	19400
n_h , pasir terendam air (kN/m^3)			
Terzaghi	1386	4850	11779
Reese dkk	5300	16300	34000

(Sumber: Tomlinson, 1977)

Tabel 2.12 Nilai-nilai n_h untuk Tanah Kohesif

Tanah	n_h (kN/)	Referensi
Lempung terkonsolidasi normal lunak	166-3518	Reese dan Matlock (1956)
	277-554	Davisson – Prakash (1963)
Lempung terkonsolidasi normal organik	111-277	Peck dan Davidson (1962)
	111-831	Davidson (1970)
Gambut	55	Davidson (1970)
	27,7-111	Wilson dan Hiltz (1967)
Loss	8033-11080	Bowles (1968)

(Sumber: Hardiyatmo, 2011)

Dari nilai-nilai faktor kekakuan R dan T yang telah dihitung, (Tomlinson 1977) mengusulkan kriteria tiang kaku atau disebut tiang pendek (tiang kaku) dan tiang panjang (tiang tidak kaku) yang dikaitkan dengan panjang tiang yang tertanam dalam tanah (L), seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.11 Batasan ini digunakan untuk menghitung defleksi tiang akibat gaya horizontal.

Tabel 2.13 Kriteria Fondasi Tiang Pendek dan Fondasi Tiang Panjang

Tipe Tiang	Modulus Tanah (K) Bertambah dengan Kedalaman	Modulus Tanah (K) Konstan
Kaku	$L \leq 2T$	$L \leq 2R$
Tidak Kaku	$L \geq 4T$	$L \geq 3,5R$

(Sumber: Tomlinson, 1977)

2.3.8 Metode Broms

Metode perhitungan ini menggunakan teori tekanan tanah yang disederhanakan dengan menganggap bahwa sepanjang kedalaman tiang, tanah mencapai nilai ultimit.

Beberapa kelebihan metode Broms:

- a. Dapat digunakan pada tiang panjang maupun tiang pendek.
- b. Dapat digunakan pada kondisi kepala tiang terjepit maupun bebas.

Kekurangan metode Broms:

- a. Hanya berlaku untuk lapisan tanah yang homogen, yaitu tanah lempung saja atau tanah pasir saja.
- b. Tidak dapat digunakan pada tanah berlapis.

Broms membedakan antara tiang pendek dan panjang serta membedakan posisi kepala tiang bebas dan terjepit. Broms, 1964, mengemukakan beberapa anggapan dalam metode ini bahwa tanah adalah salah satu dari non-kohefif saja ($c=0$) atau kohefif saja ($f=0$), oleh karena itu, tiang pada setiap tipe tanah dianalisis secara terpisah. Broms juga menyatakan bahwa tiang pendek kaku (*short rigid pile*) dan tiang panjang lentur (*long flexible pile*) dianggap terpisah. Tiang dianggap tiang pendek kaku jika $L/T \leq 2$ atau $L/R \leq 2$ dan dianggap tiang panjang lentur jika $L/T \geq 4$ atau $L/R \geq 3,5$.

1. Pada tanah kohefif

Pada tanah kohefif, tegangan tanah yang terjadi di permukaan tanah sampai kedalaman 1,5 kali diameter ($1,5d$) dianggap sama dengan nol dan konstan sebesar $9cu$ untuk kedalaman yang lebih besar dari $1,5d$ tersebut. Hal ini dianggap sebagai efek penyusutan tanah.

a. Tiang ujung bebas

Beban lateral yang bekerja pada kedua jenis tiang tersebut akan menghasilkan pergerakan yang berbeda dari segi defleksi dan mekanisme keruntuhan tiang, terlihat pada Gambar 2.11 (Hardiyatmo, 2011). Pada tiang panjang tahanan terhadap gaya lateral akan ditentukan oleh momen maksimum yang dapat ditahan tiangnya sendiri (M_y).



Gambar 2.11 Defleksi dan Mekanisme Reruntuhan Fondasi
 (a) Fondasi Tiang Pendek, (b) Fondasi Tiang Panjang

(Sumber: Broms, 1964)

Pada **Gambar 2.11** di atas, f mendefinisikan letak momen maksimum, sehingga dapat diperoleh persamaan 2.12:

$$f = \frac{H_u}{9C_u d} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan mengambil momen terhadap titik di mana momen pada tiang maksimum, diperoleh persamaan 2.13

$$M_{max} = H_u (e + 1,5d + 0,5f) \dots\dots\dots(2.13)$$

Momen maksimum dapat pula dinyatakan oleh persamaan 2.14 berikut ini :

$$M_{max} = \frac{9}{4} dg^2 C_u \dots\dots\dots(2.14)$$

$$L = 1,5d + f + g \dots\dots\dots(2.15)$$

Berdasarkan persamaan diatas maka H_u sebagaimana dalam persamaan 2.16 :

$$H_u = 9C_u d (L - g - 1,5d) (kN) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan: L = panjang tiang (m)

d = diameter tiang (m)

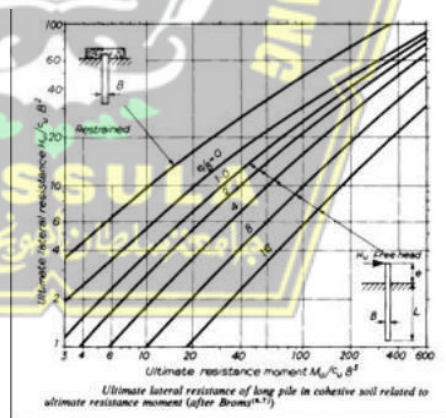
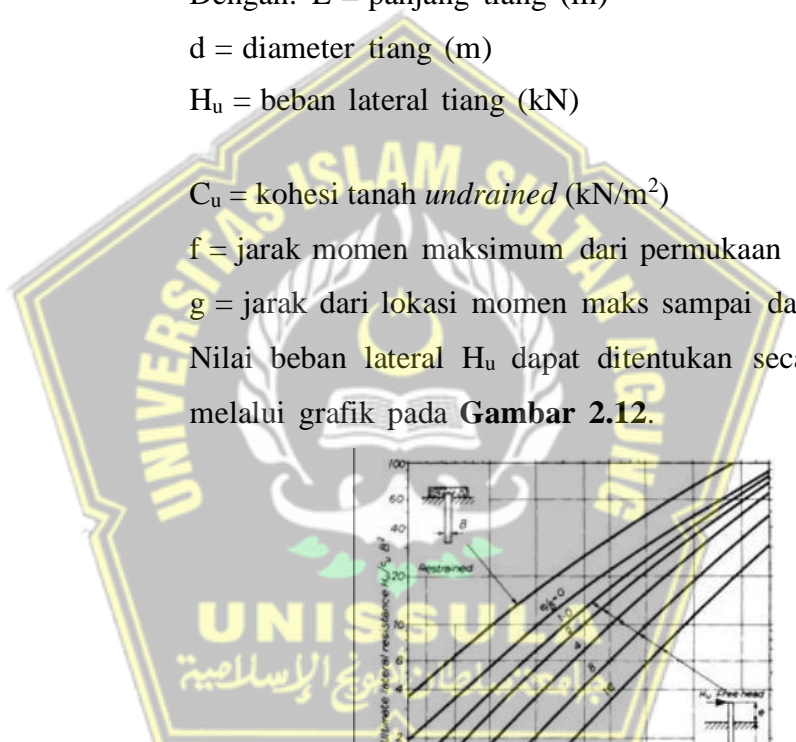
H_u = beban lateral tiang (kN)

C_u = kohesi tanah *undrained* (kN/m²)

f = jarak momen maksimum dari permukaan tanah (m)

g = jarak dari lokasi momen maks sampai dasar tiang (m)

Nilai beban lateral H_u dapat ditentukan secara langsung melalui grafik pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Nilai Lateral H_u untuk Tiang Bebas maupun Tiang Jepit pada Tanah Kohesif

(Sumber: Broms, 1964)

b. Tiang ujung jepit

Pada tiang ujung jepit, Broms menganggap bahwa momen yang terjadi pada tubuh tiang yang tertanam di dalam tanah sama dengan momen yang terjadi di ujung atas tiang yang terjepit oleh *pile cap*. Mekanisme keruntuhan akibat beban lateral yang terjadi pada fondasi tiang dengan kondisi kepala tiang terjepit dapat dilihat pada **Gambar 2.13**



Gambar 2.13 Defleksi dan Mekanisme Keruntuhan Fondasi Tiang dengan Kondisi Kepala Tiang Terjepit Akibat Beban Lateral pada Tanah Kohesif

(Sumber: Broms, 1964)

Untuk tiang pendek, dapat dihitung tahanan *ultimate* tiang terhadap beban lateral dengan persamaan 2.17 berikut.

$$M_{max} = H_u (0,5L + 0,75D) \dots\dots\dots(2.17)$$

Untuk tiang panjang H_u dapat dicari dengan persamaan 2.18 berikut.

$$H_u = \frac{2M_y}{1,5d+0,5f} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan : M_y = momen leleh (kNm)

2. Pada tanah granular

Untuk tiang dalam tanah granular ($c=0$), seperti pasir, kerikil, batuan, Broms menganggap sebagai berikut :

1. Tekanan tanah aktif yang bekerja di belakang tiang, diabaikan.
2. Bentuk penampang tidak berpengaruh terhadap tekanan tanah *ultimate* atau tahanan *ultimate*.
3. Tahanan tanah lateral sepenuhnya termobilisasi pada gerakan tiang yang diperhitungkan.

Distribusi tekanan tanah dinyatakan oleh persamaan 2.19 sebagai berikut.

$$P_u = 3P_0 + K_p \dots \dots \dots (2.19)$$

Dengan: P_u = tahanan tanah *ultimate*
 P_0 = tekanan *overburden* efektif

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$$

Φ = sudut geser dalam efektif ($^\circ$)

a. Tiang ujung bebas

Tiang pendek dianggap berotasi di dekat ujung bawah tiang. Tekanan yang terjadi dianggap dapat digantikan oleh gaya terpusat yang bekerja pada ujung bawah tiang. Dengan mengambil momen terhadap ujung bawah, diperoleh persamaan 2.20 :

$$Hu = \frac{0,5\gamma dL^3 K_p}{e+L} \dots \dots \dots (2.20)$$

Momen maksimum terjadi pada jarak f di bawah permukaan tanah, sehingga didapatkan persamaan berikut.

$$Hu = 0,5\gamma dKpf e^2 \dots\dots\dots(2.21)$$

Lokasi momen maksimum didapatkan dengan persamaan 2.22 :

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{dKpy}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Momen maksimum :

$$Mmax = Hu (e + 1,5f) \dots\dots\dots(2.24)$$

Defleksi dan mekanisme keruntuhan fondasi tiang dengan kondisi kepala tiang bebas akibat beban lateral pada tanah granular dapat dilihat pada **Gambar 2.14**



Gambar 2.14 Defleksi dan Mekanisme Keruntuhan Fondasi Tiang dengan Kondisi Kepala Tiang Bebas Akibat Beban Lateral pada Tanah Granular

(Sumber: Broms, 1964)

b. Tiang ujung jepit

Model keruntuhan untuk tiang-tiang pendek (kaku) keruntuhan tiang berupa translasi, beban lateral ultimit dinyatakan oleh persamaan berikut.

$$Hu = 1,5dyL^2Kp \dots\dots\dots(2.25)$$

Lokasi momen maksimum dapat dicari dengan Persamaan

$$(2.26). \quad M_{max} = \frac{2}{3} H_u L \dots\dots\dots(2.26)$$

Momen leleh didapat dengan persamaan berikut :

$$M_y = (0,5\gamma dL^3 K_p) - H_u L \dots\dots\dots(2.27)$$

Dengan : H_u = beban lateral (kN)

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

M_{max} = momen maksimum (kNm)

M_y = momen leleh (kNm)

L = panjang tiang (m)

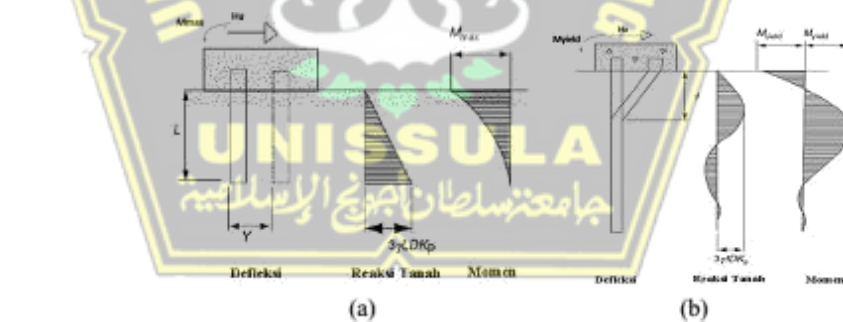
d = diameter tiang (m)

f = jarak momen maksimum dari permukaan tanah (m)

γ = berat isi tanah ()

e = jarak beban dari permukaan tanah (m)

Gambar 2.15 di bawah menunjukkan mekanisme keruntuhan fondasi tiang.



Gambar 2.15 Defleksi dan Mekanisme Keruntuhan Fondasi Tiang dengan Kondisi Kepala Tiang Jepit Akibat Beban Lateral pada Tanah Granular (a) Fondasi Tiang Pendek, (b) Fondasi Tiang Panjang

(Sumber: Broms, 1964)

Untuk tiang ujung jepit yang tidak kaku (tiang panjang), dimana momen maksimum mencapai M_y di dua lokasi ($Mu^+ = Mu^-$ maka H_u dapat diperoleh dari persamaan berikut.

$$Hu = \frac{2My}{e + \frac{2f}{3}} \dots \dots \dots (2.29)$$

$$Hu = \frac{2My}{e + 0,54 \sqrt{\frac{Hu}{\gamma \cdot d \cdot Kp}}} \dots \dots \dots (2.30)$$

Dengan : H_u = daya dukung lateral (kN)

K_p = koefisien tekanan tanah pasif = $\tan^2(45^\circ + \phi/2)$

M_y = momen *ultimate* (kNm)

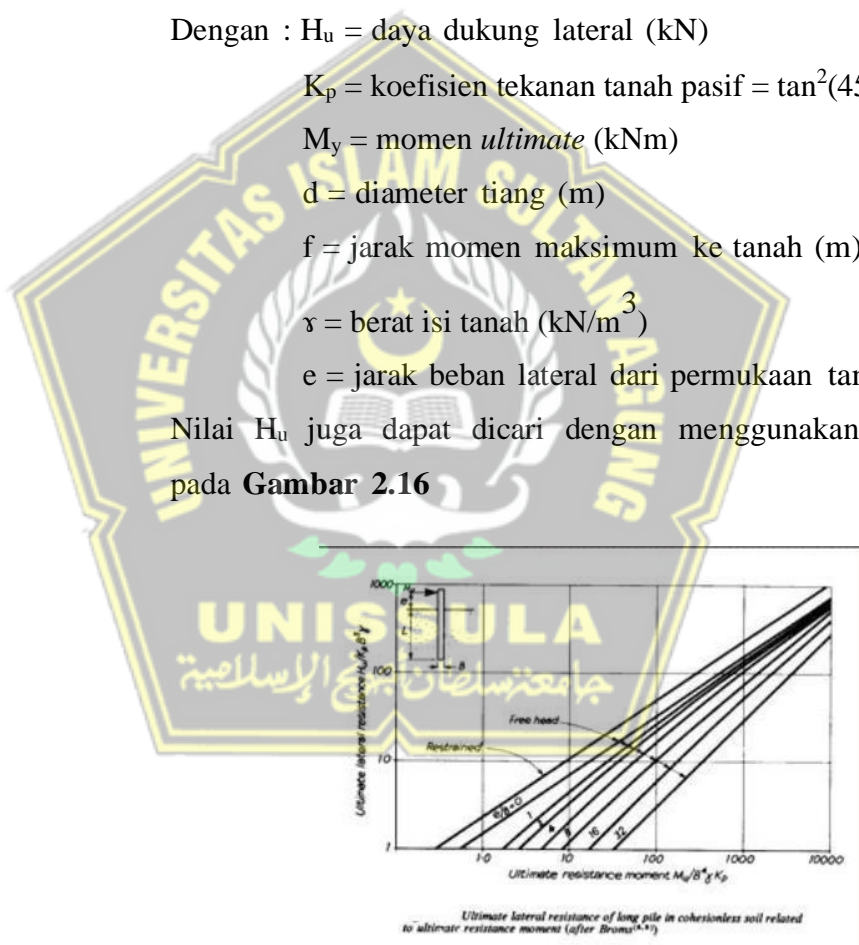
d = diameter tiang (m)

f = jarak momen maksimum ke tanah (m)

γ = berat isi tanah (kN/m^3)

e = jarak beban lateral dari permukaan tanah

Nilai H_u juga dapat dicari dengan menggunakan grafik pada **Gambar 2.16**



Gambar 2.16 Grafik H_u untuk Tiang Jepit maupun Tiang Bebas pada Tanah Non- Kohesif

(Sumber: Broms, 1964)

2.3.9 Penurunan Fondasi *Bored Pile*

Ketika tiang dibebani akan mengalami konsolidasi dan tanah di sekelilingnya akan mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh perubahan susunan tanah atau karena adanya pengurangan rongga pori atau air di dalam tanah tersebut.

Penurunan segera atau penurunan elastis adalah penurunan fondasi yang terletak pada tanah berbutir halus yang jenuh dan dapat dibagi menjadi tiga komponen. Penurunan total adalah jumlah dari ketiga komponen tersebut, yang ditunjukkan pada persamaan 2.34 di bawah ini.

$$S = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dengan : S = Penurunan total (m)

$S_{e(1)}$ = Penurunan elastis dari tiang (m)

$S_{e(2)}$ = Penurunan tiang yang disebabkan oleh beban di ujung tiang (m)

$S_{e(3)}$ = Penurunan tiang yang disebabkan oleh beban di sepanjang batang tiang (m)

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{wp})L}{A_p E_p} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$S_{e(2)} = \frac{Q_{wp} \cdot c_p}{d_{qp}} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$S_{e(3)} = \frac{Q_{wp} \cdot c_p}{L_{qp}} \dots\dots\dots(2.38)$$

Dengan :

Q_{wp} = Daya dukung yang bekerja pada ujung tiang dikurangi daya dukung friction (kN)

Q_{ws} = Daya dukung friction (kN)

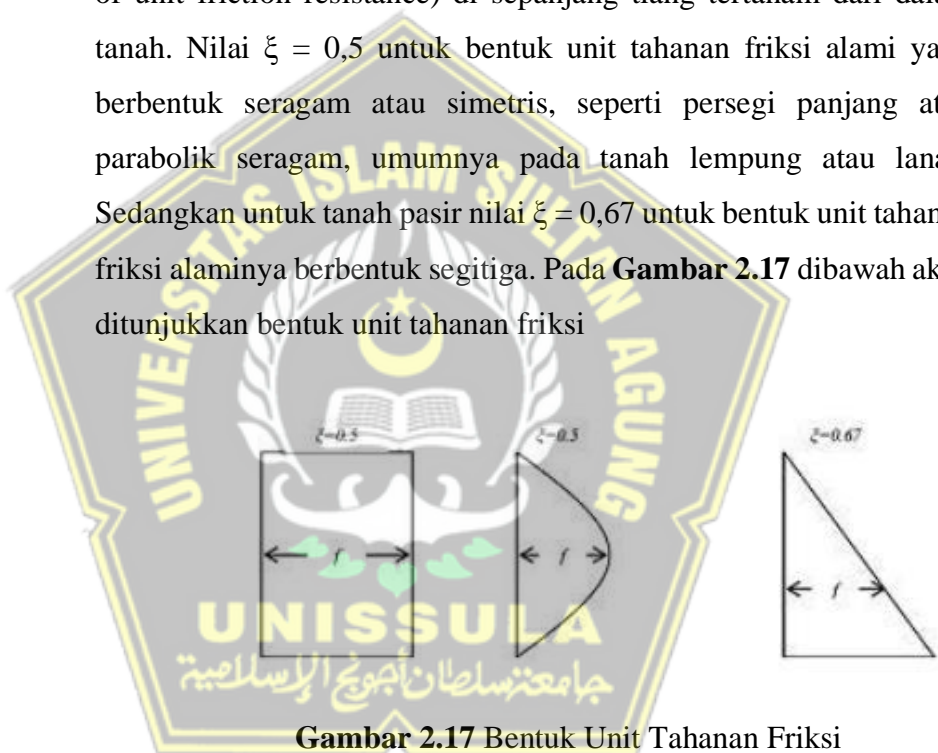
A_p = Luas penampang tiang (m²)

L = Panjang tiang (m)

- Ep = Modulus elastisitas dari bahan tiang (kN/m²)
- ξ = Koefisien dari skin friction
- d = Diameter tiang (m)
- qp = Daya dukung ultimate (kN)
- Cp = Koefisien empiris
- Cs = Konstanta empiris

$$C_s = \left(0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{L}{D}} \right) C_p \dots\dots\dots(2.39)$$

Nilai ξ tergantung dari unit tahanan friksi alami (the natural of unit friction resistance) di sepanjang tiang tertanam dari dalam tanah. Nilai ξ = 0,5 untuk bentuk unit tahanan friksi alami yang berbentuk seragam atau simetris, seperti persegi panjang atau parabolik seragam, umumnya pada tanah lempung atau lanau. Sedangkan untuk tanah pasir nilai ξ = 0,67 untuk bentuk unit tahanan friksi alaminya berbentuk segitiga. Pada **Gambar 2.17** dibawah akan ditunjukkan bentuk unit tahanan friksi



Gambar 2.17 Bentuk Unit Tahanan Friksi

(Sumber: Bowles, 1993)

2.4 Metode Elemen Hingga pada Geoteknik dengan Software Numerik

Metode elemen hingga adalah prosedur numerik yang dipakai dengan tujuan didapat solusi dari permasalahan matematis yang sering muncul pada rekayasa teknik dari metode tersebut yang membuat persamaan matematis dengan berbagai pendekatan dan rangkaian persamaan aljabar yang mengikutsertakan nilai - nilai pada titik - titik diskrit dari bagian yang dievaluasi. Persamaan metode elemen hingga dibuat dan dicari solusi yang tepat untuk menghindari kesalahan. Ayakan (*mesh*) terdiri dari elemen - elemen yang dihubungkan oleh *node*. *Node* merupakan titik - titik pada jaring di mana nilai dari variabel primernya dihitung. Misal untuk analisa *displacement*, nilai variabel primernya adalah nilai dari *displacement*. Nilai-nilai nodal *displacement* diinterpolasikan pada elemen agar didapatkan persamaan aljabar untuk *displacement*, dan regangan, melalui jaring - jaring yang terbentuk. Metode elemen hingga pada rekayasa geoteknik memiliki perbedaan dengan metode elemen hingga pada rekayasa struktur, sebab dalam rekayasa geoteknik terjadi interaksi elemen yang memiliki kekakuan yang berbeda. Seperti halnya fondasi dan tanah, dalam menganalisis fondasi dengan metode elemen hingga terdapat perbedaan kekakuan antara dua elemen, yaitu elemen tanah dan elemen struktur atau fondasi itu sendiri.

Program numerik adalah sebuah paket program yang disusun berdasarkan metode elemen hingga yang telah dikembangkan secara khusus untuk melakukan analisis penurunan dan stabilitas dalam bidang Geoteknik. Program ini melakukan perhitungan berdasarkan metode elemen hingga yang digunakan secara khusus untuk melakukan analisis deformasi dan stabilitas untuk berbagai aplikasi dalam bidang geoteknik. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara *axisymetris*.

Parameter tanah yang digunakan dalam program NUMERIK diantaranya yaitu :

- a) Berat Volume Tanah Kering / *dry soil weight* (γ dry)
- b) Berat Volume Tanah Basah / *wet soil weight* (γ wet)
- c) Permeabilitas Arah Horizontal / *horizontal permeability* (k_x)
- d) Permeabilitas Arah Vertikal / *vertical permeability* (k_y)
- e) Modulus Young / *Young's Modulus* (E_{ref}),
- f) *Poisson's Ratio* (ν)
- g) Kohesi / *Cohesion* (c)
- h) Sudut Geser / *Friction Angle* (ϕ)
- i) Sudut Dilatasi / *Dilatancy Angle* (ψ)

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. Program ini terdiri dari empat buah sub-program yaitu masukan, perhitungan, keluaran, dan kurva.

Dalam menggunakan program Numerik, pengguna harus mengetahui terlebih dahulu konsep pemodelan yang akan dipilih. Sebelum melakukan perhitungan secara numerik, maka terlebih dahulu dibuat model dari fondasi yang akan dianalisis kemudian lakukan perhitungan maka akan didapat keluaran (*output*) dan diperoleh kurva (*curve*).

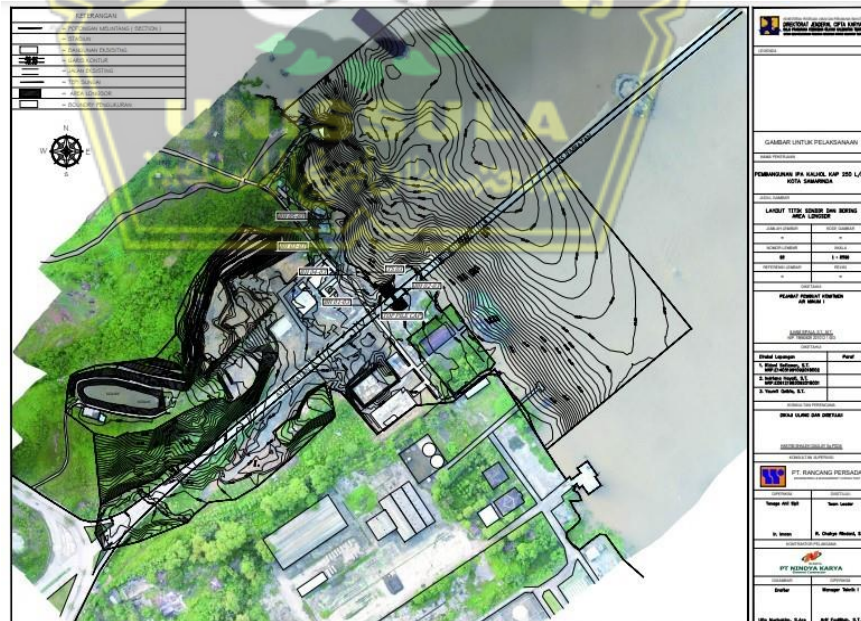
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Data Umum Proyek

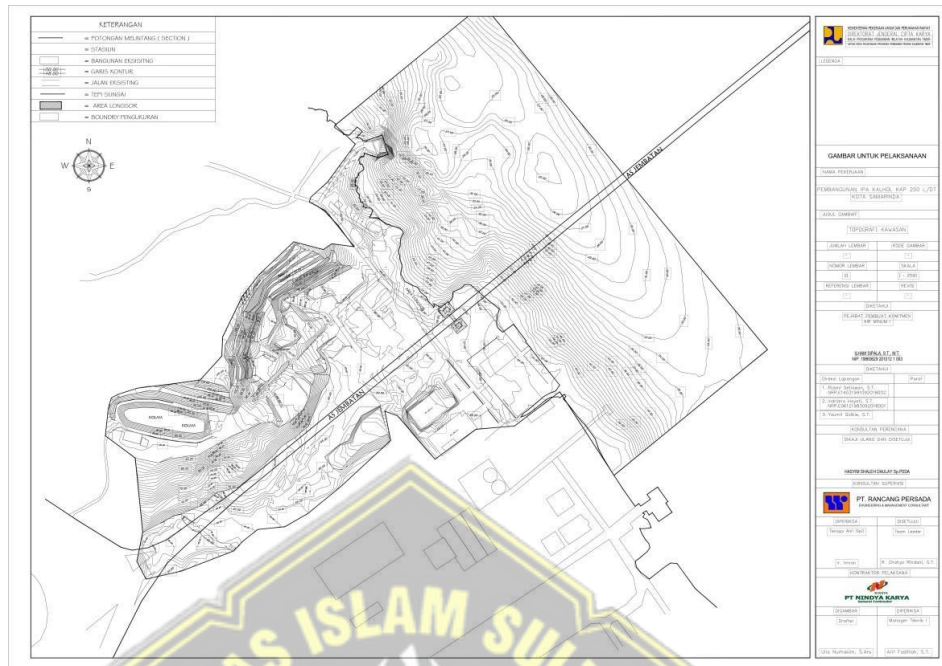
Data umum dari proyek Penanganan Abrasi Jembatan Mahkota 2, Kota Samarinda adalah sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Penanganan Abrasi Jembatan Mahkota 2, Kota Samarinda
2. Lokasi Proyek : Jembatan Mahkota 2, Kota Samarinda, Kalimantan Timur
3. Pemilik Proyek : PT Nindya Karya (Persero)
4. Denah lokasi proyek dapat dilihat pada Gambar 3.1
5. Peta Geologi dapat dilihat pada Gambar 3.2
6. Peta Topografi dapat dilihat pada Gambar 3.3



Gambar 3.1 Denah Lokasi Penanganan Abrasi Jembatan Mahkota 2

(Sumber : Kementerian PUPR)



Gambar 3.2 Peta Topografi Lokasi Proyek Abrasi Jembatan Mahkota 2

(Sumber : Kementerian PUPR)



Gambar 3.3 Peta Geologi Lokasi Proyek Abrasi Jembatan Mahkota 2

(Sumber : Kementerian PUPR)

3.2 Data Teknis Bored Pile

Data ini diperoleh dari pihak supervisi dengan data sebagai berikut:

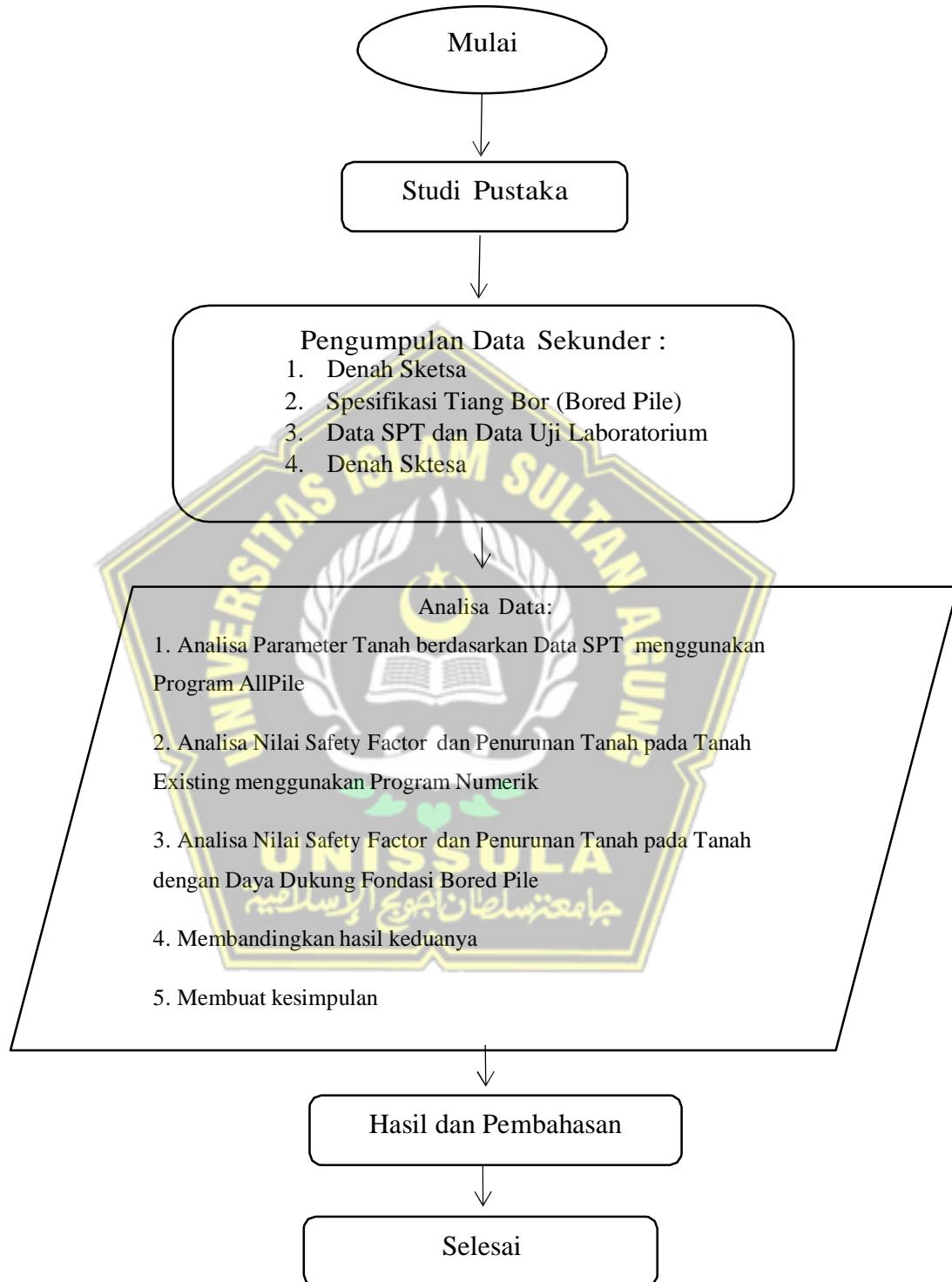
1. Jenis bored pile = Beton bertulang tampang bulat
2. Panjang bored pile = 24 m
3. Diameter bored pile = 0,30 m
4. Kuat tekan beton bored pile = $60 f_c'$
5. Berat beton bertulang (w_c) = 24 kN/m^3
6. Slump Test = 12 cm

3.3 Metode Pengumpulan Data

Tahap yang perlu dilakukan untuk mencapai tujuan dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan studi lebih lanjut melalui buku dan jurnal terkait mengenai fondasi bored pile, daya dukung fondasi, masalah yang muncul terkait desain fondasi bored pile, dan tata cara pelaksanaan pemboran tiang.
- b. Mengumpulkan data dari pihak yang terkait, yaitu konsultan, supervisi, dan pelaksana lapangan. Data yang diperoleh antara lain : data pengujian SPT, daya dukung fondasi, dan gambar kerja detail fondasi.
- c. Melakukan analisa dengan software AllPile untuk mendapatkan parameter tanah berdasarkan data SPT.
- d. Melakukan analisa lebih lanjut dengan software Numerik.
- e. Membandingkan hasil Analisa nilai safety factor dan penurunan antara tanah existing dengan tanah yang menggunakan daya dukung fondasi boredpile.
- f. Membuat kesimpulan.

3.3.1 Flowchart Metode Penelitian



Gambar 3.4 Flowchart Penelitian

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

BAB IV

ANALISA DAN PERHITUNGAN

Pada Bab ini akan dibahas mengenai proses pengolahan data berupa parameter- parameter tanah dan merencanakan pemodelan dengan aplikasi Numerik untuk kondisi tanah eksisting dan setelah perbaikan menggunakan perkuatan bored pile. Adapun analisa dimaksud bertujuan untuk mengetahui faktor keamanan (Safety Factor) dan untuk mengetahui besarnya deformasi yang terjadi. Sehingga diharapkan metode ini dapat digunakan sebagai alternatif untuk perbaikan tanah yang aman jika diterapkan.

4.1 Parameter Tanah

Parameter tanah didapatkan dari hasil Test Boring-SPT (Standard Penetration Test), pengujian laboratorium, hasil interpolasi data-data tanah yang sudah ada dan dari hasil output software Allpile. Hasil dari parameter tanah inilah yang akan menjadi data input/ masukan untuk pengukuran dan analisa selanjutnya yaitu dengan program Numerik.

4.1.1 Nilai N-SPT dari Test Boring

Pemboran inti (core drilling) ini dilakukan guna mendapatkan informasi keadaan bawah permukaan akan sifat keteknikannya, yang diperoleh dari deskripsi visual. Pengambilan contoh inti tanah secara stratigrafi sesuai dengan kemajuan pemboran. Interpretasi lapisan tanah dilakukan visualisasi langsung di lapangan dari tanah yang dikeluarkan dari tabung sampel dan hasilnya disajikan pada Boring Log.

Pada Boring Log tersaji pula nilai N-SPT, dimana nilai N menunjukkan kepadatan relatif dari tanah berbutir kasar dan konsistensi dari tanah berbutir halus. Pengujian dihentikan saat bacaan SPT secara berurutan memperoleh nilai $N \geq 60$. Berikut terlampir nilai N-SPT dari hasil pengujian pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai N-SPT Pada Setiap Kedalaman (m)

N-SPT	KEDALAMAN (m)	
0	0	0
5	0	3,5
8	3,5	5,5
10	5,5	15,5
22	15,5	17,5
31	17,5	19,5
45	19,5	21,5
60	21,5	23,5
60	23,5	51

(Sumber : Penulis)

4.1.2 Pengujian Laboratorium

Pada setiap pelaksanaan SPT, tiap jarak kedalaman tertentu dilakukan pengambilan contoh tanah sesuai kondisi asli ditempatnya (undisturbed sample / contoh tanah tidak terganggu) untuk diteliti lebih lanjut di laboratorium. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis tanah. Pada Hydrometer Test and Sieve Analysis dan berdasarkan data dari Boring Log, maka didapatkan data sebagai berikut:



Gambar 4.1 Material Type Tanah

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

4.1.3 Nilai Gamma Saturated dan Modulus Young

Nilai Gamma saturated/ Saturated Weight Soil dan Young Modulus didapatkan dari hasil tabel korelasi dengan N-SPT. Sedangkan Dry Weight Soil/ Gamma Unsaturated didapatkan dari hasil pengurangan 9,8 kN/m³ dari Gamma Saturated dan didapatkan hasil perhitungan seperti Tabel 4.2

Tabel 4.2 Nilai Gamma Saturated & Unsaturated, Young Modulus

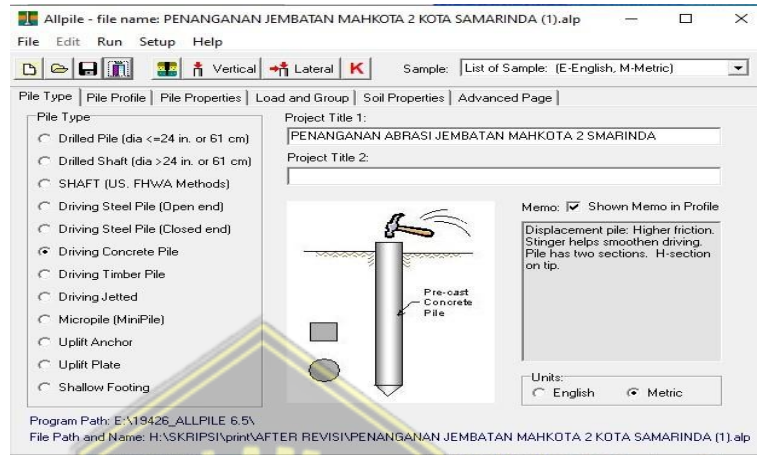
N-SPT	KEDALAMAN (m)		Dry Soil Weight (kN/m ³)	Weight Soil Weight (kN/m ³)	Young Modulus (Kn/m ²)
0	0	0	0	0	0
5	0	3,5	7,48	17,28	4136,85
8	3,5	5,5	9,83	19,63	7170,548
10	5,5	15,5	9,99	19,79	8963,184
22	15,5	17,5	9,05	18,85	13789,51
31	17,5	19,5	9,83	19,63	24131,65
45	19,5	21,5	10,62	20,42	34473,79
60	21,5	23,5	12,19	21,99	48263,3
60	23,5	51	12,19	21,99	48263,3

(Sumber : Penulis)

4.1.4 Software Allpile

Software ini digunakan untuk desain pondasi pile, baik itu pancang maupun bored pile walaupun tersedia juga untuk pondasi dangkal (shallow Footing). Pada pekerjaan ini, kami menggunakan software Allpile untuk mengetahui parameter tanah pada setiap lapisan tanah dengan menggunakan nilai N-SPT. Begitu juga desain bored pile yang digunakan dapat menggunakan parameter yang dihasilkan dari software Allpile ini dengan input diameter dan panjang bored pile. Berikut ini merupakan tahapan singkat pada software Allpile

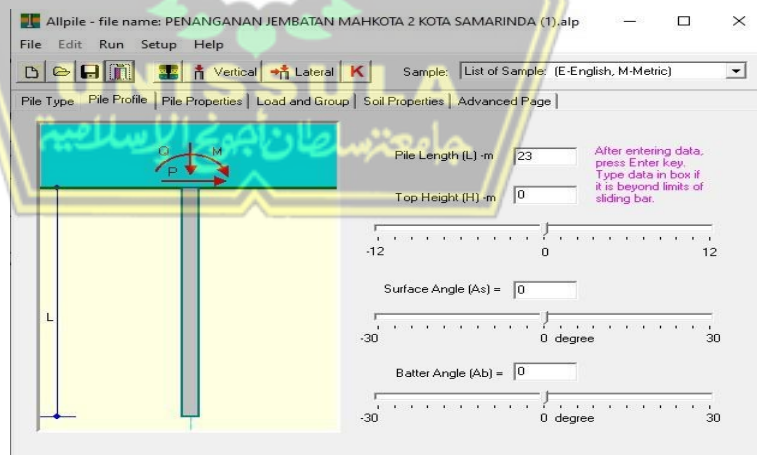
Pile Type, berisi tipe pondasi dan judul pekerjaan yang dapat diisi nama pekerjaan atau informasi lainnya.



Gambar 4.2 Tab Pile Type Allpile

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

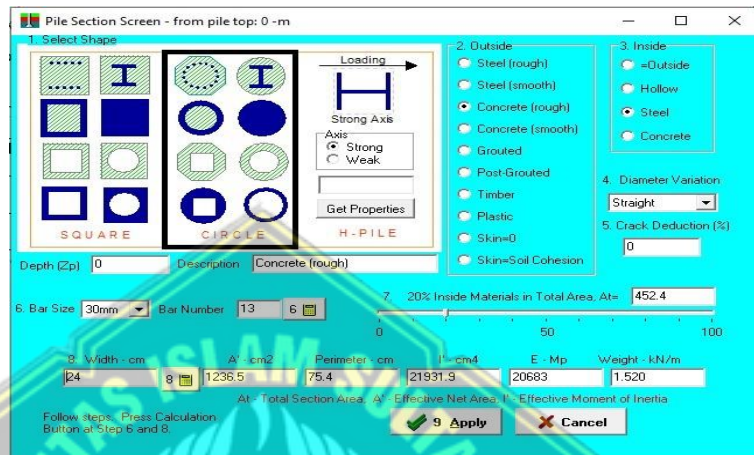
Pile profile berisi informasi tentang pile yang digunakan : seperti panjang pile : 51 m, jarak dari permukaan tanah : 0m , kemiringan pile (bila dipancang miring), serta kemiringan permukaan tanah seperti pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Tab Pile Profile Allpile

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

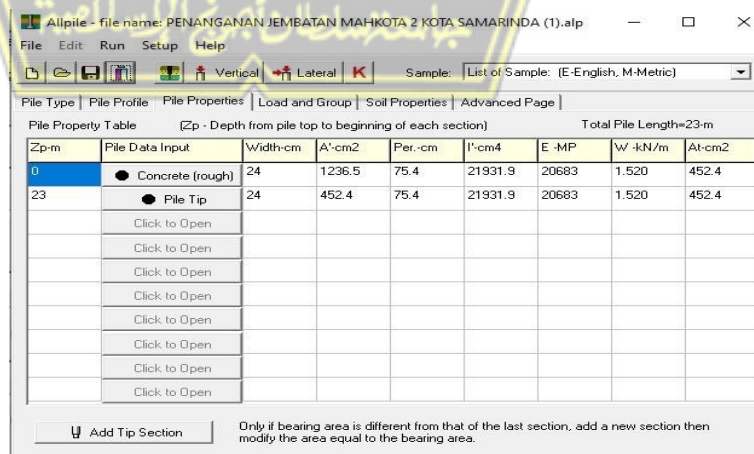
File Properties berisi data- data properti dari pile yang digunakan meliputi Diameter, material, Inersia dll yang akan tergenerate otomatis setelah kita mengisi pada kotak dialog pile properties seperti pada Gambar 4.4 berikut ini.



Gambar 4.4 Kotak Dialog Tab Pile Properties Allpile

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

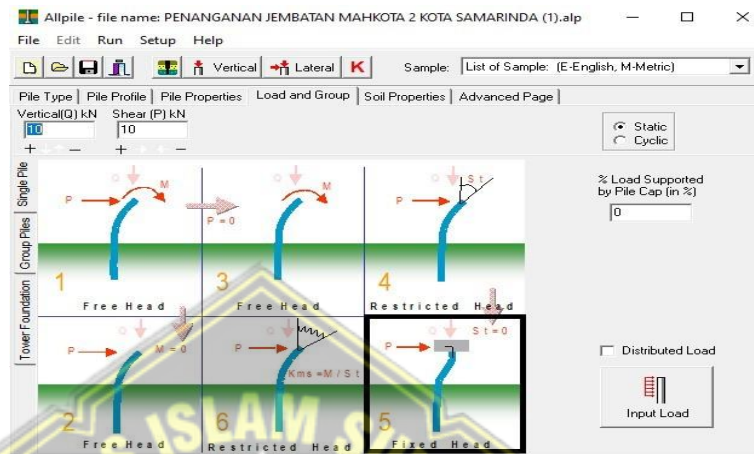
Adapun parameter yang harus diisikan adalah bentuk profil pile, material outside dan inside pile, bar size & number dan diameter pile. Maka parameter lain akan ter generate otomatis seperti pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Tab Pile Properties Allpile

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

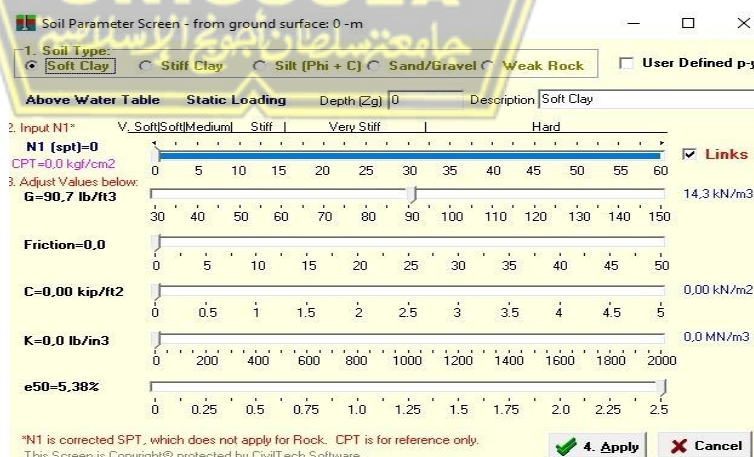
Load and Group, berisi besarnya pembebanan yang diterima pile. Disini kita isikan perhitungan untuk single pile dengan jenis beban ultimate dan jenis head-pile fix seperti yang terlihat Gambar 4.6



Gambar 4.6 Tab Load and Group Allpile

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Soil Properties berisi data tanah tempat pondasi akan ditanam. Pertama klik terlebih dahulu kolom isian pada soil data input untuk input nilai N-SPT dan Soil Type nya. Adapun parameter lain akan mengikuti seperti pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Kotak Dialog Tab Soil Properties Allpile

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Setelah itu klik ok, dan lakukan hal yang sama untuk setiap lapisan tanah maka akan muncul seperti Gambar 4.8 berikut ini

Z-gm	Soil Data Input	G-kN/m3	Phi	C-kN/m2	k-MN/m3	e50 or Dr	Nspt	Type
0	Soft Clay	14.4	0.0	0.6	0.4	5.38	0	1
3.5	Soft Clay	18.7	0.0	29.3	24.8	1.35	5	1
5.5	Soft Clay	19.9	0.0	48.5	61.7	0.99	8	1
15.5	Soft Clay	20.3	0.0	59.9	85.0	0.87	10	1
17.5	Sand/Gravel	19.2	36.8	0.0	32.3	56.64	22	4
19.5	Sand/Gravel	19.4	38.1	0.0	44.8	66.59	31	4
21.5	Sand/Gravel	20.0	39.4	0.0	66.1	80.39	45	4
23	Sand/Gravel	21.5	42.1	0.0	96.4	95.94	60	4

Gambar 4.8 Tab Soil Properties Allpile

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Advanced Page yang dapat digunakan salah satunya apabila terjadi zero skin friction pada kedalaman tertentu atau untuk adjust besarnya tip resistance (tahanan ujung). Juga ada pilihan untuk menentukan angka keamanan yang diinginkan seperti pada Gambar 4.9

Zero Friction (Non-load zone) and Negative Friction (Downdrag force): Input Depth (Zg)

Zero Friction from [] to [] Negative Friction from [] to [] Factor [1]
 Zero Friction from [] to [] Negative Friction from [] to [] Factor [1]
 Zero Tip Resistance Tip resistance based on stratum from pile tip extends to [10] times of pile diameter (10 recommended).

Analysis Parameters:

Parameters:	Value [1]	Value [2]
FS for Downward: [1] FS_side; [2] FS_tip	1.0	1.0
FS for Uplift: [1] FS_side; [2] FS_weight	2.0	1.0
Load Factor: [1] Vertical,Q; [2] Lateral,P,M,T	1.0	1.0
(Critical Depth)/(Pile Diameter): [1] Side; [2] Tip	20.0	20.0
Resistance Limits: [1] Side; [2] Tip -kN/m2 (No Limit: 9999)	9999.0	9999.0
Allowable Deflection: [1] Vertical, x_allow [2] Lateral, y_allow -cm	2.0	2.0
Group Deduction Factor for Lateral Analysis: [1] Rfront [2] Rside	1.0	1.0

Settlement Calculation:
 Vesic Method Reese Method Define p-y, t-z Output Points

Gambar 4.9 Tab Advance Page Allpile

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

4.1.5 Summary Parameter Tanah dan Parameter Lain

Tabel 4.3 Summary Parameter Tanah

N-SPT	KEDALAMAN (m)		Nama Material	Type Material	Dry Soil Weight (kN/m ³)	Weight Soil Weight (kN/m ³)	Young Modulus (Kn/m ²)	Angka Poison	Kohesi (KN/m ²)	Sudut Geser	psi
0	0	0	Soft Clay	Undrained	0	0	0	0	2,4	0	0,0001
5	0	3,5	Soft Clay	Undrained	7,48	17,28	3500	0,33	29,9	0	0,0001
8	3,5	5,5	Soft Clay	Undrained	9,83	19,63	5600	0,33	44,9	0	0,0001
10	5,5	15,5	Soft Clay	Undrained	9,99	19,79	7000	0,33	59,9	0	0,0001
22	15,5	17,5	Sand/ Gravel	Undrained	9,05	18,85	15400	0,33	0	36,8	0,0001
31	17,5	19,5	Sand/ Gravel	Undrained	9,83	19,63	21700	0,33	0	38,1	0,0001
45	19,5	21,5	Sand/ Gravel	Undrained	10,62	20,42	31500	0,33	0	39,4	0,0001
60	21,5	23,5	Sand/ Gravel	Undrained	12,19	21,99	42000	0,2	0	42,1	0,0001
60	23,5	51	Sand/ Gravel	Undrained	12,19	21,99	42000	0,2	0	42,1	0,0001

(Sumber : Penulis)

Tabel 4.4 Parameter Lain

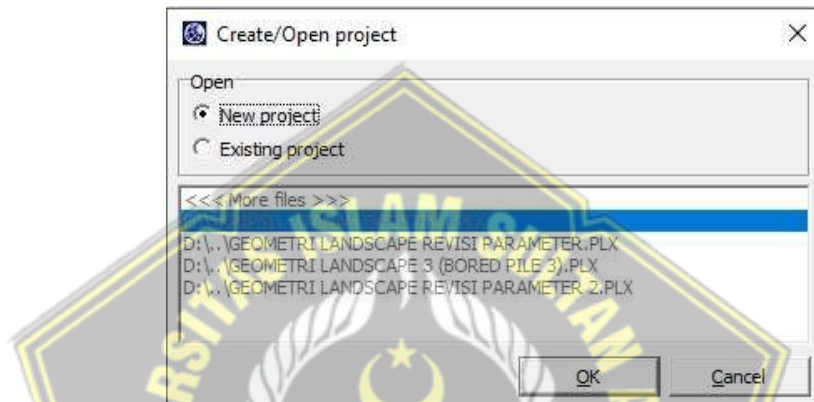
E (kN/m ²)	A (m ²)	I (m ⁴)	EA (kN/m)	EI (kN/m)	D (m)	W (kN/m)
36000000	0,07681	0,000397953	2765160	14326,31	0,3 m	1,593

(Sumber : Penulis)

4.2 Analisa Stabilitas Lereng Eksisting dengan Plaxis

Adapun tahapan analisa stabilitas lereng eksisting dengan program plaxis adalah sebagai berikut :

1. Untuk memulai program plaxis, klik 2 kali pada Plaxis Input, kemudian akan muncul tampilan dialog Create/ Open Project. Pilih New Porject, seperti yang terlihat pada Gambar 4.10 dibawah ini :

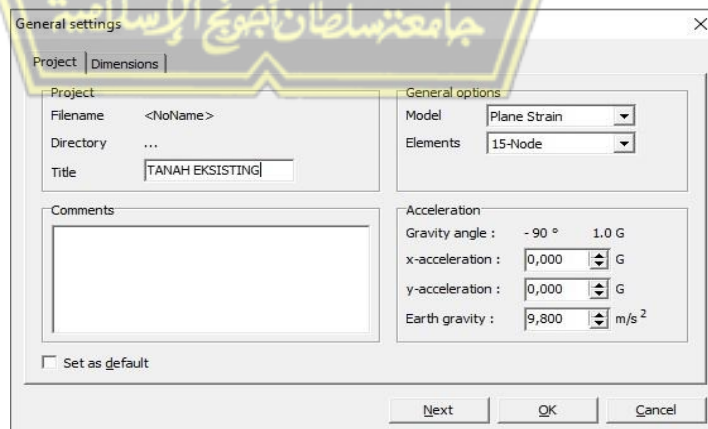


Gambar 4.10 Kotak Dialog Create/ Open Project.

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Kotak Dialog General Setting

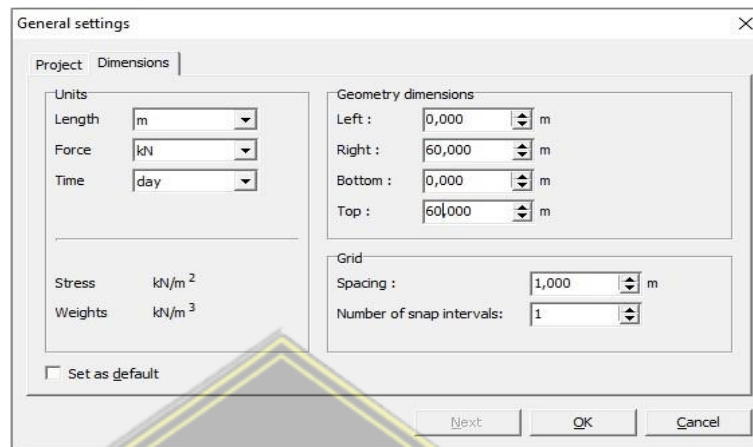
- Pada Tab Project isi dengan judul pekerjaan yang diinginkan seperti pada Gambar 4.11 berikut



Gambar 4.11 Kotak Dialog General Setting- Project.


(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- Pada tab Dimension pengaturan disesuaikan dengan dimensi/ geometri pemodelan. Pada pemodelan ini, tab Dimension diatur seperti Gambar 4.12



Gambar 4.12 Kotak Dialog General Setting- Dimension
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

3. Menu View- Table

Akan muncul kotak dialog tabel koordinat seperti **Gambar 4.13**. dan **Tabel 4.5** Kemudian isi koordinat sesuai dengan keadaan di lapangan, atau dapat gunakan tools Geometry Line  langsung menggambar pada kertas kerja.

Point	X [m]	Y [m]
0	10,500	59,000
1	12,000	54,500
2	15,000	53,500
3	51,975	0,000
4	19,500	42,500
5	21,000	40,500
6	34,500	39,000
7	52,000	37,000

Point	X [m]	Y [m]
8	17,000	49,000
9	18,000	46,500
10	-38,000	60,000
11	-38,000	0,000
12	-38,000	50,000
13	-38,000	47,000
14	-38,000	43,000
15	-38,000	41,000

Point	X [m]	Y [m]
13	-38,000	47,000
14	-38,000	43,000
15	-38,000	41,000
16	-38,000	39,000
17	-38,000	37,000
18	-38,000	35,000
19	51,999	35,000

Gambar 4.13 Tabel Koordinat
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

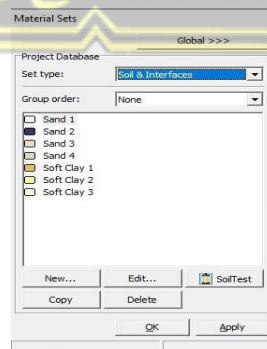
Tabel 4.5 Tabel Koordinat

POINT	X	Y
0	10,5	59
1	12	54,5
2	15	53,5
3	51,975	0
4	19,5	42,5
5	21	40,5
6	34	39
7	52	37
8	17	49
9	18	46,5
10	-38	60
11	-38	0
12	-38	50
13	-38	47
14	-38	43
15	-38	41
16	-38	39
17	-38	37
18	-38	35
19	51,999	35

(Sumber : Penulis)

2. Parameter Tanah

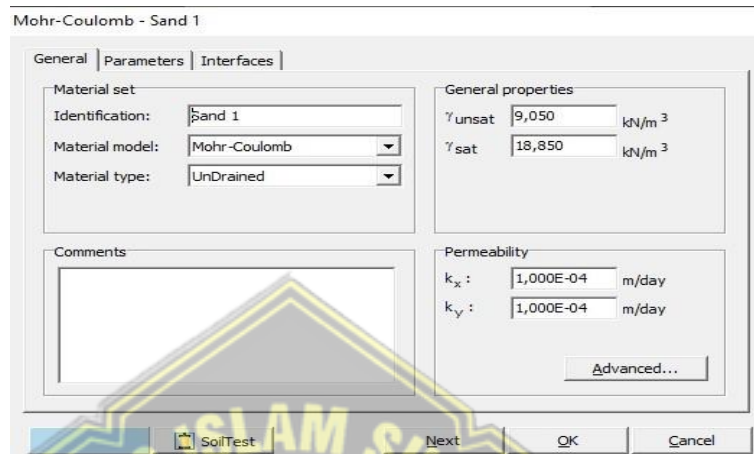
- Masukan/ input parameter tanah dari hasil pengolahan data tanah dengan memilih menu Material-Soil and Interfaces, seperti yang terlihat pada Gambar 4.14 berikut.



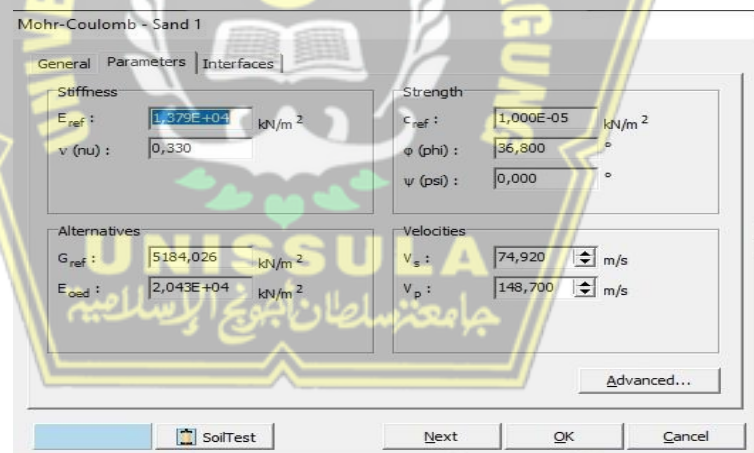
Gambar 4.14 Material Sets- Soil and Interfaces

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

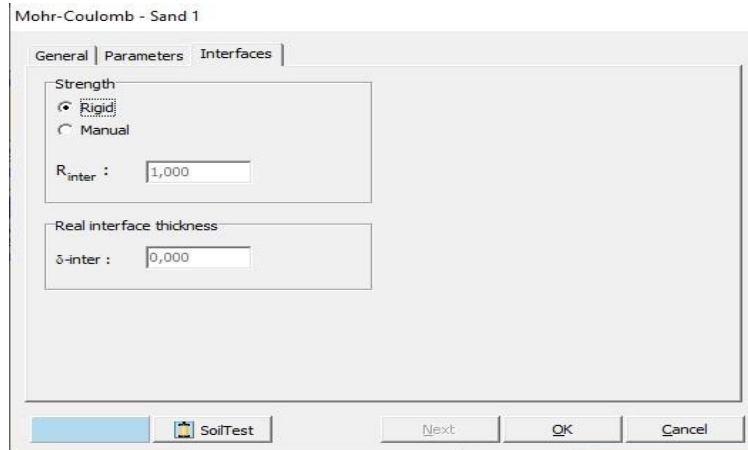
Pilih New dan isi parameter setiap lapisan sesuai dengan Tabel 4.3 kemudian input data pada tab General, Parameters, dan Interfaces. Berikut merupakan contoh hasil kotak dialog Mohr Coulomb dengan tampilan ketiga tab tersebut untuk jenis tanah soft clay 1



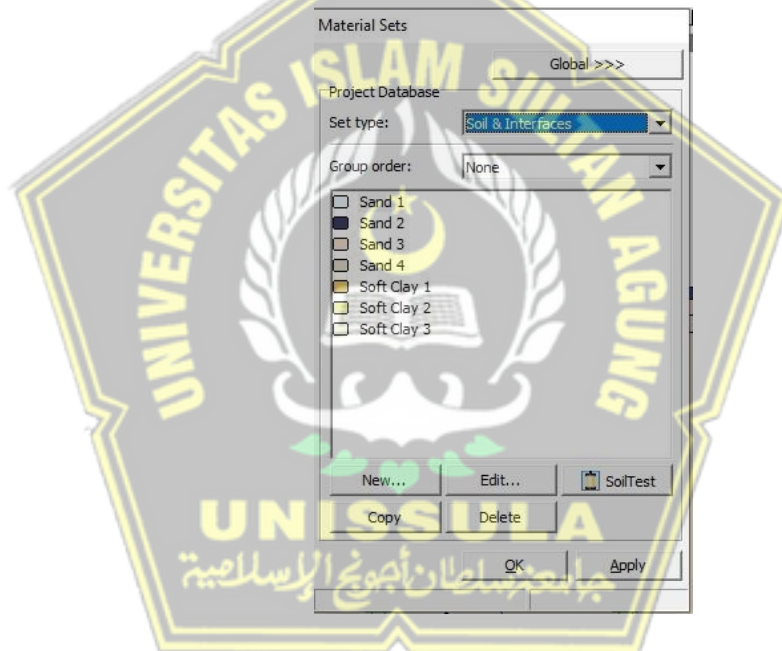
Gambar 4.15 Kotak Dialog Mohr Coulomb Tab General
(Sumber : Dokumentasi Penulis)



Gambar 4.16 Kotak Dialog Mohr Coulomb Tab Parameters
(Sumber : Dokumentasi Penulis)



Gambar 4.17 Kotak Dialog Mohr Coulomb Tab Interfaces
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

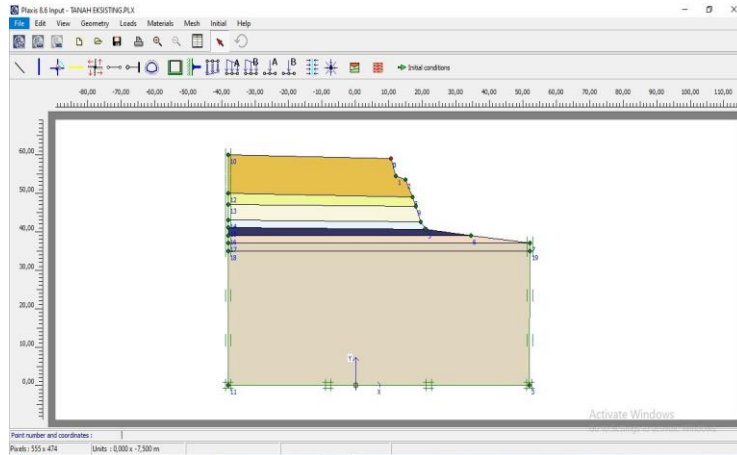


Gambar 4.18 Material Sets- Soil and Interfaces
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

3. Menu Load-Standard Fixities



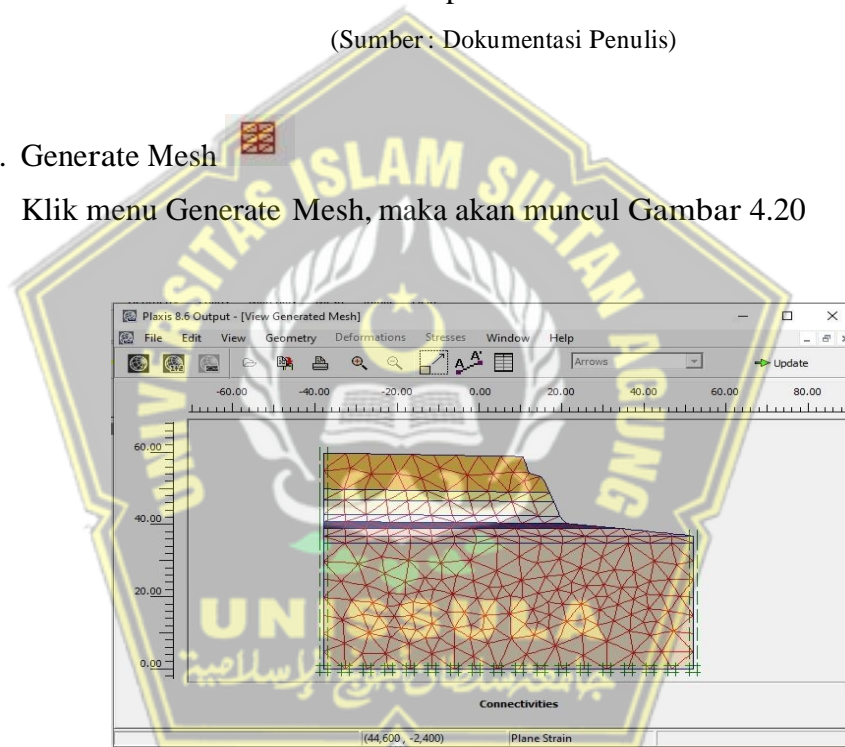
Setelah input seluruh parameter tanah selesai, pilih menu Load-Standard Fixities maka tampilan akan berubah menjadi seperti Gambar 4.19



Gambar 4.19 Tampilan Load-Standard Fixities
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Generate Mesh

Klik menu Generate Mesh, maka akan muncul Gambar 4.20




Gambar 4.20 Tampilan Output Generate Mesh
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Setelah gambar seperti diatas muncul, maka klik update

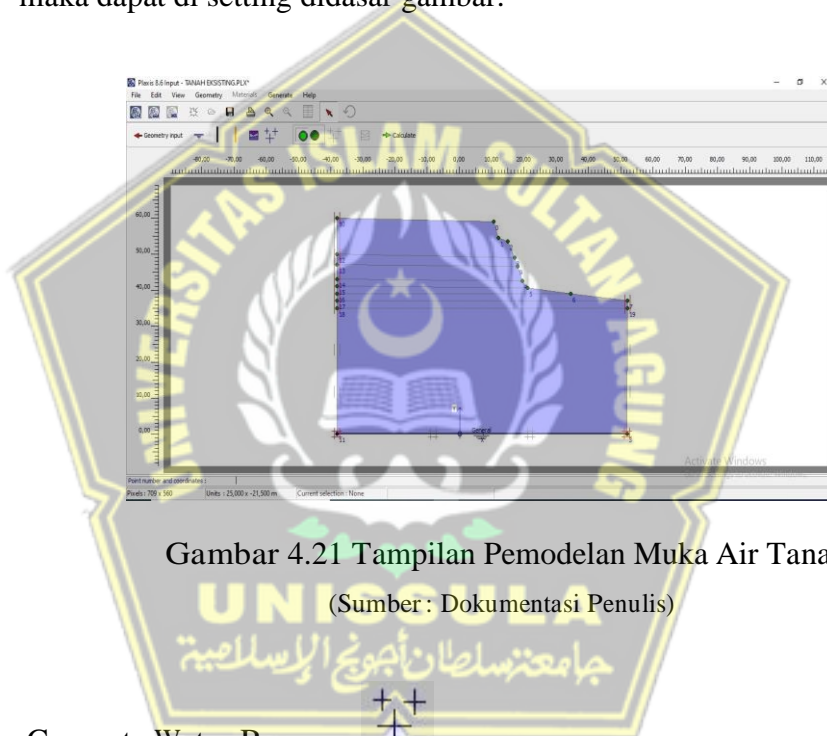


untuk memperbarui perubahan dan kembali ke tampilan awal.

Untuk mendefinisikan kondisi awal sebelum perhitungan, klik ikon Initial Conditions  dan akan muncul kotak dialog yang menampilkan nilai default berat volume air yaitu 10 kN/m³ kemudian klik OK

3. Phreatic Level 

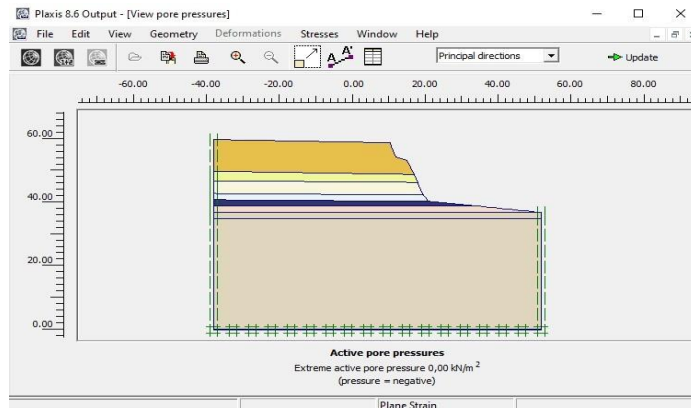
Pilih icon phreatic level pada toolbar, pilih muka air tanah sesuai dengan kondisi di lapangan maka akan muncul seperti yang terlihat pada Gambar 4.21. Karena pada data boring tidak ditemukan muka air tanah, maka dapat di setting didasar gambar.



Gambar 4.21 Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

4. Generate Water Pressure 

Pilih icon Generate Water Pressure pada toolbar, lalu akan muncul kotak dialog Water Pressure Generation pilih Phreatic Level, klik OK terlihat pada Gambar 4.22 berikut ini



Gambar 4.22 Tampilan Output Water Pressure

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Setelah gambar seperti diatas muncul, maka klik icon Update



untuk memperbarui perubahan dan kembali ke tampilan awal. Pilih icon Switch  pada toolbar.

5. Initial Stress



Klik Generate Initial Stress, akan muncul kotak dialog K0-procedure, pilih OK. Maka akan muncul Gambar Initial Soil Stresses, seperti yang terlihat pada Gambar 4.23 dan Gambar 4.24

K0-procedure

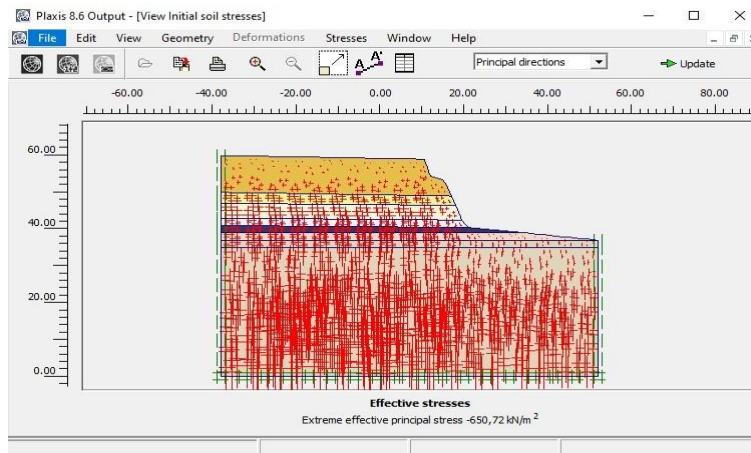
ΣM-weight : 1,000

Cluster	Material	OCR	POP	K0
1	MC	N/A	N/A	0,330
2	MC	N/A	N/A	0,330
3	MC	N/A	N/A	0,365
4	MC	N/A	N/A	0,383
5	MC	N/A	N/A	0,401

OK Cancel

Gambar 4.23 Kotak Dialog K0-procedure


(Sumber : Dokumentasi Penulis)



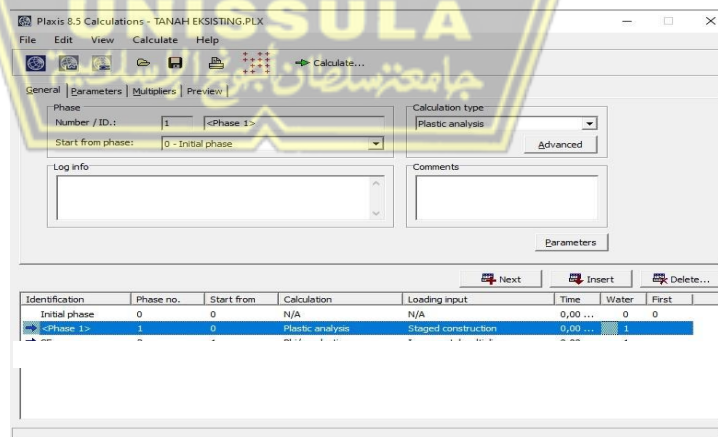
Gambar 4.24 Tampilan Initial Soil Stresses

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

6. Calculate

Pilih icon Calculate  pada toolbar, maka akan muncul kotak dialog calculations. Pada saat kalkulasi, akan dibagi menjadi beberapa tahap hitungan. Buatlah tahap identifikasi menjadi sebagai berikut :

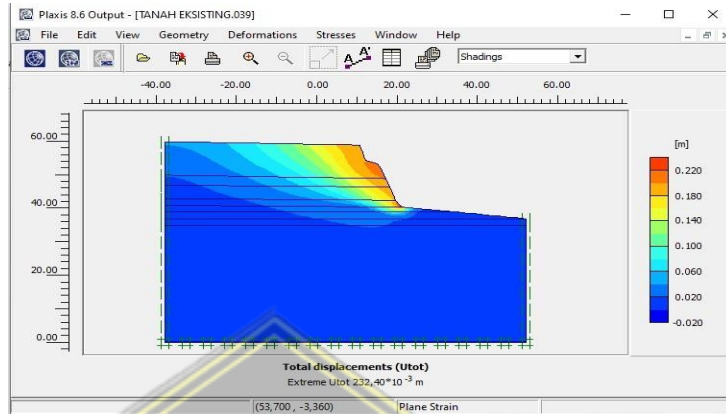
- Tahap I merupakan tahap dimana lereng dalam keadaan/ kondisi alami/ kondisi eksisting tanpa adanya perkuatan, dapat dilihat pada Gambar 4.25



Gambar 4.25 Kotak Dilaog Calculation Phase 1

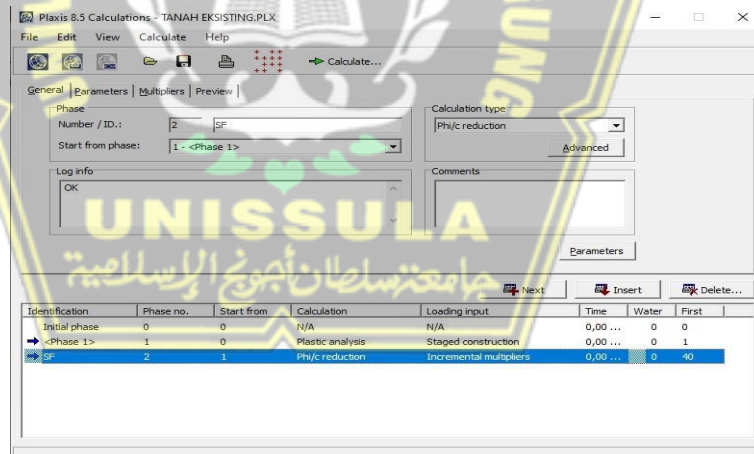
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Setelah tahapan kondisi eksisting dibuat, maka calculation dapat dilakukan untuk mengetahui besarnya displacement yang terjadi seperti yang terlihat pada Gambar 4.26 yaitu sebesar 23,24 cm

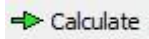


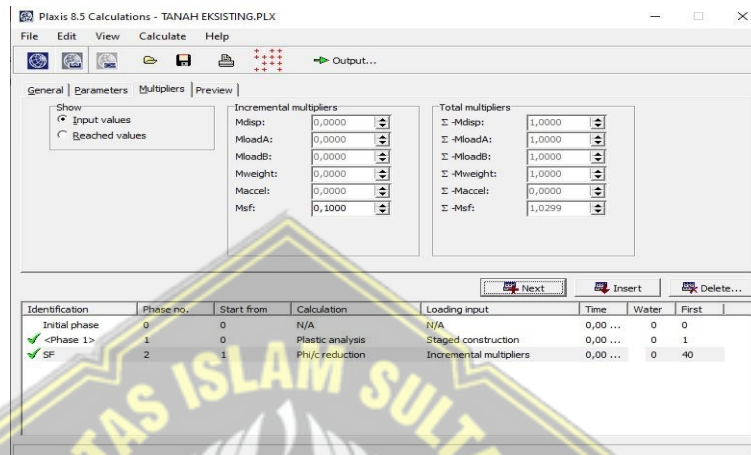
Gambar 4.26 Total Displacement Tanah Eksisting
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Tahap II merupakan tahapan untuk identifikasi angka keamanan (safety factor) dengan memilih Phi/c Reduction pada tab General.



Gambar 4.27 Kotak Dialog Calculation Phi/c Reduction
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Untuk melakukan kalkulasi, klik icon Calculate maka jika perhitungan telah selesai dilaksanakan, tahapan  akan berubah menjadi centang hijau. Hal itu menandakan perhitungan telah berhasil dilakukan. Pada perhitungan tanah eksisting didapatkan nilai SF sebesar 1,0299



Gambar 4.28 Kotak Dialog Hasil Calculations

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Tabel 4.6 Hasil Kalkulasi Tanah Eksisting

TANAH EKSISTING	
Safety Factor	1,0299
Displacement	23,24 cm

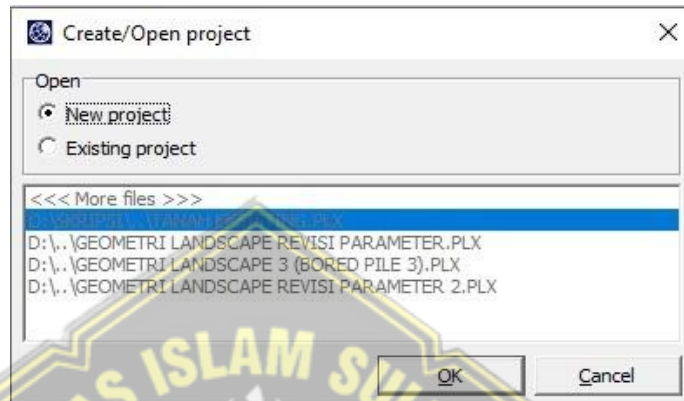
(Sumber : Penulis)

4.3 Analisis Stabilitas Lereng Perkuatan Bored Pile dengan Numerik

Pemodelan perkuatan lereng dengan bored pile ini menggunakan program numerik 2D yang artinya bored pile dianggap sebagai plate dimana pile saling berdempetan/ dimodelkan secara secant pile karena digunakan sebagai dinding bukan kaki-kaki. Pada sela diantara bored pile digunakan bahan/material yang sejenis dengan bored pile itu sendiri yaitu bahan cor.

Adapun tahapan analisa stabilitas lereng perkuatan bored pile dengan program Numerik adalah sebagai berikut :

1. Untuk memulai program Numerik, klik 2 kali pada Numerik Input, kemudian akan muncul tampilan dialog Create/ Open Project. Pilih New Project, seperti yang terlihat pada Gambar 4.29 dibawah ini :

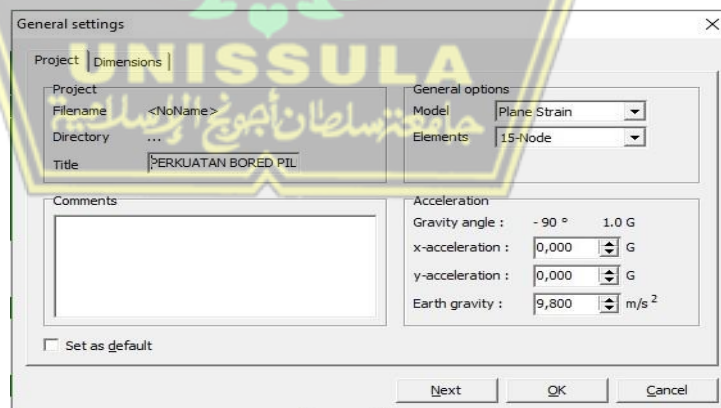


Gambar 4.29 Kotak Dialog Create/ Open Project.

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

2. Kotak Dialog General Setting

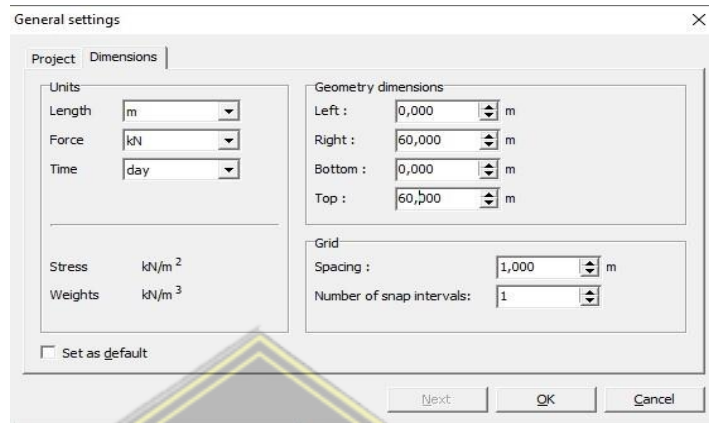
· Pada Tab Project isi dengan judul pekerjaan yang diinginkan seperti pada Gambar 4.30 berikut



Gambar 4.30 Kotak Dialog General Setting- Project.


(Sumber : Dokumentasi Penulis)

- Pada tab Dimension pengaturan disesuaikan dengan dimensi/ geometri pemodelan. Pada pemodelan ini, tab Dimension diatur seperti Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Kotak Dialog General Setting- Dimension
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

3. Menu View- Table

Akan muncul kotak dialog tabel koordinat seperti Gambar 4.32. Kemudian isi koordinat sesuai dengan keadaan di lapangan, atau dapat gunakan tools Geometry Line untuk langsung menggambar  pada kertas kerja

Point	X [m]	Y [m]
0	10,500	59,000
1	12,000	54,500
2	15,000	53,500
3	51,975	0,000
4	19,500	42,500
5	21,000	40,500
6	34,500	39,000
7	52,000	37,000
8	17,000	49,000
9	18,000	46,500
10	-38,000	60,000
11	-38,000	0,000
12	-38,000	50,000
13	-38,000	47,000
14	-38,000	43,000
15	-38,000	41,000
13	-38,000	47,000
14	-38,000	43,000
15	-38,000	41,000
16	-38,000	39,000
17	-38,000	37,000
18	-38,000	35,000
19	51,999	35,000

Gambar 4.32 Tabel Koordinat
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Tabel 4.7 Tabel Koordinat

POINT	X	Y
0	10,5	59
1	12	54,5
2	15	53,5
3	51,975	0
4	19,5	42,5
5	21	40,5
6	34	39
7	52	37
8	17	49
9	18	46,5
10	-38	60
11	-38	0
12	-38	50
13	-38	47
14	-38	43
15	-38	41
16	-38	39
17	-38	37
18	-38	35
19	51,999	35

(Sumber : Penulis)

4. Parameter Tanah

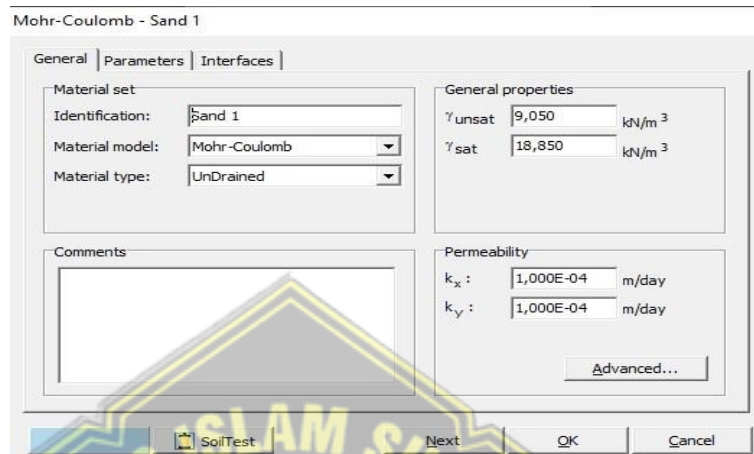
- Masukan/ input parameter tanah dari hasil pengolahan data tanah dengan memilih menu Material-Soil and Interfaces, seperti yang terlihat pada Gambar 4.33 berikut.



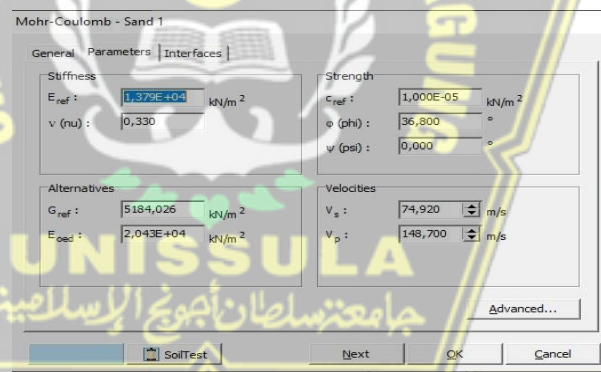
Gambar 4.33 Material Sets- Soil and Interfaces

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Pilih New dan isi parameter setiap lapisan sesuai dengan Tabel 4.3 kemudian input data pada tab General, Parameters, dan Interfaces. Berikut merupakan contoh hasil kotak dialog Mohr Coulomb dengan tampilan ketiga tab tersebut untuk jenis tanah soft clay 1

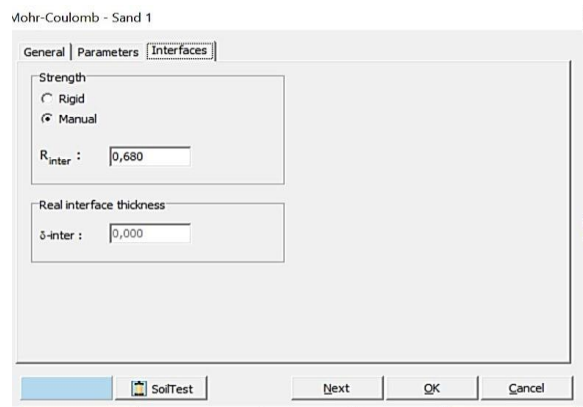


Gambar 4.34 Kotak Dialog Mohr Coulomb Tab General
(Sumber : Dokumentasi Penulis)



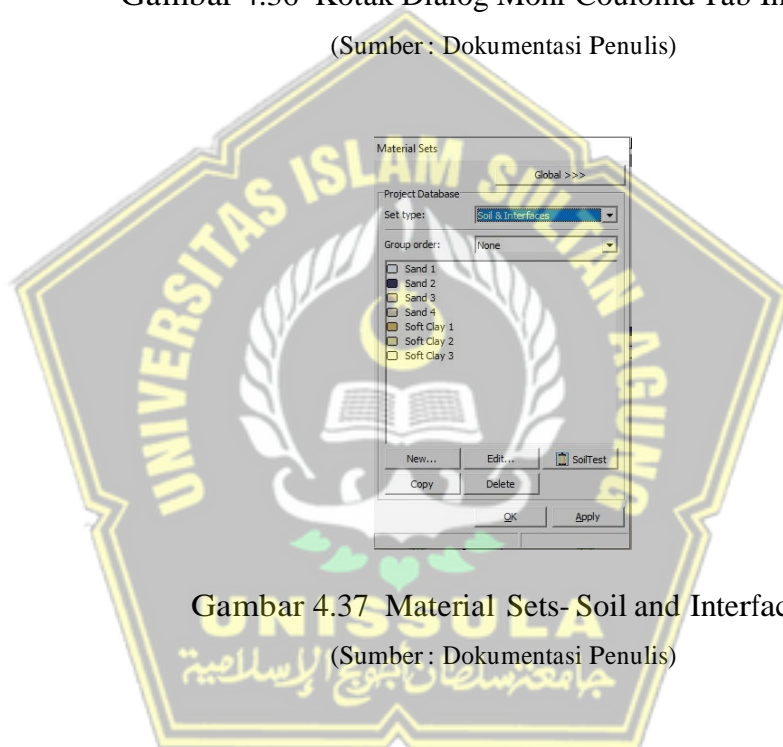
Gambar 4.35 Kotak Dialog Mohr Coulomb Tab Parameters
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Pilih Manual dan masukkan nilai R_{inter} 0,67 – 0,80



Gambar 4.36 Kotak Dialog Mohr Coulomb Tab Interfaces

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

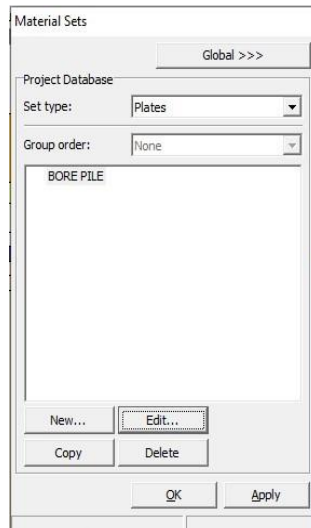


Gambar 4.37 Material Sets- Soil and Interfaces

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

5. Parameter Bored Pile

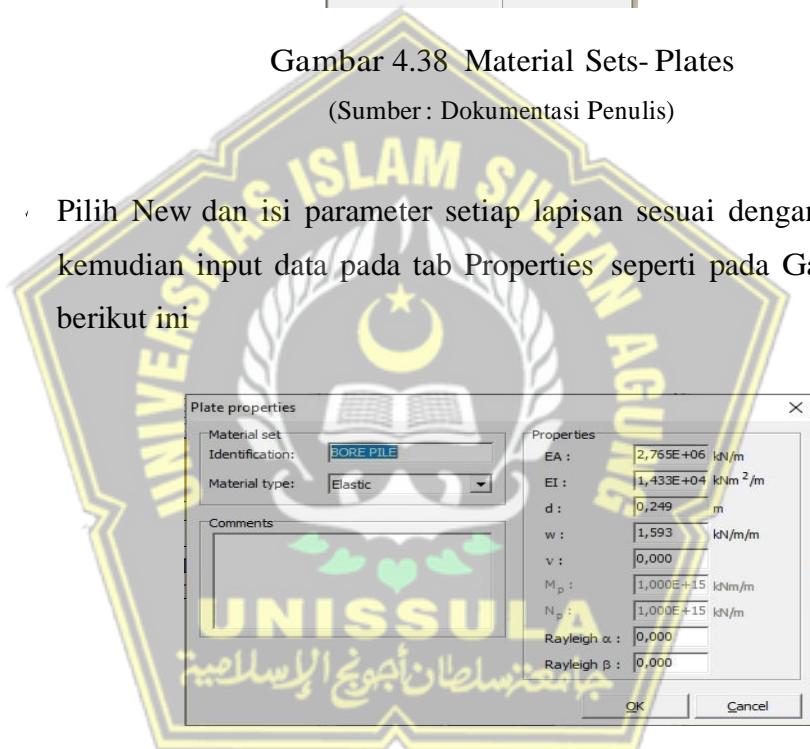
- Masukan/ input parameter tanah dari hasil pengolahan data tanah dengan memilih menu Material-Plates, seperti yang terlihat pada Gambar 4.38 berikut.



Gambar 4.38 Material Sets- Plates

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Pilih New dan isi parameter setiap lapisan sesuai dengan Tabel 4.4 kemudian input data pada tab Properties seperti pada Gambar 4.39 berikut ini



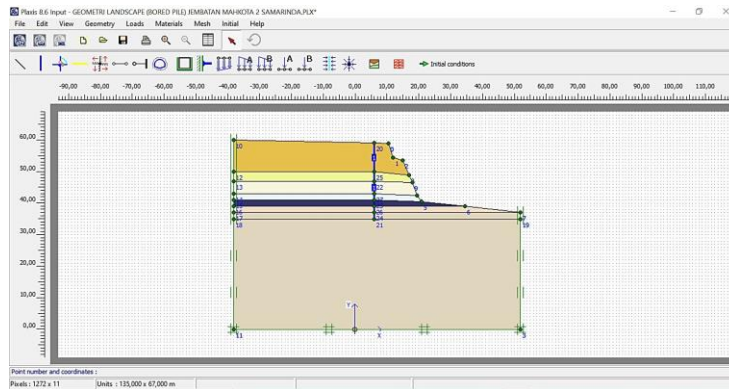
Gambar 4.39 Material Sets- Plates Properties

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

6. Menu Load-Standard Fixities



Setelah input seluruh parameter tanah selesai, gambar posisi bored pile dengan dimensi dan panjang sesuai data yaitu D30 cm dan panjang 24 m dengan toolbar plate. Selanjutnya pilih menu Load-Standard Fixities maka tampilan akan berubah menjadi seperti Gambar 4.40

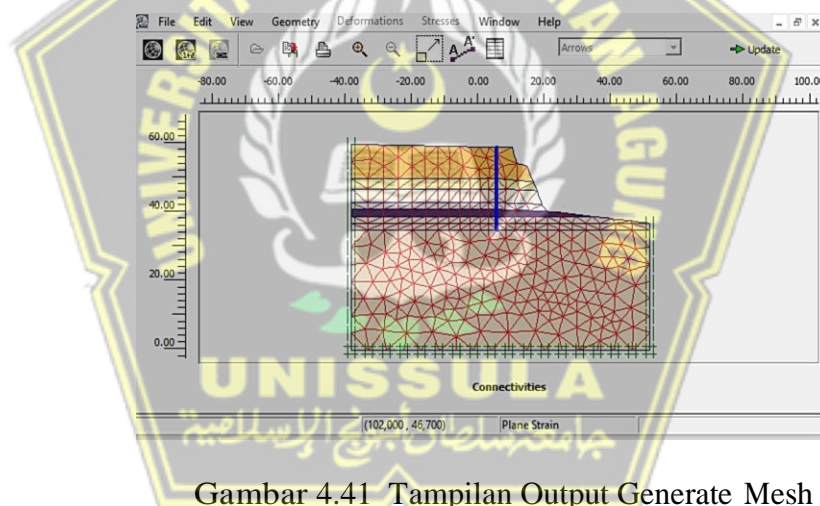


Gambar 4.40 Tampilan Load-Standard Fixities

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

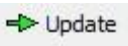
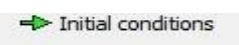
7. Generate Mesh

Klik menu Generate Mesh, maka akan muncul Gambar 4.41



Gambar 4.41 Tampilan Output Generate Mesh

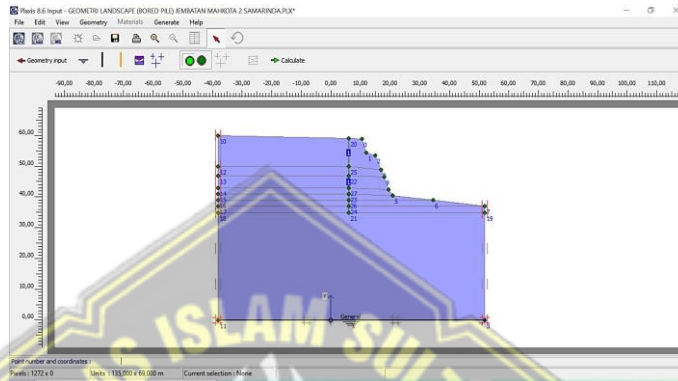
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Setelah gambar seperti diatas muncul, maka klik update  untuk memperbarui perubahan dan kembali ke tampilan awal. Untuk mendefinisikan kondisi awal sebelum perhitungan, klik ikon Initial Conditions  dan akan muncul kotak dialog yang menampilkan nilai default berat volume air yaitu 10 kN/m³ kemudian klik OK

8. Phreatic Level



Pilih icon phreatic level pada toolbar, pilih muka air tanah sesuai dengan kondisi di lapangan maka akan muncul seperti yang terlihat pada Gambar 4.42 Karena pada data boring tidak ditemukan muka air tanah, maka dapat di setting didasar gambar.

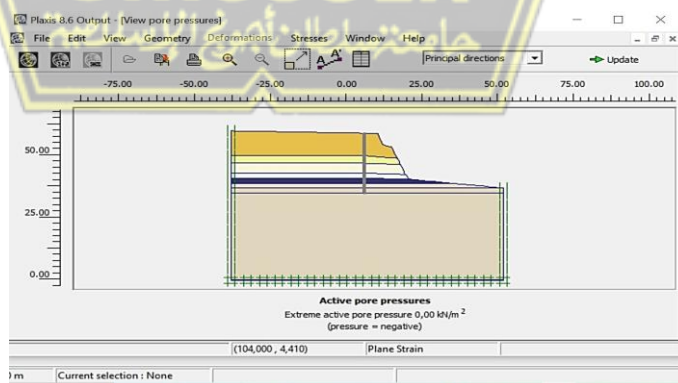


Gambar 4.42 Tampilan Pemodelan Muka Air Tanah

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

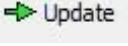
9. Generate Water Pressure


Pilih icon Generate Water Pressure pada toolbar, lalu akan muncul kotak dialog Water Pressure Generation pilih Phreatic Level, klik OK terlihat pada Gambar 4.43 berikut ini.



Gambar 4.43 Tampilan Output Water Pressure

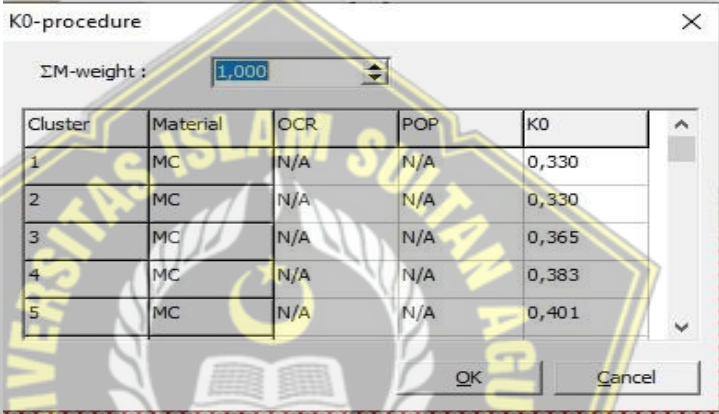
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Setelah gambar seperti diatas muncul, maka klik icon Update  untuk memperbarui perubahan dan kembali ke tampilan awal. Pilih icon

Switch  pada toolbar.

10. Initial Stress

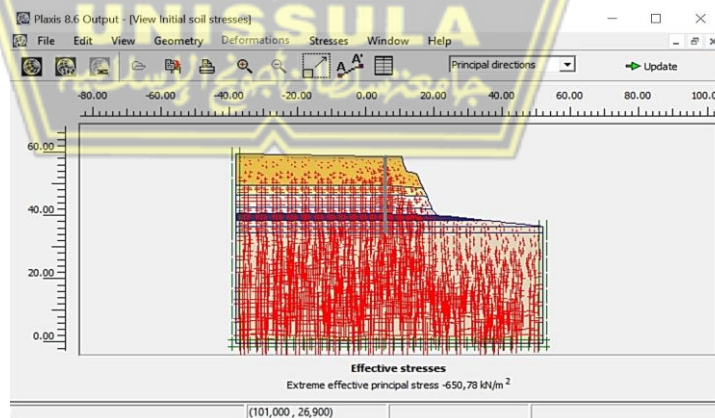
Klik Generate Initial Stres, akan muncul kotak dialog K0-procedure, pilih OK. Maka akan muncul Gambar Initial Soil Stresses, seperti yang terlihat pada Gambar 4.44 dan Gambar 4.45



Cluster	Material	OCR	POP	K0
1	MC	N/A	N/A	0,330
2	MC	N/A	N/A	0,330
3	MC	N/A	N/A	0,365
4	MC	N/A	N/A	0,383
5	MC	N/A	N/A	0,401

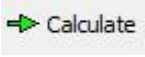
Gambar 4.44 Kotak Dialog K0-procedure

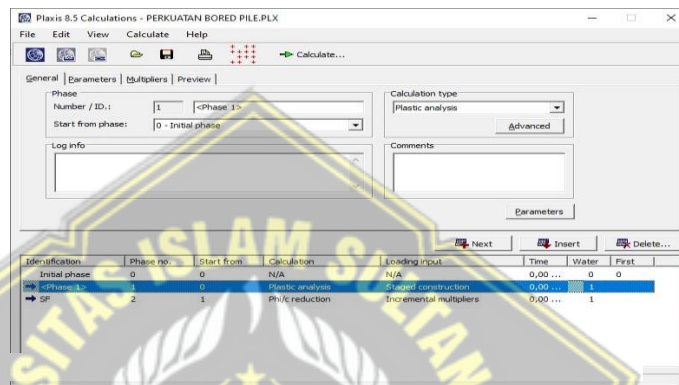
(Sumber : Dokumentasi Penulis)



Gambar 4.45 Tampilan Initial Soil Stresses

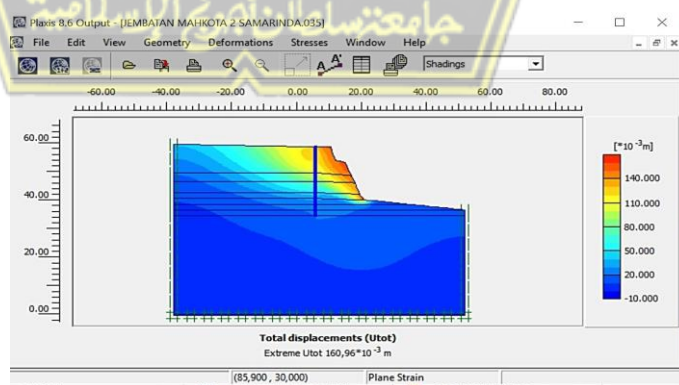
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

11. Calculate 
- Pilih icon Calculate pada toolbar, maka akan muncul kotak dialog calculations. Pada saat kalkulasi, akan dibagi menjadi beberapa tahap hitungan. Buatlah tahap identifikasi menjadi sebagai berikut :
- Tahap I merupakan tahap dimana lereng dalam keadaan/ kondisi alami/ kondisi eksisting tanpa adanya perkuatan, dapat dilihat pada Gambar 4.46



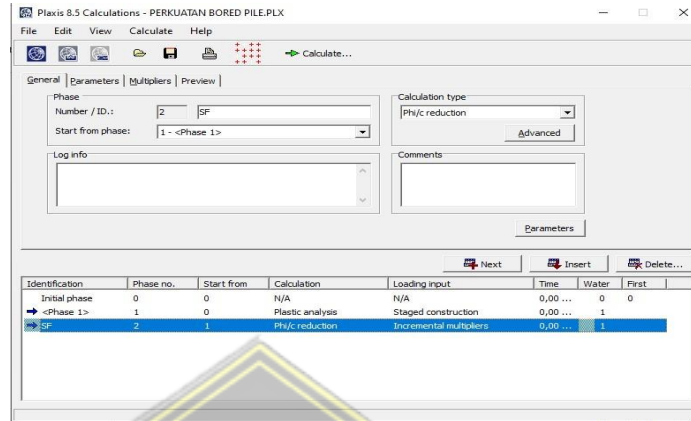
Gambar 4.46 Kotak Dilaog Calculation Phase 1
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Setelah tahapan kondisi eksisting dibuat, maka calculation dapat dilakukan untuk mengetahui besarnya displacement yang terjadi seperti yang terlihat pada Gambar 4.47 yaitu sebesar 16,096 cm



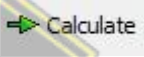
Gambar 4.47 Total Displacement Tanah Eksisting
(Sumber : Dokumentasi Penulis)

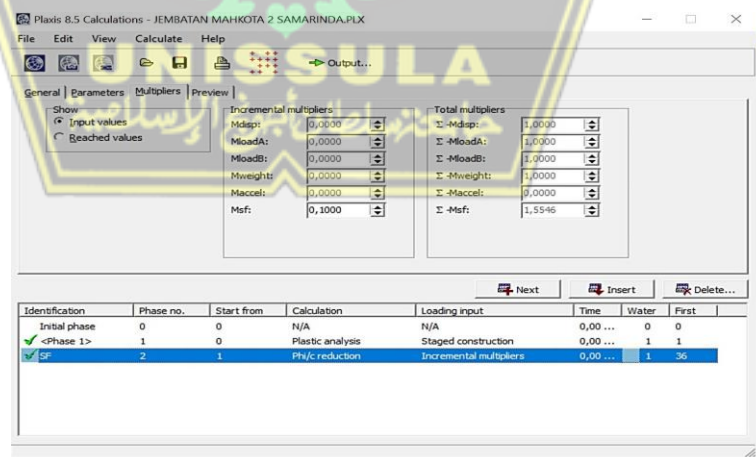
Tahap II merupakan tahapan untuk identifikasi angka keamanan (safety factor) dengan memilih Phi/c Reduction pada tab General.



Gambar 4.48 Kotak Dialog Calculation Phi/c Reduction

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Untuk melakukan kalkulasi, klik icon Calculate  maka jika perhitungan telah selesai dilaksanakan, tahapan akan berubah menjadi centang hijau. Hal itu menandakan perhitungan telah berhasil dilakukan. Pada perhitungan tanah eksisting didapatkan nilai SF sebesar 1,5545.



Gambar 4.49 Kotak Dialog Hasil Calculations

(Sumber : Dokumentasi Penulis)

Tabel 4.50 Hasil Kalkulasi Tanah dengan Perkuatan Bored Pile

TANAH DENGAN PERKUATAN BORED PILE	
Safety Factor	1,5545
Displacement	16,096 cm

(Sumber : Penulis)



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Hasil perhitungan parameter tanah menggunakan program Allpile dapat dilihat pada Tabel 4.3
2. Setelah lereng eksisting dianalisa menggunakan program Numerik didapat nilai safety factor sebesar 1,0299 dan penurunan sebesar 23,24 cm.
3. Pemodelan lereng dengan perkuatan bored pile pada program Numerik menghasilkan nilai safety factor sebesar 1,5545 dan penurunan sebesar 16,096 cm.
4. Dari kedua poin diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan bored pile dengan diameter 24 cm dan panjang 23 meter dapat meningkatkan nilai safety factor hingga memenuhi standard keamanan yaitu 1,5. Selain itu, perkuatan bored pile juga dapat mengurangi estimasi displacement tanah sebesar kurang lebih 8 cm

5.2 Saran

Setelah dilakukanya analisa stabilitas lereng pada studi ini, dapat diberikan beberapa saran atau solusi alternatif sebagai berikut :

1. Meskipun metode perkuatan lereng dengan bored pile cukup aman dan dapat meningkatkan nilai safety factor, namun alangkah baiknya lereng yang berpotensi longsor tetap diberikan penanganan perkuatan secara permanen seperti Retaining Wall atau Dinding Penahan Tanah mengingat letak geografis lereng yang berada didekat sungai.
2. Apabila perkuatan bored pile dipilih sebagai opsi metode perkuatan, alangkah lebih baik jika diperhitungkan kembali untuk letak dan dimensi bored pile yang lebih efektif dalam pemasangan dan efisien secara biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1995. Mekanika Tanah 1. Erlangga. Jakarta
- Craig, F.R, 1991, Mekanika Tanah, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Verhoef, P.N.W. 1994. Geologi Untuk Teknik Sipil. PT. Erlangga. Jakarta.
- Haridjaja, O. 1980. Pengantar Fisika Tanah. Institut Pendidikan Latihan dan Penyuluhan Pertanian. IPB. Bogor. 233 hal.
- Kalsim, D.K, dan A. Sapei. 2003. Fisika lengas tanah. Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknik Pertanian. Institut Pertanian Bogor
- Plaster, E.J. 1992. Soil Science and Management. Canada
- Hardjowigeno, Sarwono. 1995. Ilmu Tanah. Jakarta: Akademika Presindo.
- Hakim, N., Nyakpa, M.Y., Lubis, A.M., Nugroho, S.G., Diha, M.A., Hong, G.B., Bailey, H.H. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung. 488 hal
- Hillel, D. 1980. Fundamentals of Soil Physics. New York : Department of Plant and Soil Sciences University of Massachusetts Amherst, Massachusetts. 413 halaman.
- Hardiyatmo, H. C. 1992. Mekanika Tanah I. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- McKyes, E. 1985. Soil Cutting and Tillage, Elsevier, Amsterdam, pp.3-86.
- Bowles, Joseph E. 1991. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Erlangga: Jakarta.