

TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER DAN PERKUATAN LERENG MENGUNAKAN METODE *SOIL NAILING* DI PERUMAHAN *BSB CITY VICTORIA HILLS* SEMARANG

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan
Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang**



Oleh:

INTAN MEKAR BENDHARI C.
30.2017.00.085

RANANTA AGUSTINA
30.2017.00.151

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2021**

USULAN PENELITIAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER DAN PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN METODE *SOIL* *NAILING* DI PERUMAHAN *BSB CITY VICTORIA HILLS* SEMARANG

Yang diajukan oleh :

Intan Mekar Bendhari C.

NIM: 30.2017.00.085

Rananta Agustina

NIM: 30.2017.00.151

Telah disetujui oleh:

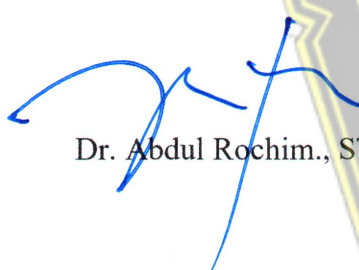
Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. H. Soedarsono., M.Si

Tanggal : Agustus 2021

Dosen Pembimbing II

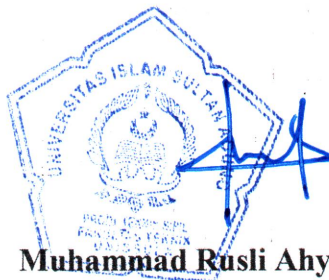


Dr. Abdul Rochim., ST., MT

Tanggal : Agustus 2021

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan
Perkuatan Lereng Menggunakan Metode *Soil Nailing* Di
Perumahan *BSB City Victoria Hills* Semarang**



Intan Mekar Bendhari C.
NIM: 30.2017.00.085



Rananta Agustina
NIM: 30.2017.00.151

Telah disetujui dan disahkan di Semarang pada tanggal Agustus 2021

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Dr.Ir.H. Soedarsono.,M.Si

2. Dr. Abdul Rochim., ST., MT

3. Lisa Fitriana.,ST.,M.Eng

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 PO. BOX 1054 Telepon. 089608181018 Semarang 50112

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR
Nomor: 17/A.2/SA-T/XII/2020 tanggal 19 Desember 2020

Pada hari ini Jum'at 19 Februari 2020 berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing Tugas Akhir I dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir II :

1. Nama : Dr. Ir. H. Soedarsono, M.si
Jabatan : Lektor Kepala
2. Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT
Jabatan : Lektor Kepala

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

Nama : Intan Mekar Bendhari Chantika Nama : Rananta Agustina
NIM : 30201700085 NIM : 30201700151

Judul : Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan Perkuatan Lereng Menggunakan Metode *Soil Nailing* Di Perumahan *BSB City Victoria Hills* Semarang

Dengan tahapan sebagai berikut:

NO	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	16 Desember 2020	-
2	Proposal	19 Februari 2021	ACC
3	Pengumpulan data	25 Maret 2021	-
4	Analisis data	1 April 2021	-
5	Penyusunan Laporan	4 April 2021	-
6	Selesai Laporan	Agustus 2021	ACC

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

Dosen Pembimbing I,

Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si

Dosen Pembimbing II,

Dr. Abdul Rochim, ST., MT

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

1. Nama : Intan Mekar Bendhari Chantika
NIM : 30201700085
2. Nama : Rananta Agustina
NIM : 30201700151

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:

“Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan Perkuatan Lereng Menggunakan Metode *Soil Nailing* Di Perumahan *BSB City Victoria Hills* Semarang”

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

Demikian pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, Agustus 2021

Mahasiswa I



Intan Mekar Bendhari Chantika
30.2017.00.085

Mahasiswa II



Rananta Agustina
30.2017.00.151

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda – tangan dibawah ini:

Nama : Intan Mekar Bendhari Chantika
NIM : 30201700085

Nama : Rananta Agustina
NIM : 30201700151

Judul : Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan
Perkuatan Lereng Menggunakan Metode *Soil Nailing* Di
Perumahan *BSB City Victoria Hills* Semarang

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,

Penulis I



Intan Mekar Bendhari Chantika

Penulis II



Rananta Agustina

MOTTO

(Intan Mekar B C)

إِنَّمَا الْأَعْمَالُ بِالنِّيَّةِ

“Sesungguhnya amal itu tergantung dengan niat”

(HR. Bukhari)

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya."

(QS. Al Baqarah ayat 286)

"Waktu bagaikan pedang. Jika engkau tidak memanfaatkannya dengan baik (untuk memotong), maka ia akan memanfaatkanmu (dipotong)." (HR. Muslim)



MOTTO

(Rananta Agustina)

وَلَا تَهِنُوا وَلَا تَحْزَنُوا وَأَنْتُمْ الْأَعْلَوْنَ إِنْ كُنْتُمْ مُؤْمِنِينَ

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

وَعَسَى أَنْ تُحِبُّوا شَيْئًا وَهُوَ شَرٌّ لَكُمْ وَاللَّهُ يَعْلَمُ وَأَنْتُمْ لَا تَعْلَمُونَ

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui. (QS. Al-Baqarah : 216)

Barang siapa keluar mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah hingga ia pulang”. (HR. Turmudzi)

PERSEMBAHAN

1. Orang tua saya, khususnya Mamah Luhyani yang telah memberikan segenap kasih sayang, dukungan materil, semangat, do'a dan pendidikan mental untuk terus mengejar impian menjadi seseorang yang mulia di dunia dan akhirat, serta dalam penyelesaian tugas akhir ini. serta Mamah Cut nur fatayat dan Bapak Ketut romadhi yang telah mendukung.
2. Kakak saya tercinta Bunga Tunggul Pasa yang selalu mendukung dan memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Rananta Agustina selaku rekan kerja yang telah bekerja keras berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.si dan Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
6. Teman-teman belajar dan main selama masa perkuliahan : Mauriska Roshadewi, Chandra Kartika Millenia, Jihade Kufiita Ardalli, Ghina Intan Noor Salsabila, Hesti Winarni, Liza Apriliani yang telah membantu saya selama masa kuliah, memberikan semangat, motivasi dan membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil angkatan 2017 khususnya kelas B
8. Universitas Islam Sultan Agung yang telah memberikan saya kesempatan menimba ilmu di fakultas teknik program pendidikan sipil, memberikan banyak sekali ilmu yang tiada tara kepada saya selama saya kuliah.

Intan Mekar Bendhari Chantika

30.2017.00.085

PERSEMBAHAN

1. Orang tua saya, Bp. Joko Siswanto dan Ibu Ngatwati yang telah memberikan segenap kasih sayang, dukungan materil, semangat, do'a dan pendidikan mental untuk terus mengejar impian menjadi seseorang yang mulia di dunia dan akhirat, serta dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Kakak saya tercinta Ika Chandrawati dan Wahyu Wibowo yang selalu mendukung dan memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Intan Mekar Bendhari Cantika selaku rekan kerja yang telah bekerja keras berjuang bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.si dan Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
6. Teman-teman belajar dan main selama masa perkuliahan : Isna Melati Nugraheni, Za'imah Qurrata A'yun, Nurul Husna Mulia yang telah membantu saya selama masa kuliah, memberikan semangat, motivasi dan membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Damayanti Rahmatika dan Lentera Fajar Muhammad yang telah memberi doa dan semangat yang tidak ada hentinya.
8. Teman-teman Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil angkatan 2017.
9. *To myself, I want to thank me for believing me. For doing all this hard work and never quitting. For knowing when to sit back, then starting running again. For always giving myself a pat on the back.*

Rananta Agustina

30.2017.00.151

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah kita panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, dan hidayah-nya. Tuhan semesta alam yang karena ridho-Nya penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER DAN PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN METODE SOIL NAILING DI PERUMAHAN BSB CITY VICTORIA HILLS SEMARANG Shalawat dan salam semoga tetap terlimpah curahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, beserta para sahabatnya.

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang. Dengan selesainya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan banyak pihak yang telah memberikan masukan-masukan kepada penulis. Untuk itu penyusun mengucapkan terima kasih Kepada :

1. Yth. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik UNISSULA
2. Yth. Bapak M. Rusli Ahyar, ST, M.Eng. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNISSULA atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan.
3. Yth. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran dan dorongan semangat.
4. Yth. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan

bimbingan dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik, saran dan dorongan semangat.

5. Orang tua, keluarga, serta sahabat-sahabat dari kedua penulis atas dukungan dan serta bantuan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan-kekurangan dari segi kualitas dan kuantitas maupun dari ilmu pengetahuan yang penyusun kuasai. Oleh karena itu, penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan laporan tugas kedepannya dan semoga bermanfaat bagi institusi pendidikan untuk kedepannya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, Agustus 2021

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
USULAN PENELITIAN TUGAS AKHIR	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
ABSTRAK	xxii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Dinding Penahan Tanah.....	4
2.1.2 Dinding Penahan Tanah Kantilever.....	4
2.1.3 Stabilitas Dinding Penahan Tanah.....	5
2.1.4 Stabilitas Guling	5
2.1.5 Stabilitas Geser	6
2.1.6 Kapasitas Daya Dukung Tanah.....	6
2.2 Definisi Tanah	7

2.2.1	Jenis Tanah	8
2.2.2	Tegangan Efektif Tanah	8
2.2.3	Tekanan Tanah Lateral	9
2.2.4	Tekanan Tanah Aktif	9
2.2.5	Tekanan Tanah Pasif.....	9
2.3	Uji Penyelidikan Tanah	10
2.3.1	Berat Jenis Butiran/ <i>Spesific Gravity</i> (GS)	10
2.3.2	Direct Shear	10
2.3.3	<i>Atterberg Limits</i>	11
2.3.4	Analisis Hidrometer	12
2.3.5	Analisa Saringan (Grain Size)	12
2.4	Lereng	13
2.4.1	Sudut/Kemiringan Lereng	14
2.5	Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan	15
2.6	Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	16
2.7	Pembebanan pada Lereng	19
2.8	Soil Nailing.....	20
2.8.1	Elemen - Elemen <i>Soil Nailing</i>	23
2.8.2	Inklusi (<i>Nail</i>).....	25
2.8.3	Lapis Permukaan (<i>Facing</i>)	32
2.8.4	Drainase	36
2.8.5	Pengunci	38
2.8.6	Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan <i>Soil Nailing</i>	39
2.9	Geostudio (SLOPE/W)	48
2.9.1	Analisis Stabilitas Lereng dengan <i>Geoslope</i>	48
2.9.2	SLOPE/W Sebelum Diperkuat <i>Soil Nailing</i>	50
2.9.3	SLOPE/W Setelah Diperkuat <i>Soil Nailing</i>	50
2.10	Plaxis	51
BAB III METODOLOGI PENULISAN		54
3.1	Pendahuluan.....	54
3.1.1	Data Primer	54
3.2	Bagan Alur Proses Perencanaan	55

3.3	Pengambilan Sample Tanah	57
3.4	Pengujian Laboratorium	57
3.4.1	Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah	57
3.4.1.1	Uji Hidrometer	57
3.4.1.2	<i>Spesific Grafity</i>	57
3.4.1.3	<i>Uji Atterberg Limits</i>	58
3.4.1.4	<i>Uji Direct Shear</i>	60
3.4.1.5	Analisa Saringan	61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		62
4.1	Analisis Uji Penyelidikan Tanah	62
4.1.1	Berat Jenis Butiran/ <i>Spesific Gravity</i> (GS)	62
4.1.2	<i>Direct Shear Test</i>	64
4.1.3	<i>Atterberg Limits</i>	66
4.1.4	<i>Hidrometer Analysis</i>	69
4.1.5	Analisa Saringan (<i>Grain Size</i>)	71
4.2	Analisis Struktur DPT Kantilever.....	73
4.3	Analisis DPT Kantilever Menggunakan <i>Software Plaxis</i>	86
4.4	Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan.....	101
4.4.1	Analisis Lereng Tanpa Perkuatan Manual Metode <i>Bishop</i>	102
4.4.2	Analisis Lereng Tanpa Perkuatan dengan Program <i>Geoslope</i>	104
4.4.3	Analisa Stabilitas Lereng Manual Mengadopsi Metode Baji	104
4.4.4	Analisa Stabilitas Lereng dengan <i>Soil Nailing</i>	108
4.4.5	Analisis Stabilitas Terhadap Pergeseran.....	109
4.4.6	Analisis Stabilitas Lereng Kegagalan Daya Dukung Tanah.....	110
4.4.7	Analisis Stabilitas Lereng Putus Tulangan dan Cabut Tulangan	111
4.5	Permodelan Lereng Menggunakan <i>Software Geostudio-Geoslope</i>	113
4.5.1	Pengaturan Awal.....	113
4.5.2	<i>Analysis Setting</i>	115
4.5.3	Mendefinisikan Parameter Tanah	116
4.5.4	Membuat Sketsa Gambar.....	117
4.5.5	Memasukkan Properties Tanah.....	118
4.5.6	Menggambar Beban Merata.....	119

4.5.7 Menggambar Perkuatan <i>Soil Nailing</i>	120
4.5.8 Menggambar <i>Entry and Exit</i> Bidang Longsor.....	120
4.5.9 <i>Solving The Problem</i>	121
4.5.10 Menyimpan Data.....	122
BAB V PENUTUP	123
5.1 Kesimpulan.....	123
5.2 Saran.....	124
DAFTAR PUSTAKA	xxiv



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Lereng Menurut Van Zuidam (1985)	14
Tabel 2.2	Klasifikasi Kemiringan Lereng Menurut SNI 03-1997-1995	15
Tabel 2.3	Ketentuan Agregat Kasar	17
Tabel 2.4	Ketentuan Agregat Halus	18
Tabel 2.5	Ketentuan-Ketentuan Aspal Keras	18
Tabel 2.6	Properti Baja Ulir	23
Tabel 2.7	Rangkuman Karakteristik Berbagai Jenis <i>Nail</i>	31
Tabel 2.8	Rangkuman Karakteristik Berbagai Lapis Permukaan	35
Tabel 2.9	Harga Perkiraan Modulus Reaksi Lateral Tanah (ks)	42
Tabel 2.10	Daya Dukung Soil Nailing pada tanah pasir	44
Tabel 2.11	Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi	45
Tabel 4.1	Pemeriksaan <i>Spesific Gravity</i>	63
Tabel 4.2	<i>Direct Shear Test</i>	64
Tabel 4.3	<i>Direct Shear Test</i>	65
Tabel 4.4	<i>Atterberg Limits (ATL)</i>	67
Tabel 4.5	Pengujian Hidrometer	68
Tabel 4.6	Analisa Saringan	70
Tabel 4.7	Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Vertikal	72
Tabel 4.8	Gaya – Gaya Horizontal dan Perhitungan Momen	75
Tabel 4.9	Gaya – Gaya Horizontal dan Perhitungan Momen	77
Tabel 4.10	Nilai – Nilai Faktor Daya Dukung Tanah	77
Tabel 4.11	Analisis Pada Lereng	80

Tabel 4.12	Perhitungan Manual Lereng.....	103
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Stabilitas <i>Internal</i>	107

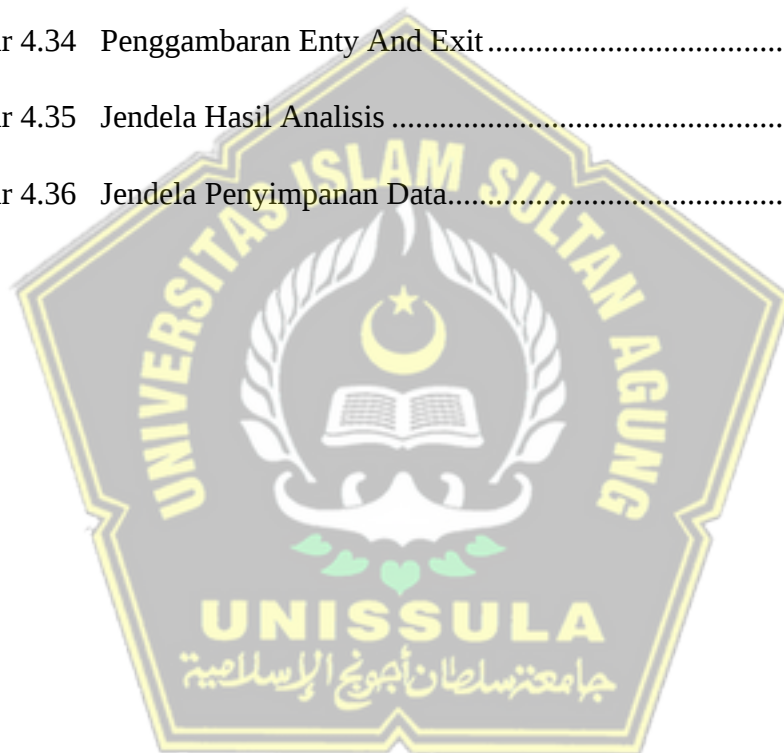


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Dinding Penahan Tanah Kantilever	5
Gambar 2.2	Komponen Perkerasan Lentur	16
Gambar 2.3	Distribusi Beban Kendaraan.....	19
Gambar 2.4	Distribusi Beban Dan Sumbu Kendaraan	20
Gambar 2.5	Perbedaan Metode Konvensional.....	21
Gambar 2.6	<i>Soil Nailing</i>	22
Gambar 2.7	Detail <i>Soil Nailing</i>	24
Gambar 2.8	<i>Grouted Nails</i>	27
Gambar 2.9	<i>Jet Grout Nails</i>	29
Gambar 2.10	<i>Solrenfor Nails</i>	30
Gambar 2.11	<i>Infra Color</i>	31
Gambar 2.12	Lapis Permukaan <i>Prefabricated Steel Panels</i>	35
Gambar 2.13	Drainase Menggunakan <i>Back Facing Drain</i>	37
Gambar 2.14	Drainase Menggunakan <i>Short Tubes</i>	38
Gambar 2.15	Analisis External Stability Dan Internal Stability	39
Gambar 2.16	Gaya Yang Bekerja Dalam Metode Baji (<i>Wedge Method</i>)	40
Gambar 2.17	Grafik Kolerasi Untuk Tanah Pasir	42
Gambar 2.18	Stabilitas Terhadap Pemggulingan Pada <i>Soil Nailing</i>	44
Gambar 2.19	Keruntuhan Putus Tulangan	46
Gambar 2.20	Keruntuhan Cabut Tulangan	47
Gambar 3.1	Bagan Alur Proses Perencanaan.....	55
Gambar 4.1	Grafik <i>Direct Shear</i>	65

Gambar 4.2	<i>Direct Shear</i>	66
Gambar 4.3	Grafik <i>Atterberg Limit</i>	68
Gambar 4.4	Alat <i>Cassagrande</i>	69
Gambar 4.5	Hidrometer	71
Gambar 4.6	<i>Grain Size Accumulation Curve</i>	73
Gambar 4.7	Dinding Penahan Tanah Existing.....	73
Gambar 4.8	Distribusi Beban Dinding Penahan Tanah	74
Gambar 4.9	Gaya-Gaya Yang Terjadi Pada DPT Batu Kali (<i>Eksisting</i>)	76
Gambar 4.10	Safety Factor DPT Kantilever Sebelum Perkuatan	99
Gambar 4.11	Safetyfactor DPT Kantilever Sesudah Perkuatan	99
Gambar 4.12	Perpindahan (Anak Panah) Sebelum Perkuatan Kantilever ...	100
Gambar 4.13	Perpindahan (Warna) Sebelum Perkuatan Kantilever	100
Gambar 4.14	Penampang Lereng Variasi	101
Gambar 4.15	Hasil Perhitungan <i>Geoslope</i> Tanpa Perkuatan	104
Gambar 4.16	Panjang Le Pada Lereng.....	106
Gambar 4.17	Hasil Analisis Kelongsoran Lereng dengan <i>Geoslope</i>	108
Gambar 4.18	Stabilitas Lereng Terhadap Penggeseran Pada <i>Soil Nailing</i> ...	109
Gambar 4.19	Pengaturan Geostudio	113
Gambar 4.20	Jendela Pengaturan Satuan	114
Gambar 4.21	Jendela Pengaturan <i>Grid</i>	114
Gambar 4.22	Jendela Penentuan <i>Project ID</i>	115
Gambar 4.23	Jendela Penentuan Bidang Longsor	116
Gambar 4.26	Jendela Pendefinisikan Parameter Tanah.....	117

Gambar 4.27	Jendela Penggambaran Tanah	117
Gambar 4.28	Jendela Penggambaran Tanah	118
Gambar 4.29	Jendela Penginputan Tanah.....	118
Gambar 4.30	Jendela Penginputan Beban Merata	119
Gambar 4.31	Jendela Penginputan Beban Merata	119
Gambar 4.32	Jendela Penggambaran Soil Nailing.....	120
Gambar 4.33	Jendela Penggambaran Enty And Exit.....	121
Gambar 4.34	Penggambaran Enty And Exit.....	121
Gambar 4.35	Jendela Hasil Analisis	122
Gambar 4.36	Jendela Penyimpanan Data.....	122



PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER MENGGUNAKAN METODE *SOIL NAILING* DI PERUMAHAN BSB CITY VICTORIA HILLS SEMARANG

Oleh :

Intan Mekar Bendhari Chantika¹⁾, Rananta Agustina¹⁾, Dr. Ir. H. Soedarsono,
M.Si²⁾, Dr. Abdul Rochim ST, MT²⁾

ABSTRAK

Di Indonesia perkuatan tanah sering dilakukan dengan tujuan untuk memperkuat tanah agar tidak longsor, maka dari itu sering dilakukan pembangunan Dinding Penahan Tanah yang berfungsi untuk menahan gaya – gaya yang terjadi pada tanah agar tidak longsor. Usaha untuk meningkatkan stabilitas lereng memiliki beberapa cara salah satunya yaitu, perkuatan lereng dengan *soil nailing*. *Soil nailing* merupakan metode perbaikan tanah asli dengan cara melakukan pemakuan batang – batang seperti cerucuk, bambu, baja, dan *mini pile*. Perencanaan ini menggunakan data analisis tanah yang bertujuan untuk mengetahui klasifikasi tanah dan menggunakan dua jenis perkuatan, yaitu Dinding Penahan Tanah Kantilever dan *Soil nailing*.

Analisis data tanah digunakan untuk perencanaan Dinding Penahan Tanah Kantilever dan *soil nailing* yang bertujuan untuk mendesain perkuatan di lapangan. Sampel tanah diambil dari perumahan *BSB City Victoria Hills* Semarang, kemudian diuji pada laboratorium mekanika tanah Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Perhitungan Dinding Penahan Tanah menghasilkan *safety factor* terhadap bahaya guling, geser dan daya dukung tanah yang akan dipakai. Dilakukan analisis stabilitas eksternal terhadap penggeseran dan kegagalan daya dukung tanah pada *soil nailing*.

Dari hasil perencanaan diperoleh nilai faktor keamanan dari DPT kantilever yaitu 0,65 pada perhitungan manual dan 1,2 pada perhitungan dengan menggunakan aplikasi *Plaxis*, angka ini menunjukkan analisis stabilitas pada DPT kantilever tidak aman. Analisis lereng memiliki nilai faktor keamanan sebesar 0,58 pada perhitungan manual dan 2,32 pada perhitungan dengan menggunakan aplikasi *Geostudio*. Dengan ditambahkannya perkuatan *soil nailing*, DPT memiliki kenaikan faktor keamanan.

Kata kunci : uji tanah, dinding penahan tanah, kantilever, *soil nailing*, *plaxis*, *geoslope*, metode baji (*wedge*)

¹⁾Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Unissula Angkatan 2017

²⁾Dosen Fakultas Teknik Sipil Unissula

PLANNING OF CANTILEVER TYPE OF SOIL RETAINING WALLS AND SLOPE REINFORCEMENT USING SOIL NAILING METHOD IN BSB CITY VICTORIA HILLS HOUSING SEMARANG

By :

Intan Mekar Bendhari Chantika¹⁾, Rananta Agustina¹⁾, Dr. Ir. H. Soedarsono,
M.Si²⁾, Dr. Abdul Rochim ST, MT²⁾

ABSTRACT

In Indonesia, soil reinforcement is often carried out with the aim of strengthening the soil so it does not slide, therefore the construction of retaining walls is often carried out which functions to withstand the forces that occur on the soil in order does not to slide. There's several ways to improve slope stability, one of which is strengthening the slopes with soil nailing. Soil nailing is a method of improving the original soil by nailing rods such as culms, bamboo, steel, and mini piles. This plan uses soil analysis data which aims to determine soil classification and uses two types of reinforcement, namely Cantilever Soil Retaining Walls and Soil Nailing.

Soil data analysis is used for planning Cantilever Retaining Walls and soil nailing which aims to design reinforcement in the field. Soil samples were taken from the BSB City Victoria Hills housing estate in Semarang, then tested in the soil mechanics laboratory at Sultan Agung Islamic University, Semarang. Calculation of retaining walls produces a safety factor against the dangers of overturning, shearing and the carrying capacity of the soil to be used. External stability analysis was carried out on shearing and failure of the soil bearing capacity on soil nailing.

From the planning results obtained the value of the safety factor of the cantilever DPT is 0.65 in manual calculations and 1.2 in calculations using the Plaxis application, this figure shows the stability analysis of the cantilever DPT is not safe. Slope analysis has a safety factor value of 0.58 in manual calculations and 2.32 in calculations using the Geostudio application. With the addition of soil nailing reinforcement, DPT has an increased safety factor.

Keywords: soil test, retaining wall, cantilever, soil nailing, plaxis, geoslope, wedge method

¹⁾Students of the Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Unissula Class of 2017

²⁾Lecturer of the Faculty of Civil Engineering Unissula

BAB I

PENDAHULAN

1.1 Latar belakang

Tanah merupakan bagian kerak bumi yang memiliki susunan dari mineral serta bahan organik. Tanah juga merupakan bagian yang tidak dipisahkan dalam dunia teknik sipil, karena semua bangunan sipil dibangun di atas tanah. Tanah memiliki karakteristik dan jenis yang berbeda-beda, dan tanah juga memiliki kekuatan yang berbeda dan beberapa membutuhkan perawatan secara fisik maupun kimiawi untuk memenuhi syarat didirikan bangunan sipil di atas tanah. Daerah-daerah di bumi ini memiliki kontur tanah yang tidak rata dan terjal, agar tanah tidak terjadi longsor karena sudut kemiringan yang terlalu tinggi maka perlu dilakukannya beberapa metode diantaranya membuat terasiring, menambah timbunan pada kaki lereng dan dipasang konstruksi penahan seperti dinding penahan tanah (DPT).

Dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug. Dinding penahan tanah pada pekerjaan ini termasuk dalam jenis dinding penahan tanah berupa struktur kaku *Rigid wall*, dengan kestabilan dinding diperoleh dari berat sendiri konstruksi tersebut (Ariyani, 2016).

Upaya perkuatan pada lereng dilakukan agar dapat mencegah terjadinya bencana longsor perlu dilakukan adanya upaya perkuatan pada lereng. Pada saat ini telah banyak alternatif perkuatan lereng, salah satunya yaitu dengan *soil nailing*. *Soil nailing* adalah merupakan metode perbaikan tanah asli (in-situ) dengan cara dilakukannya pemakuan batang-batang seperti cerucuk, baja, bambu dan *mini pile* (Lazarte, 2003).

Oleh karena itu pada penelitian ini bermaksud untuk meneliti tentang :
“Perencanaan Dinding Penahan Tanah dengan perkuatan *Soil Nailing*”

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka diambil rumussen masalah :

1. Bagaimana merencanakan desain perkuatan tanah menggunakan dinding penahan tanah jenis kantilever dan diberi perkuatan *Soil Nailing* pada aplikasi *Plaxis* dan *Geoslope*.
2. Bagaimana nilai faktor keamanan (SF) dalam perkuatan *Soil Nailing* dengan menggunakan program *Plaxis* dan *Geoslope*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Analisis data tanah di perumahan *BSB City Cluster Victoria Hills*
2. Mendesain dinding penahan tanah menggunakan jenis kantilever
3. Mendesain jenis perkuatan tanah menggunakan kantilever dan *Soil Nailing* dengan program *Plaxis* dan *Geoslope*.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi permasalahan penelitian ini lebih terarah dan tidak perlu meluas maka perlu pembatasan masalah. Batasan- Batasan masalah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data tanah yang digunakan adalah data tanah di Kawasan *BSB City*.
2. Perancangan ini dilakukan pada DPT yang terletak kawasan perumahan *BSB City Cluster Victoria Hills*.
3. Pengaruh muka air tidak ikut diperhitungkan.
4. Memakai program *Plaxis* dan *Geoslope*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk :

1. Menambah pengetahuan tentang lereng dengan menggunakan perkuatan *Soil Nailing* dan dinding kantilever.
2. Mampu membuat perancangan perkuatan tanah dengan baik.
3. Mengenal dan dapat mengeoperasikan program *Plaxis* dan *Geoslope*.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, serta sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang pengertian dinding penahan tanah secara umum, macam dinding penahan tanah, kelebihan dan kekurangan dinding penahan tanah jenis Kantilever.

BAB III : METODOLOGI PENULISAN

Menguraikan tentang pengumpulan data serta analisis perhitungan data.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menguraikan tentang pengolahan data, pemodelan menggunakan program plaxis, perhitungan *Soil Nailing*.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini, berisi kesimpulan dari hasil analisis dan saran yang disampaikan mengenai analisis ini.



BAB 2

LANDASAN TEORI

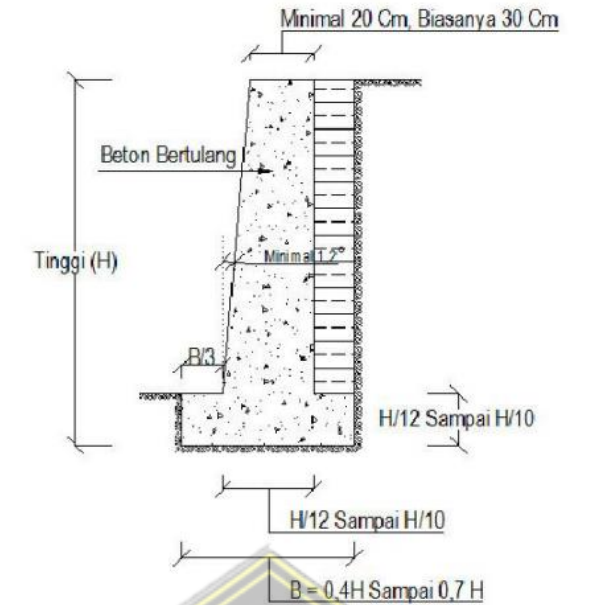
2.1 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah (*Retaining Wall*) merupakan suatu istilah dalam bidang teknik sipil yang artinya dinding penahan. Menurut Sudarmanto (1996) konstruksi beton 2 dinyatakan bahwa, Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemampuannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri.

Konstruksi dinding penahan tanah memiliki peranan yang sangat penting pada lereng, diantaranya yaitu : menahan tekanan lateral tanah aktif yang berpotensi longsor, menahan tekanan lateral air yang berpotensi tanah runtuh akibat tekanan air yang besar, dan mencegah rembesan aliran air akibat elevasi yang cukup tinggi pada lereng. Suatu lereng yang diatasnya akan diberi struktur perlu diperkuat menggunakan dinding penahan tanah (*Retaining Wall*).

2.1.1 Dinding Penahan Tanah Kantilever

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak (hell). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantiliver, yaitu bagian dinding vertikal (steem), tumit tapak dan ujung kaki tapak (toe) (Tanjung, 2016).



Gambar 2.1 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever
(Hardiyatmo, 2014)

2.1.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Banyak faktor yang dapat memengaruhi kestabilan dinding penahan tanah, beberapa penyebabnya adalah tekanan tanah lateral, tekanan tanah lateral dapat berakibat pada kestabilan berupa stabilitas guling dan geser, hal lain yang dapat mempengaruhi kestabilan adalah bentuk dan berat dari konstruksi dinding penahan tanah tersebut. Maka dari itu diperlukan perhitungan yang matang untuk menghitung kestabilan dinding penahan tanah. Beberapa diantaranya adalah kestabilan guling, kestabilan geser dan daya dukung tanah (Ramdhani, 2010).

Faktor-faktor tersebut dikatakan baik dan aman apabila mampu memenuhi nilai *safety factor* (SF).

2.1.3 Stabilitas Guling

Stabilitas guling merupakan stabilitas yang ditinjau atas dasar kondisi tanah yang mengalami guling karena diakibatkan oleh tekanan tanah aktif, tekanan tanah aktif yang berada dibagian belakang dinding menghasilkan momen yang menyebabkan

terjadinya guling dengan pusat penggulingan berada dibagian bawah pondasi (Hardiyatmo, 2002).

Untuk dapat dinyatakan aman dari stabilitas guling ini maka nilai harus memenuhi 1,5 (tanah granular) dan $\geq 2,0$ (tanah kohesif).

Dengan rumus :

$$Fgl = \frac{Mb}{Mo} > 1,5 \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Fgl = Faktor keselamatan penggulingan

Mb = Momen terhadap berat sendiri (kNm)

Mo = Momen terhadap tekanan tanah aktif (kNm)

2.1.4 Stabilitas Geser

Stabilitas terhadap geser adalah gaya geser yang diakibatkan oleh tekanan yang bersifat mendorong dinding penahan tanah tersebut, gaya-gaya tersebut diimbangi dengan gaya menahan akibat tekanan tanah pasif yang berada pada dinding bagian depan dan dasar tanah yang berada dibawah pondasi. Untuk dapat dinyatakan aman dari stabilitas guling ini maka nilai harus memenuhi 1,5 (tanah granular) dan $\geq 2,0$ (tanah kohesif). Dengan rumus :

$$Fgs = \frac{Vb}{Vo} > 1,5 \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Fgs = Faktor keselamatan penggeseran

Vb = Gaya vertikal (kN)

Vo = Gaya horizontal (kN)

2.1.5 Kapasitas Daya Dukung Tanah

Kapasitas daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk mendukung dan menopang struktur yang ada diatasnya (Hakim dan Zaika, 2015).

Kapasitas daya dukung tanah digunakan untuk menghitung kestabilan dinding penahan tanah, beberapa metode perhitungan daya dukung *ultimit* (q_u) menurut Terzaghi dan Hansen. Teori Terzaghi berlaku untuk pondasi dengan pembebanan vertikal dan

sentris, sedangkan Hansen digunakan untuk menghitung beban yang eksentris dan miring.

- Terzaghi

$$q_u = c N_c + D_f \gamma N_q + 0,5 B \gamma N_\gamma \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- c = kohesi tanah (kN/m^2)
- D_f = kedalaman pondasi (m)
- γ = berat *volume* tanah (kN/m^3)
- B = lebar kaki dinding penahan (m)
- N_c, N_q, N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi

- Hansen

$$q_u = q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D_f \gamma N_q + d_\gamma i_\gamma 0,5 B \gamma N_\gamma \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- d_c, d_q, d_γ = faktor kedalaman
- i_c, i_q, i_γ = faktor kemiringan beban
- B = lebar kaki dinding penahan (m)
- e = eksentrisitas beban (m)
- γ = berat *volume* tanah (kN/m^3)
- N_c, N_q, N_γ = faktor-faktor kapasitas dukung Hansen dan Vesic

Faktor keamanan yang harus dipenuhi dalam perhitungan kapasitas daya dukung tanah dapat ditentukan melalui rumus berikut :

$$SF = \frac{q_u}{q'} > 3 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- q = tekanan akibat beban struktur (kN/m^2)
- q_u = tekanan tanah ultimit (kN/m^2)

2.2 Definisi Tanah

Tanah dalam pandangan teknik sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapam-endapan yang relative lepas yang terletak diatas batuan dasar (Hardiyatmo, 2006).

Tanah memiliki peranan yang sangat penting dalam bidang konstruksi, karena tanah merupakan dasar dalam pengerjaan konstruksi.

Sebelum melakukan pengerjaan konstruksi harus diidentifikasi terlebih dahulu tipe tanah apa yang berada dilapangan, sehingga dapat dipastikan akan.

2.2.1 Jenis Tanah

Tanah mempunyai beberapa jenis dan memiliki karakteristik masing-masing, diantaranya yaitu :

- a. Pasir (*sand*)
- b. Lanau (*silt*)
- c. Batuan (*gravel*)
- d. Tanah lempung (*clay*)

2.2.2 Tegangan Efektif Tanah

Tegangan efektif tanah merupakan tegangan dalam tanah yang dipengaruhi oleh gaya – gaya dari air yang terdapat di dalam tanah. Pertama kali diperkenalkan oleh Terzaghi (1923), berdasarkan hasil percobaan. Diaplikasikan pada tanah yang jenuh air dan berhubungan dengan dua tegangan :

- a. Tegangan normal total (σ)
- b. Tegangan air pori (u)

Tegangan efektif terzaghi :

$$\sigma = \sigma' + u \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana :

- σ = tegangan normal total pada suatu massa tanah (tegangan akibat berat tanah total termasuk ruang pori, persatuan luas yang arahnya tegak lurus)
- u = tekanan pori (u), dikenal dengan tekanan netral yang bekerja ke segala arah sama besar.
- σ' = tegangan normal efektif, yaitu tegangan yang dihasilkan dari beban butiran tanah efektif per satuan bidang luas.

2.2.3 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah tekanan yang terjadi akibat dorongan tanah kearah struktur penahan tanah, besarnya gaya lateral dipengaruhi oleh jenis tanah, beban sendiri tanah dan letak dari dinding penahan tanah. Besarnya tekanan tanah lateral dapat mempengaruhi tahanan gesek (Jamin, 2005).

2.2.4 Tekanan Tanah Aktif

Tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan tanah yang bergerak menjauhi tanah dibelakangnya yang menyebabkan kondisi tanah yang ada di belakang dinding menekan kearah dinding penahan (Hatwan, 2018).

Akibatnya tanah akan bergerak longsor kearah dinding penahan dan bersifat menekan dinding penahan tanah tersebut. Dinyatakan dengan persamaan

$$P_a = K_a \times \gamma \times H \dots\dots\dots (2.7)$$

P_a = Tekanan tanah aktif

K_a = Koefisien tekanan tanah aktif

γ = Berat isi tanah (kN/m^3)

H = Tinggi (m)

2.2.5 Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif adalah keadaan dimana dinding penahan mendorong menuju ketanah dibelakangnya sehingga tanah harus menahan dinding penahan. Dinyatakan dengan persamaan :

$$P_p = K_p \times \gamma \times H \dots\dots\dots (2.8)$$

P_p = Tekanan tanah pasif

K_p = Koefisien tekanan tanah pasif

γ = Berat isi tanah (kN/m^3)

H = Tinggi (m)

2.3 Uji Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah merupakan hal wajib dilakukan ketika akan melakukan pekerjaan konstruksi berskala besar, namun dalam kasus ini digunakan untuk perhitungan desain dinding penahan tanah. Penyelidikan tanah sendiri merupakan pekerjaan/kegiatan untuk mengetahui karakteristik maupun daya dukung tanah beserta kondisi geologinya.

2.3.1 Berat Jenis Butiran/*Spesific Gravity* (GS)

Berat jenis butir (*spesific gravity*) adalah perbandingan antara berat butiran tanah dengan berat air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu. Percobaan ini dimaksudkan untuk mendapatkan harga berat jenis butir (GS) sampel tanah booring. *Spesific gravity* dapat dicari dengan rumus :

$$G_s = \frac{c-a}{H_p-(d-c)t_2} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

- c = sampel
- d = aquadest
- a = berat pickno
- H_p = harga air picknometer

2.3.2 Direct Shear

Tanah/sampel yang dapat digunakan (dicoba) dengan alat ini yaitu untuk tanah yang tidak terlalu padat, jadi untuk tanah lembek dan tanah yang mengandung lempung. Percobaan ini bertujuan untuk mencari besarnya kekuatan geser tanah secara langsung.

Cara perhitungan σ_n dan σ_s :

1. Tegangan Normal (σ_n)

Tegangan normal adalah perbandingan antara beban normal (P) dengan luas penampang sampel (F)

$$\sigma_n = \frac{P}{F} \dots\dots\dots (2.10)$$

2. Tegangan Geser (σ_s)

Didapatkan dengan cara menunjuk dial dikalikan dengan angka kalibrasinya, kemudian dibagi dengan luas penampang sampel (F).

$$\sigma_s = \frac{\text{Gaya Geser}}{F} \dots\dots\dots(2.11)$$

Cara perhitungan dan penggambaran τ dan ϕ :

1. Angka-angka tegangan geser (τ_s) sebagai sumbu ordinat
2. Angka-angka tegangan normal (τ_n) sebagai sumbu absis
3. Dari titik-titik tersebut, ditarik garis lurus yang akan memotong sumbu ordinat
4. Untuk mencari harga kohesi (c) diukur jarak untuk titik potong garis lurus atau grafik terhadap sumbu ordinat ke titik pusat. Dalam pengukuran ini, hasilnya dikalikan dengan skala yang digunakan
5. Sedangkan untuk mencari sudut geser dalam (ϕ) tanah adalah dengan mengukur sudut potong dari garis horizontal terhadap garis grafik.

2.3.3 Atterberg Limits

Batas Cair (*Liquid Limits*) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Percobaan ini dilakukan dengan maksud untuk menentukan batas cair dari sampel tanah bor. Berikut rumus analisa hasil percobaan :

$$W = \frac{b - c}{c - a} \times 100\% \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

- w = Kadar air (%)
- a = Berat cawan kosong (gr)
- b = Berat cawan + tanah basah (gr)
- c = Berat cawan + tanah kering (gr)

2.3.4 Analisis Hidrometer

Percobaan ini dilakukan dengan maksud untuk menentukan pembagian ukuran butir dari tanah yang lewat saringan no. 200, dengan alat hidrometer.

Perhitungan :

$$N = \frac{\text{Selisih pembacaan}}{\text{Jumlah selisih pembacaan}} \times KL \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

N = prosentase butiran

KL = kadar lumpur (berat lumpur).

$$\text{Diameter (D)} = (106.10^{-7}.z/t)^{1/2}$$

Dimana:

t = waktu dalam detik

$$z = 24 - \alpha.(0,2)$$

α = banyaknya strip setiap pembacaan

2.3.5 Analisa Saringan (*Grain Size*)

Percobaan ini dilakukan dengan maksud untuk menentukan gradasi dari sampel tanah bor dengan kedalaman tertentu. Berikut merupakan perhitungan dan cara penggambaran grafik :

1. Berat sampel semula = A gram.
Berat sampel setelah dicuci = B gram.

Berat lumpur = berat sampel yang lolos dari saringan no. 200 = A – B gr.
2. Jumlah berat tanah yang tertinggal dalam saringan Ø 4,75 mm s/d Ø 0,075 mm = C gram.
Jadi kehilangan berat = (B – C) gram.

$$3. \quad \text{Kadar lumpur} = \frac{(A - B) + \alpha}{A} \times 100 \%$$

Dengan α : berat tanah yang tertinggal dalam alas saringan

$$4. \quad \text{Prosentase tanah yang tertinggal} = \frac{\text{Berat Tanah Yang Tertinggal}}{A} \times 100 \%$$

$$5. \quad \text{Komulatif persen tanah yang tertinggal} = \text{Jumlah} + \text{Prosentase tanah diatasnya}$$

$$6. \quad \text{Persentasi Finer} = (100 \% - \text{Komulatif Persen})$$

7. Grafik dapat digambarkan pada tabel, dengan $\emptyset$ saringan sebagai absis dan persentasi finer sebagai ordinat.

2.4 Lereng

Lereng merupakan permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horisontal. Lereng dapat terbentuk secara alamiah karena proses geologi, contohnya lereng yang membentuk bukit atau lereng-lereng yang terdapat di tebing sungai. Lereng juga dapat terbentuk karena buatan manusia antara lain ; lereng galian dan lereng timbunan yang diperlukan untuk membangun sebuah konstruksi.

Bentuk lereng merupakan wujud visual lereng. Kemiringan lereng biasanya terdiri dari bagian puncak (*crest*), cembung (*convex*), cekung (*concave*), dan kaki lereng (*lower slope*). Daerah puncak merupakan daerah gerusan erosi yang paling tinggi dibanding daerah bawahnya, demikian pula lereng tengah yang kadang cekung atau cembung mendapat gerusan aliran permukaan relief lebih besar dari puncakna sendiri, sedangkan kaki lereng merupakan daerah endapan (Sahara, 2014).

Pada studi kasus ini konstruksi yang berada diatas lereng yaitu konstruksi jalan. Hasil lereng yang terbentuk merupakan lereng buatan akibat galian dan timbunan guna membangun konstruksi jalan diatasnya.

2.4.1 Sudut/Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan keadaan dimana ukuran kemiringan lahan terhadap bidang datar. Disebabkan oleh tenaga dari dalam bumi (endogen) dan tenaga dari luar bumi (eksogen) sehingga terdapat perbedaan titik ketinggian di bumi, dan dapat dinyatakan dalam satuan persen atau derajat. Menurut (Van Zuidam, 1985) klasifikasi lereng berdasarkan ciri dan kondisi lapangan adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Lereng Menurut (Van Zuidam, 1985)

Kelas lereng (%)	Ciri dan kondisi lapangan	Warna yang disarankan
0-2	Datar (<i>flat</i>) atau hampir datar. Proses denudasional tidak cukup besar dan pengikisan permukaan tidak intensif dibawah kondisi kering.	Hijau gelap
2-7	Sedikit miring (<i>gently sloope</i>) proses pergerakan massa berkecepatan rendah dari berbagai proses periglacial, slifluction dan fluvia.	Hijau cerah
7-15	Miring (<i>slooping</i>) memiliki kondisi yang hampir sama dengan <i>gently soft</i> , namun lebih mudah mengalami pengikisan permukaan, dengan erosi permukaan yang intensif	Kuning cerah
15-30	Agak curam (<i>moderately steep</i>) semua jenis pergerakan terjadi terutama periglacial solifluction, rayapan, pengikisan dan ada kalanya <i>landslide</i> .	Kuning oranye
30-70	Curam (<i>steep</i>) proses denudasional dari semua jenis terjadi secara intensif (erosi, rayapa, pergerakan lereng)	Merah cerah
70-140	Sangat curam (<i>very steep</i>) proses denudasional terjadi secara intensif	Merah gelap
>140	Curam ekstrem (<i>extreml steep</i>) proses denudasional sangat kuat, terutama <i>wall denudational</i>	Ungu gelap

2.5 Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

Suatu lereng dikatakan stabil jika lereng tersebut tidak mengalami pergerakan dan tidak berpotensi mengalami pergerakan, yaitu apabila besarnya komponen gaya penahan pada lereng lebih besar dibanding komponen gaya penggerak lereng.

Klasifikasi kemiringan lereng menurut SNI-03-1997-1995 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Klasifikasi kemiringan lereng menurut SNI 03-1997-1995

Sudut kemiringan lereng (°)	Kondisi menurut SNI 03-1997-1995
45	Sedang
60	Curam
90	Curam

Ada pula pendapat dari Christoper, dkk, (1990), mengklasifikasikan :

1. Struktur timbunan dengan kemiringan lereng $< 70^\circ$ yang lerengnya diperkuat, disebut lereng tanah bertulang (*reinforced Soil Slope, RSS*).
2. Struktur timbunan dengan kemiringan lereng $> 70^\circ$ yang lerengnya diperkuat, disebut struktur dinding tanah distabilisasi secara mekanis (*Mechanically Stabilized Earth Wall, MSE-wall*).

Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan dalam menganalisis stabilitas lereng menjadi tidak mudah, diantaranya : kondisi tanah yang berlapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah, dan lain sebagainya. Oleh sebab itu diperlukan ketelitian dalam melakukan perhitungan. Untuk mencari nilai faktor keamanan (SF) lereng tanpa perkuatan pada analisis ini dihitung menggunakan metode bishop, sebagai berikut :

SF = Faktor aman

C = Kohesi tanah (kN/m^2)

ϕ = Sudut gesek dalam tanah (°)

α = Sudut irisan dengan bidang longsor (°)

W = Berat irisan tanah ke-n + q (kN/m)

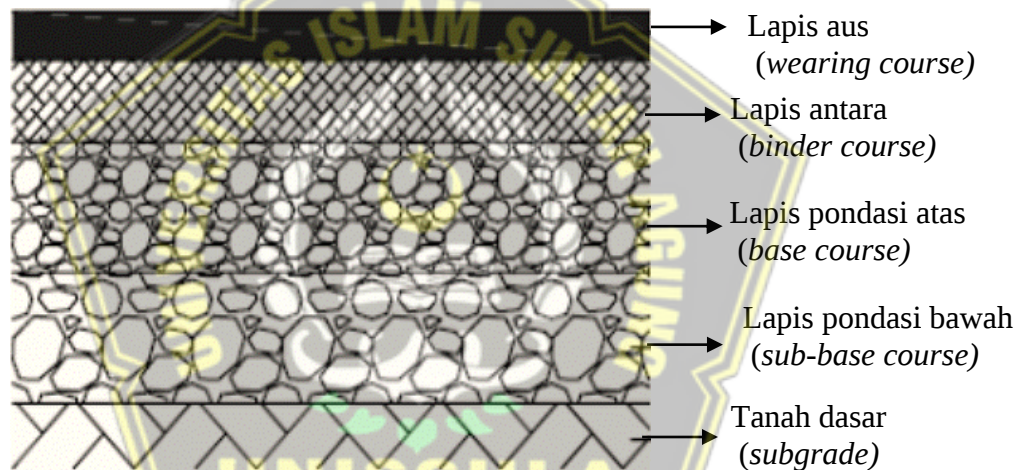
Q = Beban merata (kN/m²)

Δx = Panjang irisan ke-*n* (m)

F = Faktor aman rencana

2.6 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) umumnya terdiri dari tiga lapisan, diantaranya ; lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi (*base course*), dan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Lapis permukaan aspal berada diatas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah granuler yang dihindarkan diatas tanah dasar. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya.



Gambar 2.2 Komponen Perkerasan Lentur

Material yang akan digunakan dalam perkerasan lentur jalan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal, dan dapat ditambahkan bahan tambah lainnya sesuai dengan jenis campuran aspal yang digunakan. Berdasarkan ketentuan Binamarga (2010) dapat dilihat pada tabel 2.3 dan tabel 2.4 ketentuan untuk agregat kasar dan agregat halus.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Standart	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks. 12%
		Magnesium sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angles	Campuran AC	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
	Modifikasi	500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis	100 putaran		Maks. 8%
	campuran aspal bergradasi lainnya	500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir pecah pada agregat kasar			SNI 7619:2012	95/90 ^{*)}
Partikel pipih pada agregat kasar			ASTM D4179 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200			SNI 09-4142-1996	Maks. 2%
Catatan :				
*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih				

(Sumber : Bina Marga, 2010)

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standart	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C11 : 2012	Maks. 10%

Sumber : Bina Marga (2010)

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam yang dibedakan atas aspal gunung (*rock asphalt*) dan aspal danau (*lake asphalt*) seperti aspal dari bermuda trinidad. (Sukirman,1993)

Aspal buatan yang terdiri dari aspal minyak yang merupakan hasil penyulingan minyak bumi dan tar yang merupakan hasil penyulingan batu bara. Berikut merupakan ketentuan dari aspal keras :

Tabel 2.5 Ketentuan-Ketentuan Aspal Keras

No	Jenis pengujian	Metoda pengujian	Aspal pen 60-70
1.	Penetrasi pada 25° C (0,1mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2.	Viskositas dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240
3.	Viskositas kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6461-2000	≥ 300
4.	Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI2432:2011	≥ 100
6.	Titik nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
7.	Kelarutan dalam trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
8.	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0

(Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2010)

2.7 Pembebanan Pada Lereng

Gaya yang ditimbulkan oleh adanya struktur jalan raya di atas konstruksi lereng harus mampu ditahan oleh lereng tersebut. Gaya tersebut yaitu gaya vertikal yang disebabkan oleh beban perkerasan dan beban kendaraan. Gaya-gaya yang berasal dari kendaraan nantinya akan diteruskan pada perkerasan sebagai tekanan vertikal. Tekanan vertikal dapat ditentukan dengan menggunakan penyebaran tekanan (2H:IV atau $\alpha = \pm 26^\circ$). (Giroud dan Noiray 1981).

Tekanan ban (P') pada kedalaman (h) dari permukaan dapat diperoleh dengan rumus :

$$p' = \frac{P}{2(B+2H \operatorname{tg} \alpha)(L+2h \operatorname{tg} \alpha)} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

P' = tekanan ban pada kedalaman h (kN/m^2)

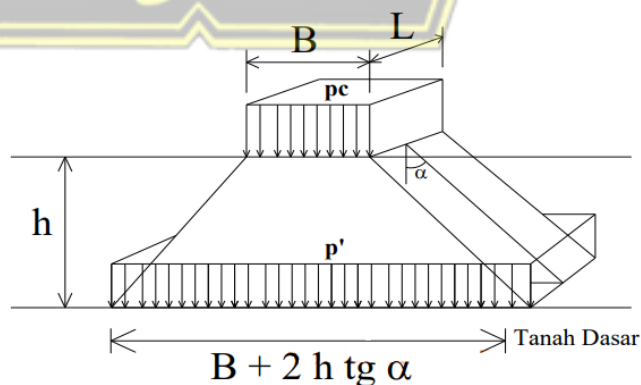
P = beban gandar (kN)

H = tebal perkerasan (m)

α = sudut penyebaran beban terhadap vertikal ($^\circ$)

L = panjang bidang kontak (m)

B = lebar bidang kontak (m)



Gambar 2.3 Distribusi Beban Kendaraan
(Giroud dan Noiray, 1981)

Beban gandar (P) disebarkan mengikuti penyebaran tekanan yang bersudut α terhadap vertikal. Bidang kontak ekivalen tekanan ban di atas permukaan jalan adalah $B \times L$.

Ukuran kendaraan berat dengan roda lebar dan ganda :

$$B = \sqrt{\frac{P\sqrt{2}}{P_c}}, \text{ dengan } L = 0,5 B$$

Giroud dan Noiray (1981) menyatakan besarnya tekanan ban (P_c) untuk kendaraan proyek sebesar 620 kPa.

Konfigurasi beban standart setiap kendaraan diambil berdasarkan beban standart. Untuk konfigurasi beban sumbu dan beban kendaraan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4.

Konfigurasi Sumbu & Tipe	Berat Kosong (Ton)	Beban Muatan Maksimum (Ton)	Berat Total Maksimum (Ton)	Diagram Distribusi Beban
1.1 Mobil Penumpang	1,5	0,5	2	
1.2 Bus	3	6	9	
1.2.1 Truk	2,3	6	8,3	
1.2.1.1 Truk	4,2	14	18,2	
1.2.2 Truk	5	20	25	
1.2+2.2 Trailer	6,4	25	31,4	
1.2+2 Trailer	6,2	20	26,2	
1.2+2.2 Trailer	10	32	42	
1.2+2.2.2 Trailer	11	34	45	

Gambar 2.4 Distribusi Beban dan Sumbu Kendaraan

Sumber : Bina Marga (1983) dan Pemenuh No 14 (2007)

2.8 Soil Nailing

Soil nailing merupakan jenis perkuatan pasif pada tanah dengan menancapkan potongan – potongan baja (*nails*) yang kemudian di-grout. *Soil nailing* digunakan secara khusus untuk menstabilisasi lereng atau galian yang lebih menguntungkan dibandingkan sistem dinding penahan tanah yang lain. Pada beberapa kondisi, *soil nailing* memberikan alternatif yang

bisa dilakukan dilihat dari sisi kemungkinan pelaksanaan, biaya pembuatan, dan lamanya waktu pengerjaan jika dibandingkan dengan sistem perkuatan lereng yang lain (Lazarte, 2003).

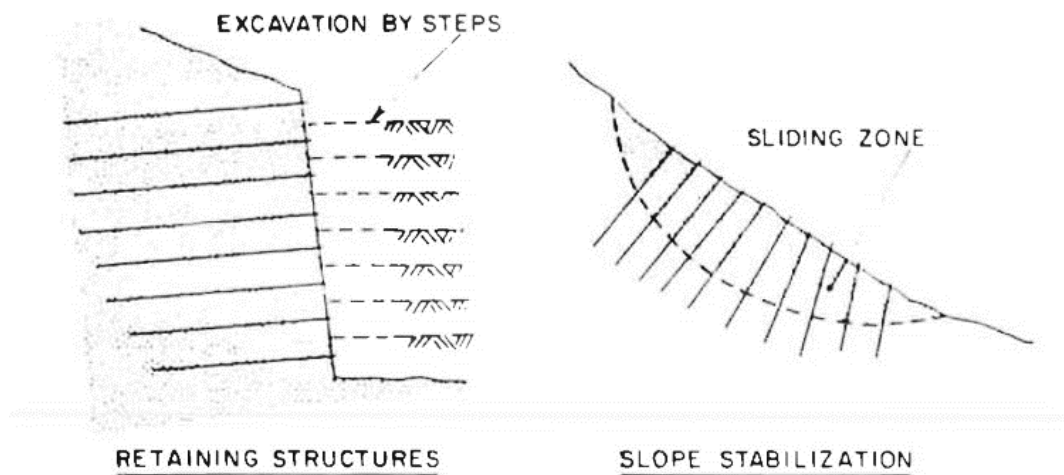
Metode *soil nailing* berasal dari suatu pengembangan antara *shotcrete* dan *rockbolting* digunakan sebagai sistem penunjang pada galian terowongan oleh New Austrian Tunneling Methode (NATM). Pada umumnya metode ini dapat disebut struktur *reinforced earth*, perbedaan utama dari keduanya yaitu untuk *soil nailing* digunakan pada pekerjaan galian (*excavation*) sedangkan pada *reinforced earth* digunakan pada pekerjaan penanggulan “*embankment*”.



Gambar 2.5 Perbedaan Metode Konvensional Dengan Metode “*Soil Nailing*” pada Pekerjaan Galian Terowongan Di Austria
(Sumber: Juran, 1990)

Pada dasarnya aplikasi metode *soil nailing* merupakan perkuatan lereng dan struktur perkuatan dinding galian (Gambar 2.5). Perbedaan dari keduanya yaitu :

1. Pada *soil nailing* sebagai perkuatan lereng penempatan inklusinya mendekati tegak lurus terhadap bidang kelongsoran, gaya yang bekerja dominan yaitu tegangan geser dan kekakuan dari inklusi tersebut.
2. Pada *soil nailing* sebagai struktur perkuatan dinding galian, penempatan inklusinya cenderung kearah horizontal dan gaya yang bekerja dominan yaitu kuat tarik (*pull out*).



Gambar 2.6 *Soil Nailing* (A) Sebagai Struktur Dinding Penahan Tanah dan (B) Sebagai Perkuatan Lereng
(Juran, 1990)

Nilai ekonomis dan efektif pada metode ini didasarkan pada pelaksanaan yang fleksibel serta komponen utama yang mudah diperoleh. Karenanya sangat diperlukan pengetahuan tentang teknologi pemasangan dan pengetahuan tentang material komponen itu sendiri.

Batang baja (*Nails Bars*), besarnya nilai kuat Tarik yang dianjurkan oleh *Federal highway Administration* (FHWA) adalah sebesar 420 MPa - 520 MPa dengan diameter bervariasi yaitu 19 mm, 22 mm, 25 mm, 29 mm, 32 mm, 36 mm, dan 43mm tergantung kebutuhan (Lazarte, 2003).

Menurut standar ASTM A615 baja yang umum digunakan pada *soil nailing* adalah baja ulir dengan daya dukung Tarik 420 MPa (60ksi atau *grade 60*) atau 520 MPa (75ksi atau *grade 75*). Ukuran diameternya yang tersedia adalah 19,22,25,29,32,36, dan 43 mm, serta ukuran panjang mencapai 18m (Tabel 2.6)

Tabel 2.6 Properti Baja Ulir (ASTM A615, $F_y=420$ dan 525 MPa (60 dan 75 ksi)

Diameter		Luas Penampang		Berat Jenis		Kuat Leleh		Kapasitas Beban Aksial	
inggris	Mm	Inch ²	mm ²	Lbs/ft	Kg/m	Ksi	MPa	Kips	kN
#6	19	0,44	284	0,86	21,8	60	414	26,4	118
						75	517	33,0	118
#7	22	0,66	387	0,99	25,1	60	414	36,0	160
						75	517	45,0	200
#8	25	0,79	510	1,12	28,4	60	414	47,4	211
						75	517	59,3	264
#9	29	1,00	645	1,26	32,0	60	414	60,0	267
						75	517	75,0	334
#10	32	1,27	819	1,43	36,3	60	414	76,2	339
						75	517	95,3	424
#11	36	1,56	1006	1,61	40,9	60	414	93,6	417
						75	517	117,0	520
#14	43	2,25	1452	1,86	47,2	60	414	135,0	601
						75	517	168,8	751

(Sumber : Byrne et al, 1998)

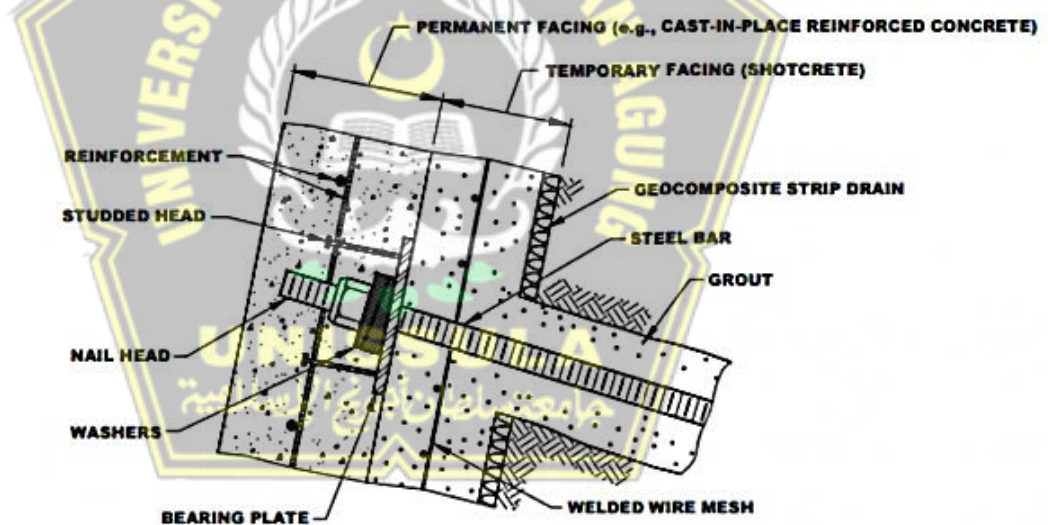
Mengacu pada struktur ASTM baja yang umum digunakan pada *soil nailing* adalah baja ulir dengan daya dukung Tarik 420 MPa, pada penelitian ini dipakai baja ulir diameter 32 mm, dengan f_y 520 MPa dan kapasitas beban aksial 339 kN.

2.8.1 Elemen - Elemen Soil Nailing

Elemen struktur adalah bagian struktur yang langsung berhubungan dengan beban yang ditahan, dimana struktur berupa inklusi. Sedangkan bagian elemen non-struktur atau bagian pelengkap yaitu berupa *facing* , drainase dan pengunci.

Inklusi yang umum digunakan yaitu berupa baja tulangan atau jenis baja lainnya yang dapat menahan gaya tarik, geser dan momen lentur. Inklusi tersebut ditempatkan dalam lubang-lubang bor dan diisi adukan beton cair (*grouting*) sepanjang total panjang lubang, atau dipancang kedalam tanah. Pemancangan inklusi tersebut diberi jarak yang sama rata antar spasi horizontal dan spasi vertikalnya. *Facing* sebagai elemen non-struktur memiliki fungsi menjamin kestabilan lokal tanah antar lapis perkuatan dan mencegah erosi permukaan tanah dan pengaruh cuaca. Inklusi dan *facing* harus segera dikerjakan setelah penggalian tiap lapis telah selesai hal ini bertujuan agar mengatasi dekompresi tanah juga mencegah perubahan karaktersitik mekanik tanah tersebut.

Soil nailing seringkali digunakan untuk *temporary retaining wall* bertujuan untuk keawetan inklusi baja dalam tanah dan



Gambar 2.7 Detail Soil Nailing

(Sumber : Geoengineer.org/news/new)

2.8.2 Inklusi (*Nail*)

Inklusi memiliki berbagai jenis karakteristik yang berbeda dan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1) *Driven nail*

Inklusi jenis ini tanpa tanah dibor lebih dulu langsung dipancangkan kedalam tanah. Alat yang digunakan yaitu *vibropercussion pneumatic* dan *hydraulic hammer*. Pemancangan dengan *vibropercussion pneumatic* memanfaatkan detaran yang dihasilkan mesin memudahkan *nail* terpancang ke dalam tanah akibat bergetarnya struktur tanah. Alat ini memiliki kelebihan yaitu tidak menimbulkan polusi suara maupun getaran, karena getaran yang dihasilkan sangat lembut sehingga tidak mengganggu bangunan disekitarnya. Dibandingkan dengan *hydraulic hammer* pada dasarnya *nail* dipukul ke dalam tanah dengan hammer yang bergerak dengan tenaga hidrolik.

Inklusi yang digunakan biasanya baja mutu sedang dengan kuat leleh 350 Mpa dipasang dengan jarak rapat (2-4 *nail* per- m^2) dan dapat berupa :

- a) Pipa baja ataupun baja tulangan ulir diameter (15-46 mm)
- b) Baja profil siku ukuran 5x50x50 dan 6x60x60 mm

Inklusi seperti ini cocok digunakan pada kondisi tanah granular sebab dengan metode *driven nails* berarti tanah ini menjadi lebih padat sehingga dapat mengikat sepanjang inklusi dan cukup meningkatkan kuat geser tanah pada areal yang diperkuat. Keuntungan menggunakan *driven nails* yaitu teknik pemasangan yang cepat dan ekonomis mencapai 4-6 *nail* per-jam. Sedangkan kekurangannya yaitu panjang inklusi terbatas pada panjang baja yang tersedia dipasaran yang umumnya 12 meter dan ketukan yang dilakukan terhadap inklusi dapat menghilangkan lapisan proteksi dan mengurangi batas waktu korosi.

Driven nail memiliki sifat yang mirip dengan tiang pancang, yaitu pertahanan sepanjang inklusi baja dilakukan oleh gesekan atau lekatan tanah dengan baja. Untuk tanah dengan nilai sudut gesek dalam tinggi (seperti jenis tanah pasir) maka beban akan ditahan oleh gesekan antar *nail* dengan tanah disekelilingnya (sifat *friction pile*). Apabila kondisi tanah yang nilai kohesinya tinggi, beban akan ditahan oleh pelekatan antara tanah dengan *nail* (sifat *adhesive pile*). Dengan sifat-sifat tersebut, maka penggunaan baja tulangan ulir akan lebih efektif dibanding baja dengan tulangan polos dikarenakan pertahanan gesekan atau lekatan akan lebih luas pada baja dengan tulangan ulir, selain itu daerah antar tulangan ulir akan memberikan tahanan pasif cukup tinggi.

Hal lain yang perlu diperhatikan yaitu adanya bahaya tekuk (*buckling*) pada pemancangan *nail* khususnya pada penampang baja yang kecil, jika jarak antara alat pemancangan dengan muka dinding galian terlalu jauh. Apabila dibiarkan dan pada suatu batas tertentu maka baja dapat patah akibat tekuk yang terjadi.

2) *Grouted nails*

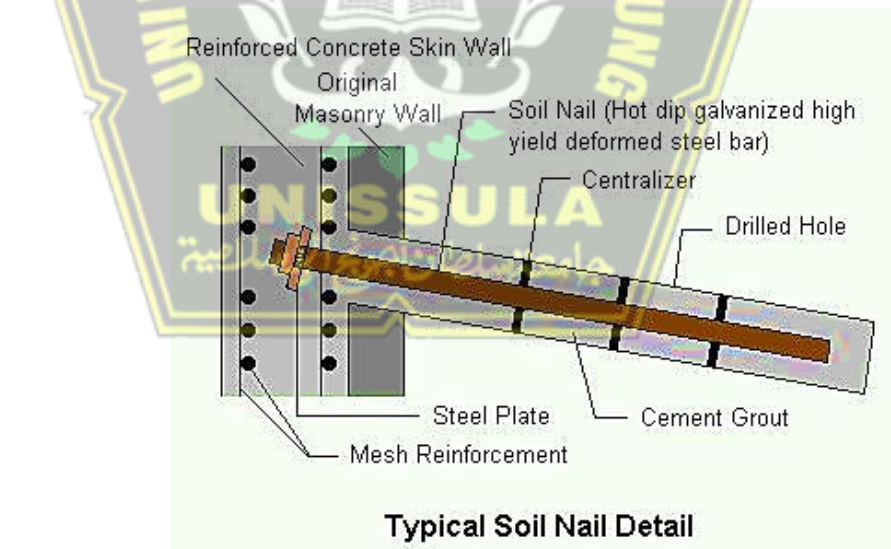
Inklusi jenis ini pada umumnya menggunakan baja tulangan dengan kuat leleh rata-rata 1050 Mpa. Diklasifikasikan sebagai *grouted nail* karena inklusi ini dimasukkan ke dalam tanah yang sudah dibor terlebih dahulu (diameter lubang 10-15 cm) kemudian lubang bor tersebut diisi dengan adukan beton cair (*grouting*). Penempatan antar inklusi yaitu tergolong sedang (1-3 meter) dibuat seragam pada arah horizontal maupun vertikal.

Berikut beberapa metode dalam melakukan pengeboran lubang, diantaranya :

- 1) *Rotary wash boring*, pengeboran lubang dilakukan dengan cara menekan tanah secara berputar diikuti tekanan air

untuk masuknya alat bor kedalam tanah sekaligus untuk memadatkan tanah disekeliling lubang. Akan efektif pada tanah granular seperti *medium dense sand* karena karakteristik butiran tanah ang berongga menjadi mungkin dipadatkan dengan alat ini.

- 2) *Rotary percussive boring*, dengan cara hampir sama pada metode *rotary wash boring* tetapi cara ini menggunakan tekanan udara sebagai pendorongnya. Cara ini sangat tidak cocok pada kawasan padat penghuni, dikarenakan kebisingan suara mesin sangat mengganggu.
- 3) *Dry auger boring* yaitu cara pengeboran yang cocok pada daerah yang memiliki tanah lempung dan berbatu *soft rock*. Karena denggan dengan pengeboran ini tanah akan tetap kering, sehingga ketika akan diisi adukan beton cair maka lubang bor akan tetap bersih dan dapat mempertahankan kualitas adukan beton cair.



Gambar 2.8 Grouted Nails

(Sumber : [google.com/grouted nails](http://google.com/grouted%20nails))

Komponen *grouted nails* yang lain yaitu material adukan beton cair yang terdiri atas campuran air dan semen dengan perbandingan berat 1:2. Tujuan pengisian adukan beton cair yaitu

guna menurunkan permeabilitas dan kompresibilitas tanah serta kuat geser tanah (Robert, 1984).

Untuk mempercepat pengerasan campuran tersebut dapat dilakukan penambahan zat additive tertentu seperti Conbex 100, Interplast Z dan lain-lain. Pengisian adukan beton cair ke dalam lubang bor dilakukan dengan tekanan rendah (> 150 psi) yang disalurkan dari tempat pencampuran bahan menuju ke lubang bor melalui pipa tremie.

Lekatkan antara *nail* dan tanah akan bertambah kuat dengan adanya adukan beton cair yang menyelubungi baja. Hal ini disebabkan luas permukaan gesek tanah dengan *nail* bertambah diakibatkan pembesaran diameter oleh adukan beton cair. Sedangkan pada tulangan baja terdapat kekuatan lekat yang dihasilkan oleh adhesi kimiawi dan gesekan mekanis antara adukan beton cair dan tulangan baja. Karenanya penggunaan baja tulangan ulir lebih efektif dibanding baja tulangan polos. Hal ini dikarenakan ulir pada permukaan tulangan akan meekan beton cair disekitarnya dan memberikan kekuatan lekat yang besar. Berdasarkan percobaan yang dilakukan di Universitas Texas dan Biro Standarisasi Ameriks, Winter G. & Nilson Arthur (1993) besarnya gaya lekat batas dapat dicari dengan rumus :

$$U_n = 35 (f'_c)^{1/2}$$

Dimana : f'_c merupakan kuat tekan beton karakteristik.

Supaya tidak terjadi kegagalan lekat antara tulangan baja dan beton maka gaya tarik yang terjadi sehubungan dengan kekuatan baja tidak boleh melebihi gaya lekat batas, yaitu :

$$U = (A_s \cdot F_y) / L \dots \dots \dots (2.14)$$

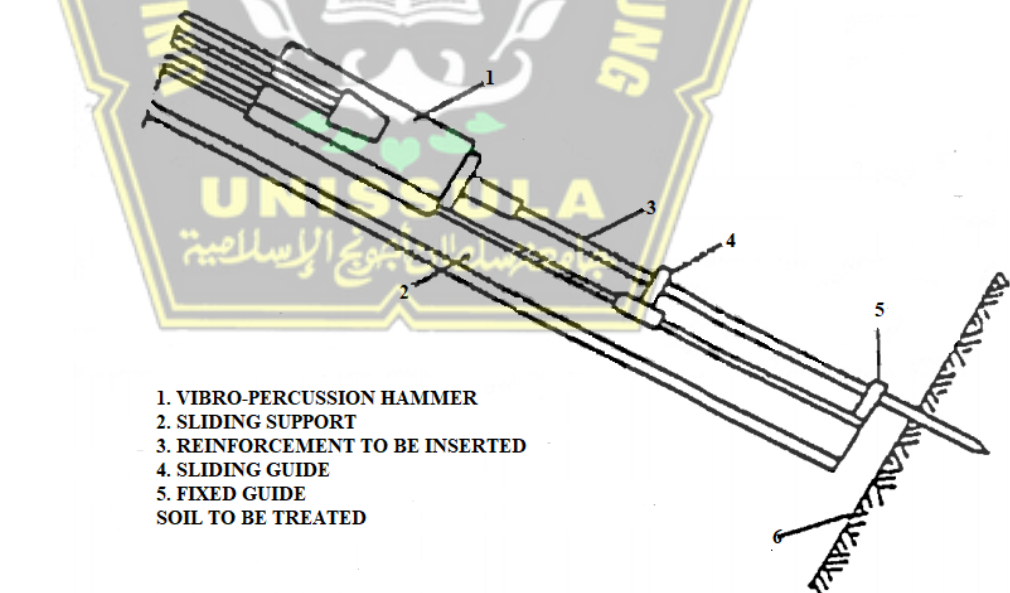
$$U_n > U$$

Dimana : f_y merupakan tegangan luluh baja, A_s yaitu luas baja tulangan dan L yaitu panjang baja tulangan.

Untuk memeriksa apakah kuat tekan adukan beton cair tersebut mencapai kuat tekan rencana maka perlu diadakan pengujian dengan mengambil sampel benda uji kubus untuk adukan beton cair setiap 20 buah *nail*.

3) *Jet grouted nails*

Inklusi ini berupa pipa baja khusus dengan diameter 30-40 mm yang dipasang dengan *vibropercussion hammer* berfrekuensi tinggi mencapai 70 Hz. Pengisian adukan beton cair dilaksanakan bersamaan dengan pemasangan pipa baja menggunakan alat khusus *jet grout* melalui lubang kecil pada ujung pipa naj. Adukan beton cair ini memiliki fungsi sebagai pelumas untuk mempercepat pemasangan pipa baja. Pemasangan dengan teknik *jet grouting* cocok untuk kondisi tanah berbutir sebab teknik ini dpat memadarkan tanah sekitar dan meningkatkan ketanahan *pull out* pada inklusi komposit ini.



Gambar 2.9 *Jet Grout Nalis*

(Juran, 1990)

4) Corrossion Protected Nails

Inklusi ini dikembangkan untuk *soil nailing* sebagai struktur peremanen akibat semakin bervariasi kebutuhan di lapangan. Inklusi ini berupa *nail* yang dilapisi oleh lapisan proteksi sehingga mampu melawan tekanan air yang dapat menyebabkan korosi. Ada dua tipe inklusi yang dikembangkan oleh ahli dari Perancis, diantaranya :

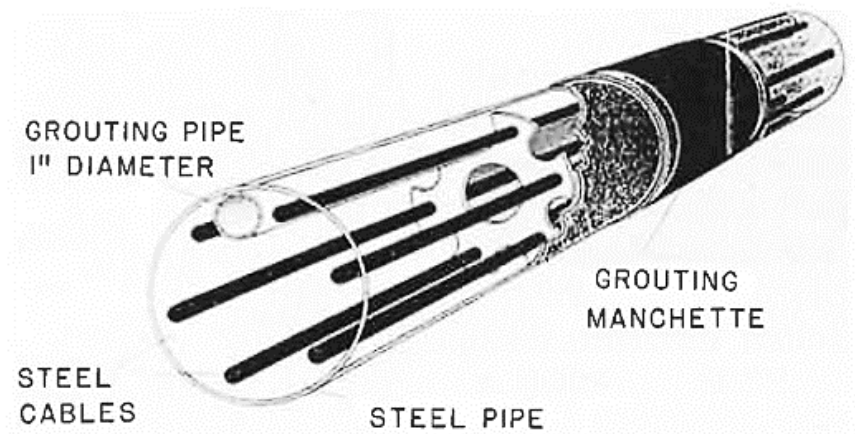
- a) *Solrenfor nails* merupakan inklusi berupa baja tulangan dan dilapisi oleh pipa pelindung yang terbuat dari baja atau plastik hasil fabrikasi, dan diisi adukan beton cair. Karena adanya pipa pelindung tersebut menjadikan baja lebih awet dan hal tersebut menjadi komponen pokok *nail*, sebab terlindung dari pengaruh air dan udara dari adukan beton cair ataupun tanah.



Gambar 2.10 Solrenfor Nails

(Juran, 1990)

- b) *Intrafor-color nails* merupakan inklusi berupa pipa baja yang dilengkapi beberapa kabel baja didalamnya. Karena inklusi ini cara kerjanya sama dengan beton prategang, maka sebelum pipa diisi dengan adukan beton cair kabel baja yang terletak didalam pipa ditarik terlebih dahulu. Dengan adanya prategang ini tekanan pengisian adukan beton cair akan selalu konstan sehingga terjadinya retakan-retakan kecil (*microcracking*) dapat dihindari.



Gambar 2.11 *Infra Color Nail*

(Juran, 1990)

Tabel 2.7 Rangkuman Karakteristik Berbagai Jenis *Nail*

Keterangan	<i>Driven nail</i>	<i>Grouted nail</i>	<i>Jet grouted nail</i>	<i>Corossion protected nail</i>
1. Jenis <i>nail</i>	a. Tulangan baja b. Baja profil siku	Tulangan baja dengan grouting	Pipa baja komposit	a. Baja tulangan dilapisi pipa b. pelindung (fabrikasi) c. Pipa baja pra-tarik
2. Pemasangan	Dipancang dengan <i>vibropercussion</i> atau <i>pneumatic</i> atau <i>hidraulic hammer</i>	Tanah dibor dahulu, kemudian <i>nail</i> dimasukkan dengan manual	Dipasang dengan <i>vibripercussion hammer</i> berfrekuensi tinggi	Tanah dibor dahulu kemudian <i>nail</i> dimasukkan
3. Keuntungan	a. Pemancangan cepat (4-6/jam) b. Cocok untuk tanah berbutir	a. Dapat dipasang pada berbagai	a. Cocok untuk tanah berbutir b. Dapat	a. Tahan korosi b. Dapat mencegah terjadinya

	c. Dapat meningkatkan kuat geser tanah	jenis tanah b. Material <i>grouting</i> memperluas daerah pertahanan	memadatkan tanah sekitar c. <i>Grouting</i> berlangsung dengan rapi	<i>micro cracking</i> c. Cocok untuk <i>permanent retaining wall</i>
4. Kerugian	a. Pemancangan mengurangi lapis proteksi baja b. Kemungkinan bahaya tekuk pada baja	a. Perlu pengawasan mutu dan pelaksanaan <i>grouting</i> b. Hanya cocok untuk <i>temporary retaining wall</i>	Perlu pengawasan pelaksanaan <i>grouting</i> , karena tekanan <i>grouting</i> yang tinggi menyebabkan keretakan tanah sekitar	a. Butuh biaya besar b. Butuh

2.8.3 Lapis Permukaan (Facing)

Fungsi utama dari lapis permukaan yaitu guna melindungi tanah dari erosi dan efek cuaca, menajmin stabilitas tanah lokal antar lapis perkuatan dan membatasi dekompresi segera setelah penggalian. Maka, pelaksanaan lapis permukaan harus dikerjakan secara terus menerus setelah pemasangan *nail* selesai. Lapis permukaan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis sesuai aplikasi dan tipe tanah, diantaranya :

1. *Shotcrete Facing*

Lapis permukaan ini diperkuat menggunakan *welded wire wash*, berupa jaringan kawat baja yang dilas dan terdiri dari serangkaian kawat-kawat baja disusun membujur dan melintang dengan arah tegak lurus. Dilakukan pengelasan pada kawat arah membujur dan melintang sebagai pengikat. Jaringan kawat baja tersebut dipasang menempel pada dinding struktur, kemudian diberi lapisan *Shotcrete* dimana campuran dari air + semen + pasir + kerikil dengan ukuran 4-8 mm dengan perbandingan (2:5:3) dengan fas 0,4 dan nilai slump 5-15 setebal 10-25 cm.

Lapis permukaan ini cukup fleksibel untuk menutup lubang atau retak-retak pada sekitar tanah dengan cara menyemprotkan bahan *shotcrete* dengan *sprayer* berupa pipa PVC. Tidak terlalu cocok untuk struktur permanen jika dilihat dari segi keawetan dan keindahannya mengingat mutu *shotcrete* yang digunakan bukan beton mutu tinggi. Keawetannya dipengaruhi oleh air tanah, rembesan dan faktor lingkungan seperti perubahan iklim dan udara yang sangat dingin dapat menyebabkan retak.

2. *Welded Wire Mesh Facing*

Pada dasarnya sama dengan lapis permukaan *shotcrete facing*, yaitu menggunakan jaringan kawat baja yang dipasang pada dinding struktur, namun yang membedakan yaitu tidak ada pekerjaan *shotcrete* pada lapis permukaan ini. Cocok untuk kondisi tanah *fragmented rock* atau *intermediate soil* seperti tanah kapur dan tanah serpih, dimana kemungkinan longsor pada dinding struktur tidak terlalu besar.

3. *Cast-in-place Concrete Facing*

Lapis permukaan ini terbuat dari beton yang dituangkan ditempat dan menggunakan struktur permanen. Cocok untuk

tanah *soft rock* dimana dapat dilakukan penggalian pada kedalaman lebih dari 2 meter sehingga lebih efisien.

Berikut urutan pelaksanaan konstruksi *cast-in-place concrete facing* :

- a) Penggalian diikuti dengan pemasangan *nail*
- b) Pelapisan dinding dengan material *shotcrete* secara tipis
- c) Pemasangan bekisting untuk pengerjaan beton
- d) Pengecoran lapis permukaan

Namun lapis permukaan ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu pengerjaan yang lama dan membutuhkan biaya yang cukup besar. Sehingga dikembangkan lapis permukaan beton fabrikasi.

4. *Prefabricated Facing Element*

Lapis permukaan ini berupa beton cetakan atau panel baja hasil fabrikasi sehingga bentuknya bisa dibuat lebih artistik dan cocok untuk struktur permanen. Cocok untuk tanah kohesif dan *soft rock* dimana galian vertikal dapat mencapai 1,5 meter masih dapat dilakukan tanpa pendukung.

Keuntungan menggunakan elemen fabrikasi, diantaranya :

- a) Mutu beton cetakan dan panel baja lebih terjamin karena dikerjakan dengan ketelitian yang tinggi
- b) Memberikan keindahan visual yang menarik
- c) Mendukung penghijauan dan penataan lingkungan

Secara langsung akan membebani terhadap penggalian selanjutnya sedangkan stabilitas lokal harus tetap terjamin.



Gambar 2.12 Lapis permukaan *Prefabricated Steel Panels* menghasilkan penampilan yang estetik (Juran, 1990)

Tabel 2.8 Rangkuman Karakteristik Berbagai Lapis Permukaan

Keterangan	<i>Shotcrete</i>	<i>Welded wire mesh</i>	<i>Cast in place concrete</i>	<i>Prefabricated element</i>
1. Elemen penyusun	-Campuran air+semen+kerikil -Jaringan kawat baja	Jaringan kawat baja	Bekisting dan adukan beton	-Panel baja -Beton cetakan
2. pemasangan	Jaringan kawat baja dipasang menempel dinding, lalu disemprot dengan campuran <i>shotcrete</i>	Dipasang menempel pada dinding	Dicor ditempat	Dipasang dalam bentuk fabrikasi
3. keuntungan	Pelaksanaan mudah dan cepat	Cocok untuk jenis tanah kapur dan serpih	Cocok untuk <i>soft rock</i>	-cocok untuk tanah kohesif dan <i>soft rock</i> -mutu terjamin -penampilan luar artistik

				-bisa diikuti penghijauan dan penataan lingkungan
4. kerugian	-hanya cocok untuk <i>temporary retaining wall</i> -dari segi artistik kurang indah	-hanya cocok untuk <i>temporary retaining wall</i> -dari segi artistik kurang indah	-butuh bahan dan biaya yang tidak sedikit -butuh waktu pelaksanaanl ama	-butuh biaya yang besar -butuh waktu pemesanan -berat elemen membebani galian selanjutnya

2.8.4 Drainase

Drainase merupakan sistem penunjang pada *soil nailing* yang sangat penting seperti struktur perkuatan galian yang lain, dikarenakan pada umumnya struktur perkuatan dinding galian tidak di desain adanya muka air tanah. Muka ir tanah dapat meningkatkan tekanan tanah efektif secara drastis, sehingga struktur perkuatan dinding galian perlu dilengkapi dengan sistem drainase untuk mencegah naiknya permukaan air tanah dibelakang dinding tersebut. Sistem drainase diletakkan pada daerah bidang luncur berupa pipa buangan atau material yang mudah menyerap air seperti geotekstil. Tergantung dari kondisi lapangan yang ada. Berikut beberapa tipe drainase yang dapat dipertimbangkan untuk digunakan :

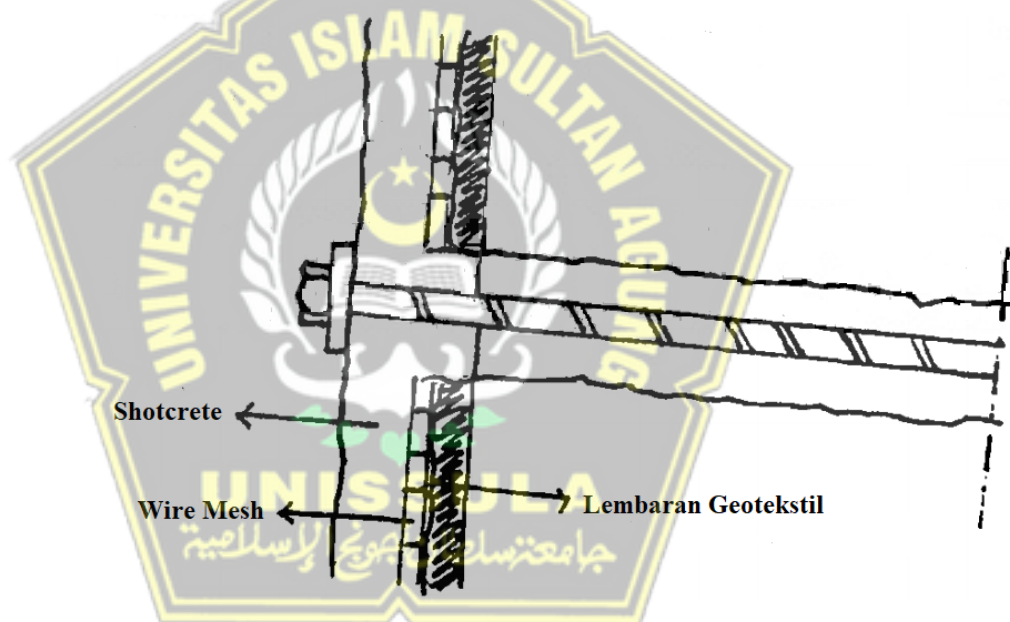
1. *Short Tubes*

Berbentuk pipa pendek berukuran 300 mm diameter 50-80 mm dan mampu mengeluarkan air tanah dinelakang lapis permukaan dengan cepat. Pipa ini diletakkan pada lapis permukaan antar *nail* dimana jumlah dan jarak pemasangannya tergantung dari kondisi air tanah di lapangan. Penting untuk diperhatikan yaitu pada drainase yang

menggunakan *short tubes* aliran air yang keluar dari pipa dapat membekas pada lapis permukaan dinding, sehingga dapat mengurangi keindahan lapis permukaan pada lapis permukaan struktur permanen.

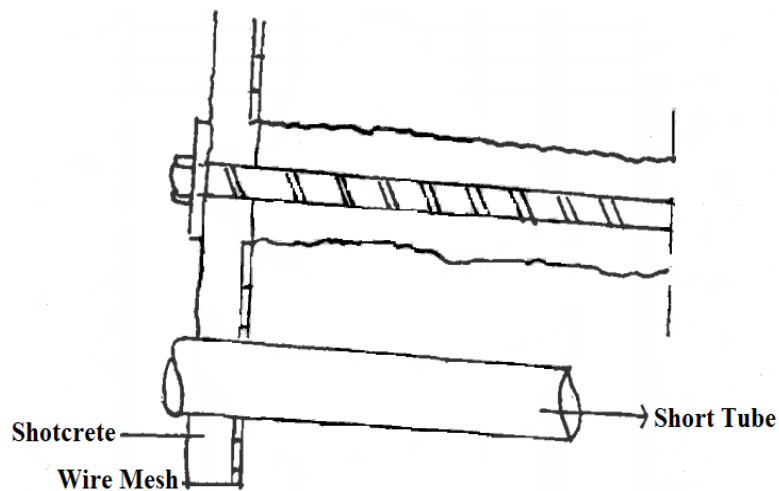
2. *Back Facing Drain*

Terdiri dari *vertical strip filter* berupa lembaran geotekstil dengan tebal 30 mm ditempatkan secara vertikal di belakang lapis permukaan sepanjang tinggi penggalian dengan jarak 1,5-2 meter. Pada akhir penggalian, seluruh *vertical strip filter* dihubungkan dengan pipa memanjang horizontal yang berfungsi mengumpulkan dari seluruh *vertical strip filter* di atasnya.



Gambar 2.13 Drainase Menggunakan *Back Facing Drain*

(Juran, 1990)



Gambar 2.14 Drainase Menggunakan *Short Tubes*

(Juran, 1990)

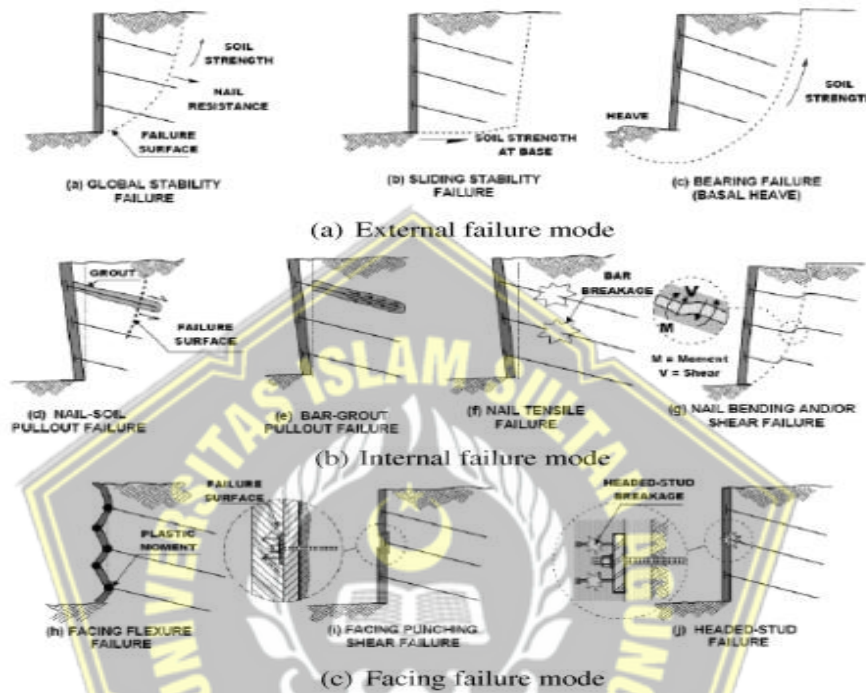
2.8.5 Pengunci

Proses akhir dari pekerjaan *soil nailing* yaitu pemasangan plat baja dan baut sebagai pengunci *nail*. *Nail* yang dipasang menyisakan bagian panjangnya di luar tanah dengan panjang 20-30 cm dan pada sisa panjang tersebut telah dipersiapkan ulir *drat* sebagai tempat memasang baut. Setelah lapis permukaan selesai, terlebih dahulu dipasang plat baja dengan dimensi 150x150x10 mm diikuti dengan baut yang kemudian dikencangkan secara manual.

Pekerjaan ini harus dilakukan agar *nail* tidak bergeser dari posisinya dan selama pekerjaan pemasangan *nail* secara keseluruhan belum selesai, dilakukan pengontrolan terhadap penguncian tersebut secara berkala agar baut tetap terpasang dengan kencang. Desain dari kuat geser baut dan plat didasarkan pada kapasitas *punching shear* yaitu $(0,58f_y \times A_s)$ agar lebih besar dari gaya tarik yang bekerja pada *nail*.

2.8.6 Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing

Pada suatu perkuatan dinding penahan tanah harus dirancang supaya aman dan stabil terhadap pengaruh dari gaya dalam dan luar. Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan soil nailing terbagi menjadi dua yaitu eksternal dan internal.



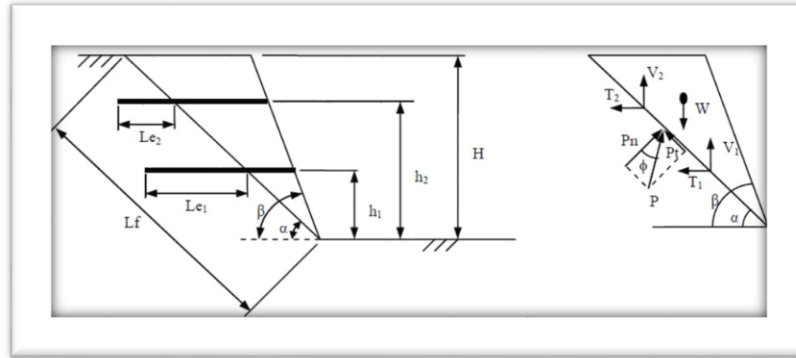
Gambar 2.15 Analisis External Stability Dan Internal Stability

(Sumber “ Soil Nailing Walls” Report FHWA-IF-03-017)

1) Analisis stabilitas eksternal

a) Faktor aman terhadap keruntuhan lereng global (*global stability failure*)

Perkuatan lereng harus aman terhadap keruntuhan, pada perhitungan manual , mengadopsi metode baji (*wedge*) dengan bidang longsor planar yaitu :



Gambar 2.16 Gaya Yang Bekerja Dalam Metode Baji (Wedge Method)

Variabel “P” dalam persamaan 2.10 dan 2.11 merupakan gaya dari tanah pada permukaan bidang longsor, dengan mempertimbangkan keseimbangan gaya, maka :

$$P_t = \frac{P_n}{Fos} \dots\dots\dots (2.15)$$

Pada tanah yang memiliki nilai kohesi, maka perlu diperhitungkan kuat geser tanah pada sepanjang permukaan bidang longsor, berikut persamaan untuk menghitung kuat geser :

$$S = \frac{c.Lf}{Fos} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dari persamaan dan nilai faktor keamanan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$F_s = \frac{c.Lf + (W+Q) \cos \alpha n \tan \varphi + (\sum T_i \sin (\alpha + i) - \sum V_i \cos (\alpha + i) \tan \varphi}{(W+Q) \sin \alpha n - \sum T_i \cos (\alpha + i) - \sum V_i \sin (\alpha + i)} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

FS = Faktor aman

C = Kohesi tanah (kN/m²)

φ = sudut geser dalam tanah (°)

α = sudut hemiringan bidang longsor terhadap garis horizontal

W = berat irisan tanah ke-n (kN/m)

Q = beban mati diatas lereng (kN/m)

L_f = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke – n (m)

L_e = pampang nail bar di belakang bidang longsor (m)

β = kemiringan lereng ($^\circ$)

i = kemiringan nail ($^\circ$)

$\sum T_i$ = jumlah daya dukung terhadap gaya Tarik (kN/m)

$\sum V_i$ = jumlah daya dukung gaya geser (kN/m)

- Gaya Geser dan Gaya Tarik Ijin Global

Untuk menghitung stabilitas lereng dengan perkuatan secara global perlu diperhatikan Gaya geser dan gaya tarik ijin dari sebuah nail bar dapat dihitung dengan persamaan 2.14 dan 2.15.

$$V = \frac{Rn}{2} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$T = 4V \tan(90^\circ - \alpha) \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan :

V = Gaya geser ijin nail bar

T = Gaya Tarik ijin nail bar

R_n = daya dukung Tarik nail bar

Untuk menghitung gaya geser ijin dari tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$V = P_{\max} \frac{D}{2} L^\circ \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan :

V = gaya geser ijin pasif tanah

D = diameter nail bar + grouting

$$L_o = \sqrt[4]{\frac{4 E i}{K_s D}} = \text{Panjang penyaluran}$$

Ei = kekakuan nail bar, dengan diameter nail bar tanpa grouting

K_s = modulus reaksi lateral tanah , ditentukan dari Tabel 2.8

$P_{max} = P_u / 2$ = tefangan pasif yang dibatasi menjadi setengah dari tegangan pasif ultimit

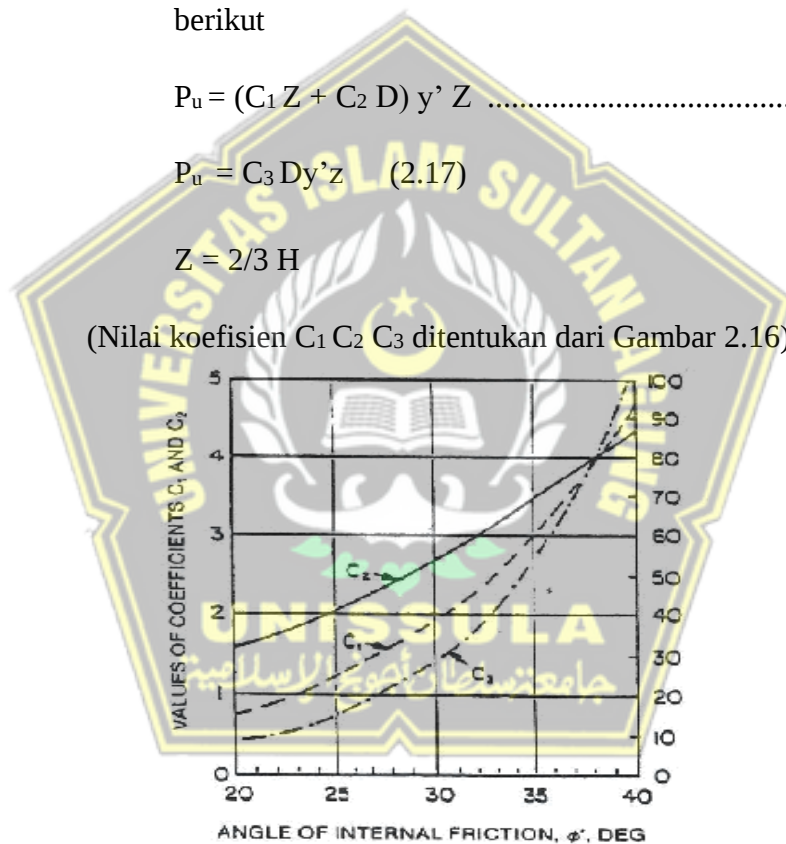
P_u dihitung dengan mengambil nilai terkecil dari persamaan berikut

$$P_u = (C_1 Z + C_2 D) y' Z \dots\dots\dots (2.21)$$

$$P_u = C_3 D y' z \quad (2.17)$$

$$Z = 2/3 H$$

(Nilai koefisien C_1 C_2 C_3 ditentukan dari Gambar 2.16)



Gambar 2.17 Grafik Kolerasi Untuk Tanah Pasir

(Sumber: API,1987)

Tabel 2.9 Harga Perkiraan Modulus Reaksi Lateral Tanah (k_s)

Jenis Tanah	k_s, kcf	$k_s, kN/m^3$
Pasir Lepas	300-100	4800-16000
Pasir padat sedang	60-500	9600-80000

Pasir padat	400-800	64000-128000
Pasir padat berlempung	200-500	32000-80000
Pasir padat sedang berlanau	150-300	24000-48000
Tanah berlempung		
$q_u \leq 200$ kPa (4 ksf)	75-150	12000-24000
$200 < q_u \leq 400$ kPa	150-300	24000-48000
$q_u > 800$ kPa	>300	>48000

(Sumber : Bowless, foundation analysis and design)

Setelah mendapatkan gaya geser ijin terkecil antara nail bar dan tanah, maka gaya Tarik ijin pada nail bar perlu dibatasi yang ditentukan dari persamaan berikut :

Keterangan :

V_{max} = gaya geser ijin global

T_{max} = gaya Tarik ijin global

$R_c = R_n / 2$ = daya dukung geser nail bar

- Gaya Tarik ijin dari perkuatan Soil Nailing

Apabila lebih besar dari gaya ijin global lebih besar daripada gaya Tarik ijin dari masing-masing nail maka gaya ijin yang digunakan adalah gaya ijin global.

$$T_i = \frac{\pi D L f_{max}}{FoS} \dots\dots\dots (2.22)$$

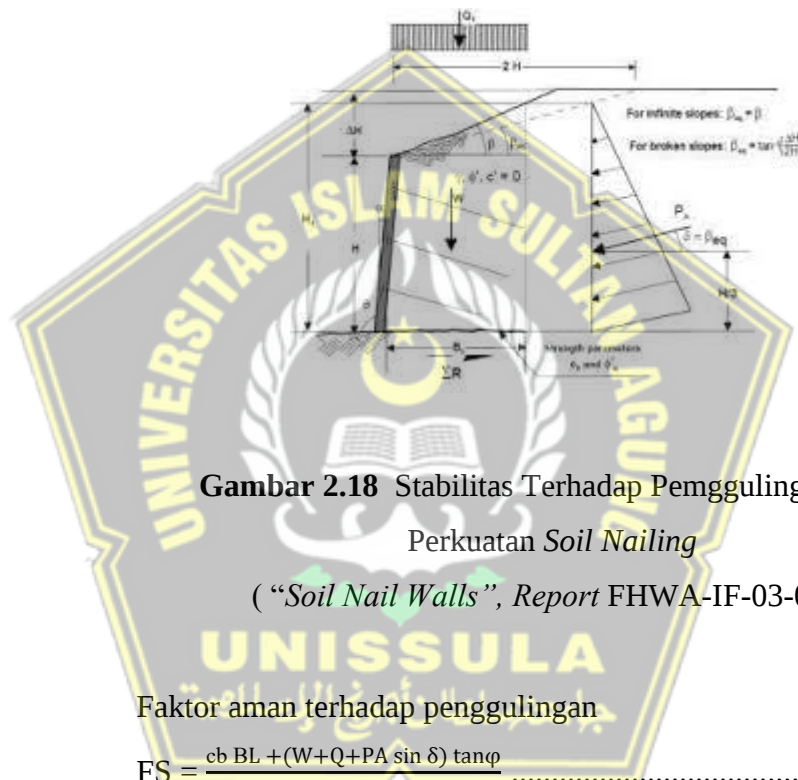
f_{max} adalah daya dukung geser pada ikatan antara tanah dengan permukaan sepanjang nail bar, Berikut nilai f_{max} pada beberapa jenis tanah pasir pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Daya Dukung Soil Nailing pada Tanah Pasir

Soil Type	Ultimate Bond Strength (kN/m ²)
Sand/gravel	100-180
Silty sand	100-150
Silty clayey	60-140
Silty fine sand	55-90

(Sumber : Ellias and Juran ,1991)

b) Faktor aman terhadap penggeseran (*sliding stability failure*)



Gambar 2.18 Stabilitas Terhadap Penggulingan Pada Perkuatan *Soil Nailing*

(“*Soil Nail Walls*”, Report FHWA-IF-03-017)

Faktor aman terhadap penggulingan

$$FS = \frac{c_b BL + (W + Q + PA \sin \delta) \tan \phi}{PA \cos \delta} \dots \dots \dots (2.23)$$

Tekanan aktif lateral dihitung menggunakan rumus berikut :

$$PA = \frac{c \cdot H^2}{2} \cdot Ka \dots \dots \dots (2.24)$$

$$Ka = \tan^2 (45^\circ - \phi/2) \dots \dots \dots (2.25)$$

Keterangan :

FS = faktor aman

Cb = kohesi tanah (kN/m²)

BI = lebar struktur (m)

W = berat irisan tanah (kN/m)

Q = beban mati diatas lereng (kN/m)

ϕ = sudut gesek dalam tanah ($^{\circ}$)

H = tinggi dinding tanah (m)

γ = Berat isi tanah (kN/m³)

δ = sudut gesek antara tanah pondasi dan dasar struktur

(pondasi dianggap sangat kasar terbuat dari beton $\tan \delta = \tan \phi$)

c) Faktor aman terhadap kegagalan daya dukung tanah (*bearing failure*)

$$SF = \frac{c.N_c + 0.5 \gamma B e N_{\gamma}}{H e q \gamma} \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

C = kohesi tanah pondasi (kN/m²)

γ = berat volume tanah pondasi (kN/m³)

q = tekanan overburden pada dasar pondasi (kN/m²)

N_c, N_{γ} = koefisien-koefidien kuat dukung yang merupakan fungsi dari sudut geser dalam tanah, yang dapat dalam tabel 2.10

H_{eq} = tinggi dinding tanah (m)

B_e = lebar excavation (m)

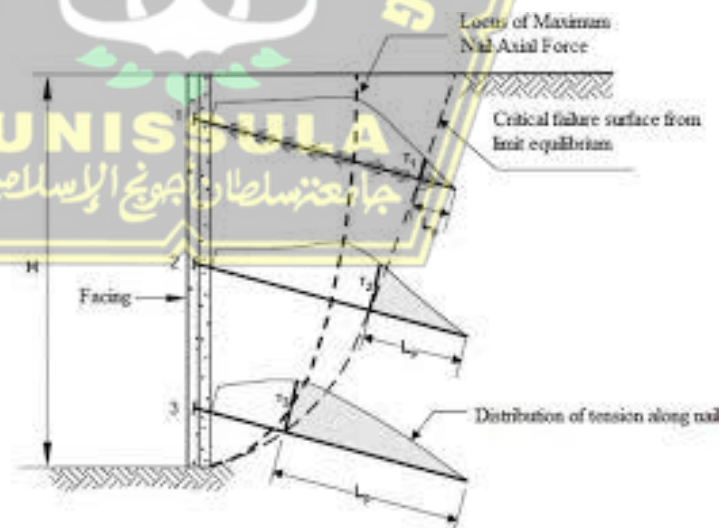
Tabel 2.11 Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi

ϕ	N_c	N_q	N_{γ}	ϕ	N_c	N_q	N_{γ}
0	5,70	1,00	0,00	26	27,09	14,21	9,84
1	6,00	1,10	0,01	27	29,24	15,90	11,60
2	6,30	1,22	0,04	28	31,61	17,81	13,70
3	6,62	1,35	0,06	29	34,24	19,98	16,18
4	6,97	1,49	0,10	30	37,16	22,46	19,13
5	7,34	1,64	0,14	31	40,41	25,28	22,65
6	7,73	1,61	0,20	32	44,04	28,52	26,87
7	8,15	2,00	0,27	33	48,09	32,23	31,94
8	8,60	2,21	0,35	34	52,64	36,50	38,04
9	9,09	2,44	0,44	35	57,75	41,44	45,41
10	9,61	2,69	0,56	36	63,53	47,16	54,36

11	10,16	2,98	0,69	37	70,01	53,80	65,27
12	10,76	3,29	0,85	38	77,50	61,55	78,61
13	11,41	3,63	1,04	39	85,97	70,61	95,03
14	12,11	4,02	1,26	40	95,66	81,27	115,31
15	12,86	4,45	1,52	41	106,81	93,85	140,51
16	13,68	4,92	1,82	42	119,67	108,75	171,99
17	14,60	5,45	2,18	43	134,58	126,50	211,56
18	15,12	6,04	2,59	44	151,95	147,74	261,60
19	16,56	6,70	3,07	45	172,28	173,28	325,34
20	17,69	7,44	3,64	46	196,22	2014,19	407,11
21	18,92	8,26	4,31	47	224,55	241,80	512,84
22	20,27	9,19	5,09	48	258,28	287,85	650,67
23	21,75	10,23	6,00	49	298,71	344,63	831,99
24	23,36	11,40	7,08	50	347,50	415,14	1072,80
25	25,13	12,72	8,34				

2) Analisis stabilitas internal

a) Faktor aman (SF) terhadap putus tulangan :



Gambar 2.19 Keruntuhan Putus Tulangan

(Sumber: *Soil Nail Stabilisation of Steep Slope Near Railway Tracks*)

Faktor Aman (SF) terhadap putus tulangan

$$Fr = \frac{\left(\frac{0,25 \times \pi d^2 \times fy}{1000}\right)}{\sigma_h \cdot Sv \cdot Sh} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\sigma_h = Ka \cdot \gamma \cdot z \dots\dots\dots (2.28)$$

Keterangan :

S_v = jarak tulangan antar vertical (m)

S_h = jarak tulangan arah horizontal (m)

F_y = daya dukung tarik baja (MPa)

d = diameter tulangan (mm)

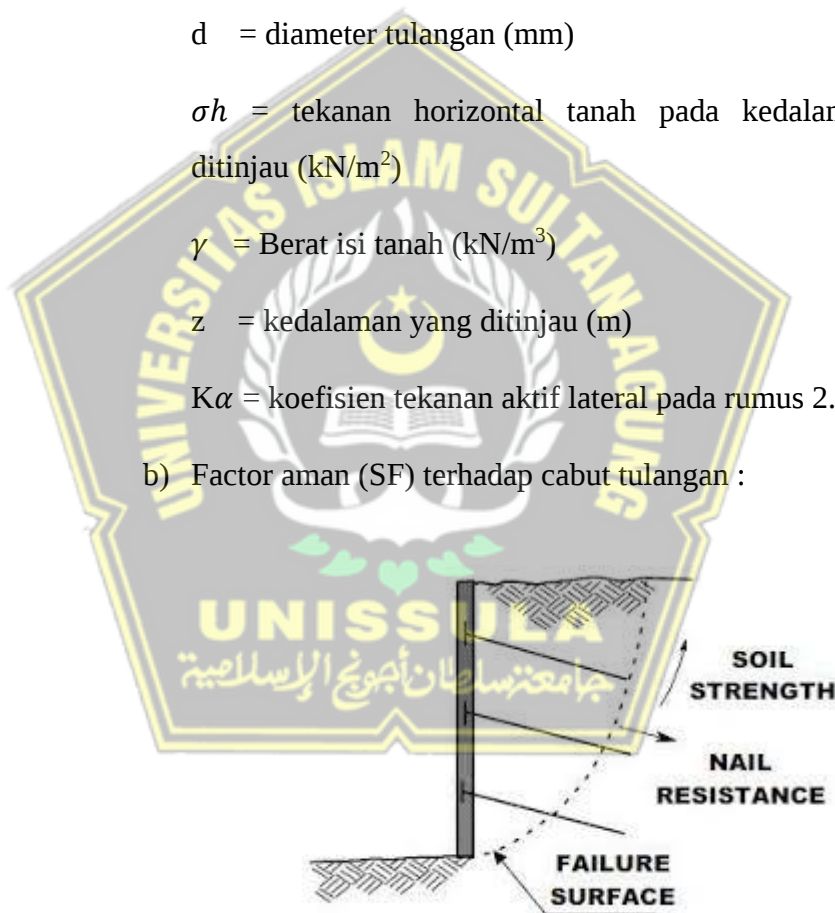
σ_h = tekanan horizontal tanah pada kedalaman yang ditinjau (kN/m^2)

γ = Berat isi tanah (kN/m^3)

z = kedalaman yang ditinjau (m)

$K\alpha$ = koefisien tekanan aktif lateral pada rumus 2.21

b) Factor aman (SF) terhadap cabut tulangan :



Gambar 2.20 Keruntuhan Cabut Tulangan

(Sumber : “medianeeliti.com”)

Faktor aman (SF) terhadap cabut tulangan :

$$F_p = \frac{\pi \cdot q_u \cdot D_{dh} \cdot L_p}{\sigma_h \cdot S_v \cdot S_h} \dots\dots\dots (2.29)$$

Keterangan :

S_v = jarak tulangan vertical (m)

q_u = ultimate bond strength (kN/m²)

σ_h = tekanan horizontal tanah pada kedalaman yang ditinjau (kN/m²)

L_p = panjang tulangan yang berada di zona pasif (m)

ϕ = sudut gesek internal tanah (°)

D_{DH} = diameter lunang bor (m)

2.9 *Geostudio (SLOPE/W)*

Geostudio merupakan perangkat lunak dibidang geoteknik yang dikembangkan dari Kanada. Untuk menganalisa stabilitas lereng maka digunakan program *geoslope*. Dalam menganalisa stabilitas lereng pada perangkat lunak tersebut menggunakan menu *SLOPE/W*, adapun metode yang digunakan di dalam program ini adala metode *Limit Equilibrium*.

Metode *Limit Equilibrium* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya, metode ini juga dikenal dengan metode irisan karena bidang kelongsoran dari lereng tersebut dibagi menjadi beberapa bagian. Dalam metode *Limit Equilibrium* terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu bidang kelongsorannya ang diasumsikan berbentuk *circular* dan bidang kelongsorannya yang diasumsikan berbentuk *non-circular*. Pada metode kesetimbangan batas dengan asumsi bidang kelongsoran berbentuk *circular*.

2.9.1 Analisis Stabilitas Lereng Dengan *Geoslope*

Slope/w adalah suatu program yang menggunakan metode kestimbangan batas untuk memecahkan (mencari faktor keamanan). Program ini dibuat oleh *Geo-Slope International Ltd, Calgary, Alberta, Canada*. software ini melingkupi *slope w, seep w, sigma w, quake w, temp w*, dan *ctran w*. Bersifat terintegrasi

sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain.

Berikut langkah – langkah analisa stabilitas lereng menggunakan perangkat lunak SLOPE/W.

1. Buka GeoStudio SLOPE/W untuk analisa stabilitas lereng
2. Memilih *Toolbars* yang tersedia untuk digunakan
3. Mengatur area gambar
4. Mengatur ukuran halaman area gambar
5. Mengatur skala
6. Mengatur jarak pada grid
7. Mengatur dan menampilkan grid
8. Menyimpan data ke file
9. Menentukan axes untuk mempermudah pembacaan jarak dan lebar dan tinggi.
10. Penggambaran geometri lereng.
11. Menentukan metode analisis
12. Menentukan opsi yang digunakan dalam analisis.
13. Menentukan sifat – sifat materi tanah
14. Menggambar *Piezometric Line* untuk menentukan garis pada muka air tanah.
15. Simpan analisa
16. Lihat analisa

Ada beberapa metode perhitungan faktor keamanan (SF) antara lain dengan metode ordinary, bishop, dan janbu, yang dapat dipilih sesuai keinginan. Hasil gambar output perhitungan bisa di export ke dalam bentuk (*bmp*, *wmf*, dan *emf*) dan gambar dalam bentuk auto cad dengan format *dxf*.

2.9.2 SLOPE/W Sebelum Diperkuat Soil Nailing (Metode Bishop Disederhanakan)

Pada metode bishop yang disederhanakan, software SLOPE/W terlebih dahulu menggunakan rumus ordinary atau metode Fellinius.

$$FS_f = \frac{\sum [c' \cdot b_i + N \tan \phi]}{\sum [W \sin \alpha_i]} \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

FS_f = Faktor aman lereng Fellinius

c' = Kohesi tanah efektif (kN/m^2)

ϕ' = Sudut gesek dalam tanah efektif ($^\circ$)

b_i = Lebar irisan ke-i (kN)

W_i = Berat irisan tanah ke-i (kN)

α_i = Sudut yang didefinisikan dalam derajat metode ini bertujuan untuk mencari atau membantu menemukan pendekatan nilai FS_b' pada Bishop sehingga mempermudah proses coba-coba. Nilai FS_f pada Fellinius akan dipakai untuk nilai pendekatan awal pada nilai FS_b' di metode Bishop sehingga akan didapat nilai yang konvergen antara FS_b dan FS_b' .

2.9.3 SLOPE/W Setelah Diperkuat Soil Nailing (Metode Bishop Disederhanakan)

Untuk metode bishop yang disederhanakan yang telah diperkuat *soil nailing* , perangkat lunak SLOPE/W memerlukan parameter-parameter yang akan digunakan untuk menginput data pada *soil nailing*.

- *Bond safety factor/pullout strength safety factor* dan *bar safety factor/nail-tensile strength safety factor* ialah angka keamanan yang diatur dalam riset Amit Prashant

et al. Mengenai *soil nailing for stabilization of steep slopes near railway tracks*.

- *Bond parameter* ialah besaran nilai diameter dari baja tulangan ulir yang digunakan untuk perkuatan, Amit Prashant et al. dalam risetnya mengenai *soil nailing for stabilization of steep slopes near railway tracks* menggunakan baja tulangan ulir dengan diameter 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 28, dan 32 mm.
- *Bar capacity* merupakan nilai dari kapasitas kuat tarik *nailing*.

$$R_t = \frac{\pi d^2 f_y}{4} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana :

d = Diameter dari *nailing*

f_y = Tegangan leleh iin dari *nailing* (415 Mpa atau 520 Mpa)

- *Bond skin friction/pullout resistance* menurut Amit Prashant et al. dalam risetnya mengenai *Soil Nailing for stabilization of steep slopes near railway tracks* nilai q_u (bond strength) telah dihitung atau diestimasi.

2.10 Plaxis

Plaxis (Finite Elemen Code for Soil and Rock Analyses) merupakan program yang berupa elemen hingga dan telah dikembangkan guna menganalisis deformasi dan stabilitas geoteknik pada perencanaan di bidang teknik sipil. Grafik prosedur – prosedur input data atau biasa disebut *soil properties* yang sederhana dapat menciptakan model – model elemen hingga yang kompleks, selain itu program ini juga dapat menampilkan *output* secara detail berupa hasil – hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur penulisan angka yang tepat (*Plaxis*, 2012).

Pada penelitian kali ini data yang diperlukan yaitu nilai parameter yang penting untuk analisis stabilitas lereng, diantaranya yaitu :

- a. Geometri lereng
- b. Sifat – sifat fisik tanah
- c. Nilai kohesi
- d. Sudut geser dalam
- e. Berat isi tanah

Sampel tanah yang digunakan diambil dari Proyek Pembangunan Perumahan *BSB City Cluster Victoria Hills*, tepatnya di daerah Ngaliyan, Semarang selanjutnya sampel tanah tersebut diuji di laboratorium mekanika tanah universitas islam sultan agung. Data yang telah dihasilkan pada uji laboratorium tersebut digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng dan penanganannya dengan kondisi lereng yang sama dan jenis tanah yang sama. Data yang didapatkan digunakan sebagai input, berikut merupakan langkah – langkah pada program *plaxis* :

1. Menentukan judul, model, dan elemen pada kotak serta menuliskan perintah yang akan dipakai.
2. Menuliskan dimensi tanah dari kasus yang akan dipelajari, yaitu sepanjang ke kiri, ke kanan, ke atas, dan ke bawah.
3. Merangkai bentuk dimensi dari tanah yang telah dibuat kemudian diberi beban.
4. Menentukan nilai parameter tanah dengan menekan tombol *Material Sets* diantaranya yaitu, kohesi, rasio *poisson*, dan lain sebagainya.
5. Prosedur selanjutnya terdapat pada literatur yang diperoleh dari program *plaxis*.

Selain langkah – langkah untuk menggunakan program *Plaxis*, berikut merupakan cara analisis menggunakan program *Plaxis v.8.2* :

1. *Plaxis Input*, merupakan program yang digunakan untuk membuat permodelan sesuai di lapangan.
2. *Plaxis Calculation*, program ini secara otomatis akan terbuka ketika memilih *toolbar calculate* pada akhir *input* program, jika kalkulasi tidak

dilakukan langsung setelah proses *input*, kita dapat membuka program ini dengan memilih *Calculation Program* pada *start menu*.

3. *Plaxis Output*, muncul ketika memilih *toolbar plaxis output* atau dari *start menu* yang bersesuaian dengan program *plaxis*. *Toolbar Calculation* pada *Calculation Program* pun dapat juga dipakai untuk masuk ke *output program*.
4. *Plaxis Curves Program* dapat dipakai untuk menggambar kurva hubungan beban atau waktu terhadap *displacement*, diagram tegangan – tegangan dari lokasi yang sebelumnya dipilih pada *Calculation Program* (*select point for curve*).



BAB III

METODOLOGI PENULISAN

3.1 Pendahuluan

Tugas akhir ini bertujuan untuk melakukan redesain pada DPT di Kawasan Perumahan *BSB City Cluster Victoria Hills* dan mengetahui dimensi yang digunakan untuk perkuatan *Soil Nailing*.

Perhitungan pada struktur dinding penahan tanah dilakukan dengan menggunakan *software Plaxis 8.6* dan perhitungan manual menggunakan beberapa metode. Dengan memasukkan data identifikasi tanah yang terdapat di lokasi. Perhitungan pada perkuatan *soil nailing* dengan program *Software Geostudio 2018 R2* program *Glope/W*.

Data yang dijadikan bahan acuan dalam penyusunan tugas akhir ini dapat diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu :

- Data Primer
- Data Sekunder

3.1.1 Data Primer

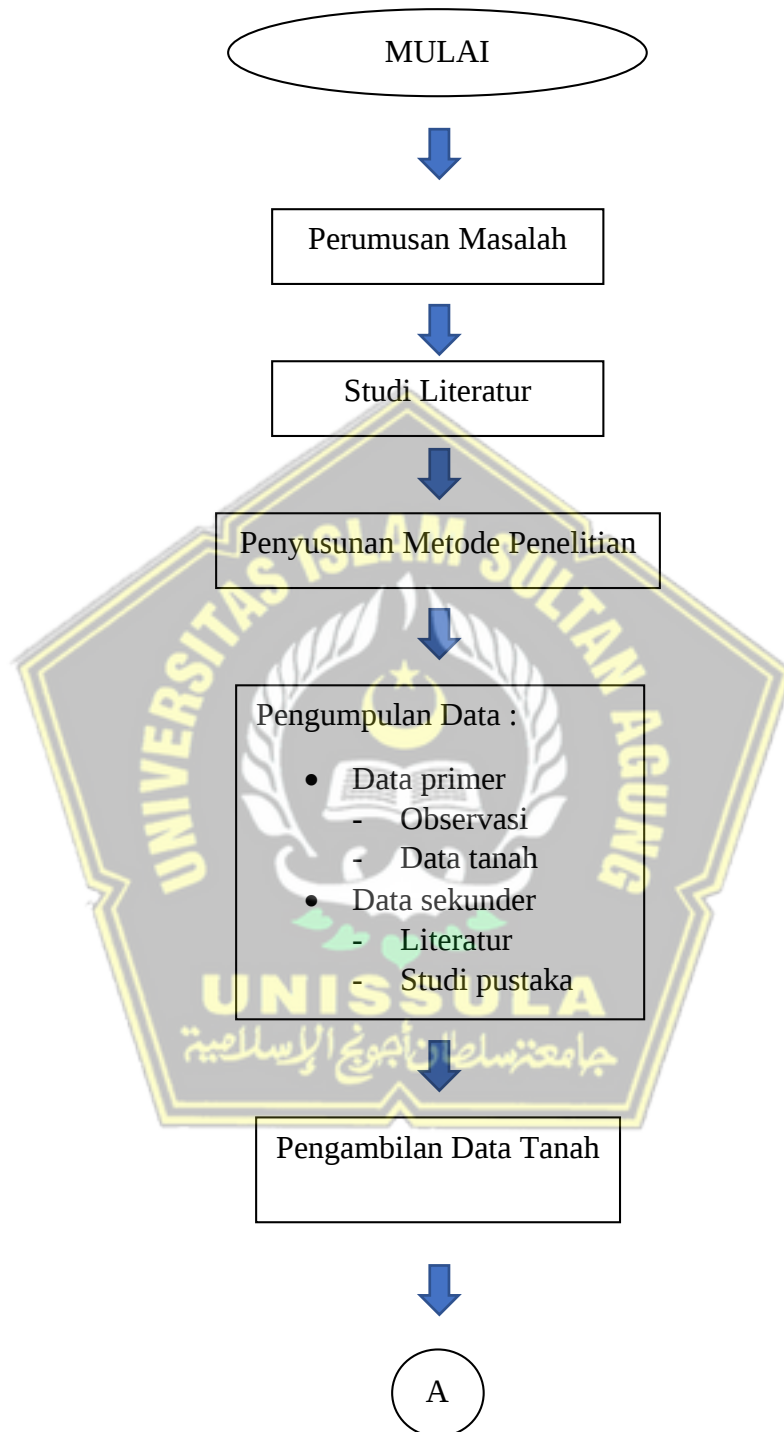
Data primer merupakan data yang diperoleh dari lokasi rencana pembangunan maupun hasil *survey* yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber dalam perancangan struktur. Adapun pengamatan langsung di lapangan mencakup :

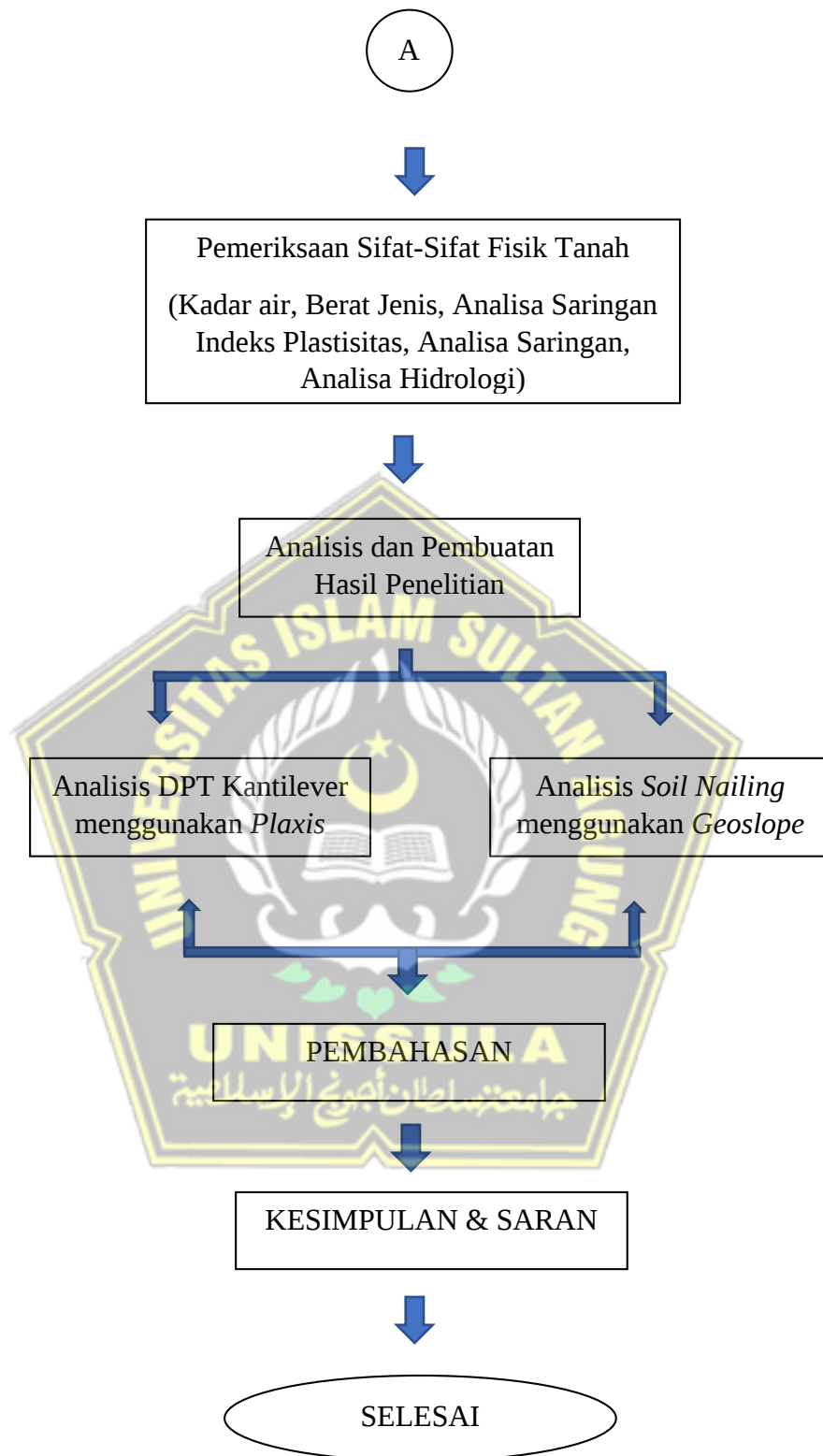
- Identifikasi data tanah di Proyek *BSB City Cluster Victoria Hills*
- Dimensi dinding penahan tanah

Data-data utama proyek

- a) Data proyek
- b) Struktur DPT
- c) Data tanah

3.2 Bagan Alur Proses Perencanaan





Gambar 3.1 Bagan Alur Proses Perencanaan

3.3 Pengambilan Sample Tanah

Pengambilan sampel tanah dari *BSB City* menggunakan karung beras dan langsung di bawa ke 1 Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Sultan Agung Semarang.

3.4 Pengujian Laboratorium

Pada lokasi penelitian berada di *BSB City* Ngaliyan Semarang. Untuk mengidentifikasi jenis tanah di lingkungan tersebut maka dilakukan pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Sultan Agung Semarang.

3.4.1 Pemeriksaan Sifat- Sifat Fisik Tanah

3.4.1.1 Uji Hidrometer

Analisis hidrometer adalah metode untuk menghitung distribusi ukuran butir tanah berdasarkan sedimentasi tanah dalam air, kadang disebut juga uji sedimentasi. Analisis hidrometer ini bertujuan untuk mengetahui pembagian ukuran butir tanah yang berbutir halus. Manfaat hasil uji ini adalah untuk perbandingan dengan sifat tanah yang ditentukan dari uji batas-batas *Atterberg* dan untuk menentukan aktivitas tanah.

3.4.1.2 Uji *Specific Gravity*

Percobaan ini mencakup berat jenis tanah dengan menggunakan botol Erlenmeyer. Berat jenis tanah digunakan pada hubungan fungsional antara fase udara, air dan butiran dalam tanah dan oleh karenanya diperlukan untuk perhitungan-perhitungan parameter indeks tanah.

▪ Peralatan Yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada percobaan ini adalah :

1. Piknometer
2. Neraca analitis dan anak timbangan
3. Oven
4. Termometer
5. *Aquadest*

▪ **Prosedur Percobaan**

Tata cara dalam percobaan ini :

1. Mencari harga air piknometer:
 - a. Piknometer kosong ditimbang, misal : a gram
 - b. Piknometer diisi aquadest hingga penuh, kemudian ditimbang, misal : b gram. Dan diukur temperaturnya, misal : T_1 ° C.
2. Harga air piknometer : $(b - a) t_1$, dimana t_1 : koreksi T_1 . (Tabel)
3. Mencari G_s
4. Sampel secukupnya diambil, kemudian masukkan dalam piknometer diatas yang sudah bersih dan kering, kemudian ditimbang, misal : c gram (20 – 25 gr)
5. Piknometer dan sampel tersebut diisi aquadest sampai dibawah leher piknometer, kemudian dikocok-kocok / diketuk-ketuk sampai gelembung udara hilang, lalu diamkan ± 24 jam
6. Setelah ± 24 jam, piknometer tersebut ditambah aquadest lagi sampai penuh dan ditimbang, misal : d gram
7. Kemudian diukur temperaturnya dengan thermometer, misal : T_2 ° C.
8. Koreksi temperaturnya dapat dilihat dalam tabel, misal : t_2

3.4.1.3 Uji Atterberg Limits (ATL)

Percobaan ini mencakup penentuan batas-batas *Atterberg* yang meliputi batas susut, batas plastis, dan batas cair.

Maksud dari *Uji Atterberg Limits* adalah untuk menentukan angka-angka konsistensi *Atterberg*, yaitu:

- Batas susut/ *Shrinkage limit* (w_s)
- Batas plastis/ *Plastic limit* (w_p)
- Batas cair/ *Liquid limit* (w_L)

▪ Peralatan yang digunakan

1. Saringan no. 40
2. Cawan
3. Alat *Cassagrande* dengan colet penggarisnya.
4. Mangkok/cawan besar
5. Colet
6. Neraca analitis
7. Oven
8. *Excicator* (alat pendingin)

▪ Prosedur percobaan

1. Ambil sampel tanah secukupnya, kemudian dioven selama ± 24 jam. Setelah itu ditumbuk dan diayak dengan saringan no.40 (0,425 mm)
2. Sampel tanah diambil sebagian dan diletakkan di mangkok, diberi aquadest dan dicampur sampai homogen.
3. Setelah homogen, sampel tersebut dimasukkan dalam mangkok *cassagrande* dan diratakan, kemudian bagian tengahnya digaris dengan colet sehingga membentuk celah
4. Engkol pemutar diputar, sehingga mangkok mengalami ketukan dengan tinggi jatuh ± 1 cm dengan kecepatan kira-kira 2 putaran per detik
5. Pemutaran berhenti setelah tanah menutup sepanjang kira-kira 2 cm
6. Percobaan ini dilakukan sebanyak 4 kali dengan kadar air yang berbeda dan diperkirakan tanah menutup sepanjang 2 cm dibawah 25 kali ketukan sebanyak 2 kali dan diatas 25 kali sebanyak 2 kali.
Pada tiap percobaan, diambil sampel untuk dicari kadar airnya.

3.4.1.4 Uji *Direct Shear*

Percobaan ini adalah untuk menentukan kuat geser tanah setelah mengalami konsolidasi akibat suatu beban dengan drainase 2 arah. Pemeriksaan dapat dilakukan dengan single shear atau double shear. Pemeriksaan dapat dibuat pada semua jenis tanah dan pada contoh asli (undisturbed) atau contoh tanah tidak asli (disturbed). Dalam perhitungan mekanika tanah, kuat geser ini bisa dinyatakan dengan kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ).

- Peralatan yang digunakan
 1. Perangkat Direct Shear
 2. Timbangan dan anak timbangan/beban
 3. Stop Watch
 4. Pisau atau alat pemotong dan ring pencetak
- Prosedur percobaan
 1. *Direct shear test* disiapkan. *Stop Watch* diatur menunjuk pada angka nol
 2. Sampel dicetak dan ditempatkan/dimasukkan ke dalam tempatnya
 3. Beban vertikal (normal) dipasang guna mendapatkan tegangan normal (τ_n)
 4. Alat pemutar diputar dan bersama dengan itu *stop watch* ditekan (mulai jalan). Putaran dilakukan secara teratur dan kecepatan pemutaran harus tetap, yaitu sekali putaran ± 2 detik. Hal ini untuk mendapatkan tegangan geser (τ_s)
 5. Pada waktu keadaan sudah menggeser, jarum dicatat pada kedudukan jarum tertinggi, demikian juga waktunya
 6. Percobaan dilakukan beberapa kali dengan beban yang berbeda-beda, mulai dari kecil makin lama makin besar. Hal ini untuk mendapatkan tegangan yang berbeda, sehingga hasilnya dapat dibuat grafik.

3.4.1.5 Analisa Saringan

Percobaan ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui jumlah tanah yang tertahan dan lolos pada saringan dalam saringan yang telah ditentukan. Peralatan yang digunakan yaitu: Peralatan yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada percobaan ini adalah :

1. Susunan saringan ($\varnothing$ 4,75 mm s/d $\varnothing$ 0,075 mm)
 2. Oven
 3. Cawan alumunium
 4. Neraca analitis dan anak timbangan
 5. Penggetar
- Prosedur percobaan
1. Ambil sampel kering secukupnya dan ditimbang, misal : A gram.
 2. Letakkan sampel dalam cawan besar, diberi air lalu direndam selama $\pm$ 24 jam.
 3. Kemudian dicuci didalam saringan yang berdiameter 0,075 mm (no. 200) dan lumpurnya ditempatkan sendiri.
 4. Sampel yang bersih dari lumpur tadi dioven kemudian ditimbang, misal : B gram.
 5. Siapkan susunan saringan pada alat penggetar, dengan $\varnothing$ makin kebawah makin kecil.
 6. Sampel yang sudah ditimbang diletakkan pada saringan teratas, kemudian digetarkan $\pm$ 15 menit.
 7. Masing-masing sampel yang tertinggal pada saringan diletakkan dalam alumunium, lalu ditimbang.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Uji Penyelidikan Tanah

Telah dilakukan uji penyelidikan tanah pada laboratorium mekanika tanah Universitas Islam Sultan Agung, sampel tanah yang telah diuji diambil dari proyek perumahan *Cluster Victoria Hills BSB* Semarang. Terdapat 5 uji yang sudah dilaksanakan, diantaranya yaitu, uji berat jenis butiran, uji *direct shear*, uji *atterberg limits*, uji hidrometer, dan yang terakhir uji analisa saringan. Dari kelima uji tersebut didapatkan data yang digunakan untuk menghitung desain dan perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever.

4.1.1 Berat Jenis Butiran/*Specific Gravity* (GS)

▪ Peralatan Yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada percobaan ini adalah :

1. Piknometer
2. Neraca analitis dan anak timbangan
3. Oven
4. Termometer
5. *Aquadest*

▪ Prosedur Percobaan

Tata cara dalam percobaan ini :

1. Mencari harga air piknometer:
 - c. Piknometer kosong ditimbang, misal : a gram
 - d. Piknometer diisi aquadest hingga penuh, kemudian ditimbang, misal : b gram. Dan diukur temperaturnya, misal : T_1 ° C.
2. Harga air piknometer : $(b - a) t_1$, dimana t_1 : koreksi T_1 . (Tabel)
3. Mencari G_s

4. Sampel secukupnya diambil, kemudian masukkan dalam piknometer diatas yang sudah bersih dan kering, kemudian ditimbang, misal : c gram (20 – 25 gr)
 5. Piknometer dan sampel tersebut diisi aquadest sampai dibawah leher piknometer, kemudian dikocok-kocok / diketuk-ketuk sampai gelembung udara hilang, lalu diamkan ± 24 jam
 6. Setelah ± 24 jam, piknometer tersebut ditambah aquadest lagi sampai penuh dan ditimbang, misal : d gram
 7. Kemudian diukur temperaturnya dengan thermometer, misal : T_2 ° C.
 8. Koreksi temperaturnya dapat dilihat dalam tabel, misal : t_2
- Data hasil percobaan

Tabel 4.1 Pemeriksaan *Spesific Gravity*

	Sampel	SAT	HB (4,00 MTR)
A	Piknometer No.		24
B	Piknometer + sampel	(gr)	37,2
C	Berat piknometer	(gr)	26,9
D	Harga air piknometer	(gr)	50,41
E	Berat pikno + air + sampel	(gr)	83,5
F	Koreksi temperatur 30°	(t_1 °c)	1,00428
G	Koreksi temperatur 30°	(t_2 °c)	1,00428
H	Berat sampel	(gr)	10,3
I	Berat air	(gr)	46,3
j	<i>Grafity spesific</i>		2,630
	Average		2,630

4.1.2 Direct Shear Test

- Peralatan yang digunakan
 1. Perangkat Direct Shear
 2. Timbangan dan anak timbangan/beban
 3. Stop Watch
 4. Pisau atau alat pemotong dan ring pencetak

- Prosedur percobaan
 1. *Direct shear test* disiapkan. *Stop Watch* diatur menunjuk pada angka nol
 2. Sampel dicetak dan ditempatkan/dimasukkan ke dalam tempatnya
 3. Beban vertikal (normal) dipasang guna mendapatkan tegangan normal (τ_n)
 4. Alat pemutar diputar dan bersama dengan itu *stop watch* ditekan (mulai jalan). Putaran dilakukan secara teratur dan kecepatan pemutaran harus tetap, yaitu sekali putaran ± 2 detik. Hal ini untuk mendapatkan tegangan geser (τ_s)
 5. Pada waktu keadaan sudah menggeser, jarum dicatat pada kedudukan jarum tertinggi, demikian juga waktunya
 6. Percobaan dilakukan beberapa kali dengan beban yang berbeda-beda, mulai dari kecil makin lama makin besar. Hal ini untuk mendapatkan tegangan yang berbeda, sehingga hasilnya dapat dibuat grafik.

- Data hasil percobaan

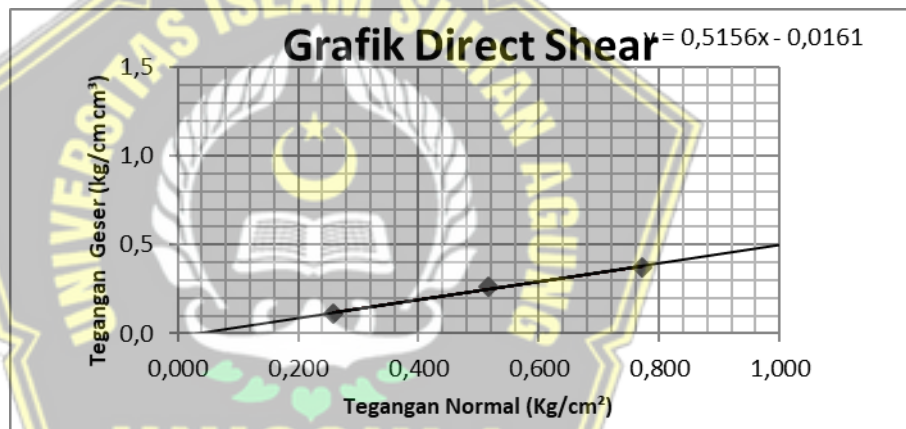
Tabel 4.2 Direct Shear Test

No. Test	I	II	III
Gaya normal	P1 = 8 Kg	P2 = 16 Kg	P3 = 24 Kg
Tegangan normal Kg/cm ³	0,257566	0,515132003	0,772698004

Diameter cetakan : 6,29 cm
 Tinggi cetakan : 2 cm
 Luas permukaan : 31,06
 Kalibrasi proving ring : 0,375 Kg/div

Tabel 4.3 Direct Shear Test

No. test	I	II	III
Bacaan dial maximum	40	60	65
Gaya geser (Kg)	15,000	22,500	24,375
Tegangan geser (Kg/cm ²)	0,483	0,724	0,785
Tegangan normal (Kg/cm ²)	0,257566	0,515132003	0,772698004



Gambar 4.1 Grafik *Direct Shear*

Slop = 0,515
 Kohesi = 0,016 kg /cm² = 1,57 kN/m
 Sudut geser dalam (°) = 27,238



Gambar 4.2 Direct shear
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4.1.3 *Atterberg limits*

- Peralatan yang digunakan
 1. Saringan no. 40
 2. Cawan
 3. Alat *Cassagrande* dengan colet penggarisnya.
 4. Mangkok/cawan besar
 5. Colet
 6. Neraca analitis
 7. Oven
 8. *Exicator* (alat pendingin)
- Prosedur percobaan
 1. Ambil sampel tanah secukupnya, kemudian dioven selama ± 24 jam. Setelah itu ditumbuk dan diayak dengan saringan no.40 (0,425 mm)
 2. Sampel tanah diambil sebagian dan diletakkan di mangkok, diberi aquadest dan dicampur sampai homogen.
 3. Setelah homogen, sampel tersebut dimasukkan dalam mangkok *cassagrande* dan diratakan, kemudian bagian tengahnya digaris dengan colet sehingga membentuk celah

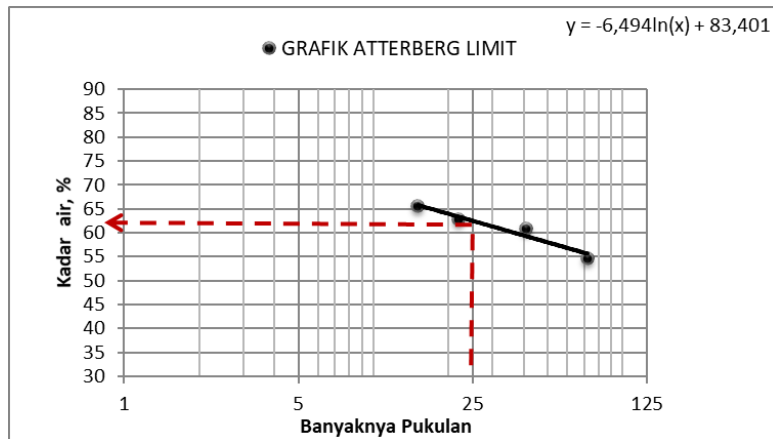
4. Engkol pemutar diputar, sehingga mangkok mengalami ketukan dengan tinggi jatuh ± 1 cm dengan kecepatan kira-kira 2 putaran per detik
5. Pemutaran berhenti setelah tanah menutup sepanjang kira-kira 2 cm
6. Percobaan ini dilakukan sebanyak 4 kali dengan kadar air yang berbeda dan diperkirakan tanah menutup sepanjang 2 cm dibawah 25 kali ketukan sebanyak 2 kali dan diatas 25 kali sebanyak 2 kali.

Pada tiap percobaan, diambil sampel untuk dicari kadar airnya.

- Data hasil percobaan

Tabel 4.4 Atterberg Limits (ATL)

Banaknya pukulan	15	22	41	72	Batas plastis (PL)
Batas cair (LL)					
No. cawan	10	11	12	14	
Berat cawan + sampel basah gr	19,9	25,8	28	20,6	10,5
Berat cawan + sampel kering (gr)	13,6	18,2	19,9	14,8	9,1
Berat air (gr)	6,3	7,6	8,1	5,8	1,4
Berat cawan (gr)	4	6,1	6,6	4,2	4,1
Berat sampel kering (gr)	9,6	12,1	13,3	10,6	5
Kadar air (%)	65,63	62,81	60,90	54,72	28,00



Gambar 4.3 Grafik Atterberg Limit

Berdasarkan grafik 4.4 jumlah kadar air yaitu 63%.

Tabel 4.5 Summary Nilai PL,LL, dan PI

LL	PL	PI
62,509	28,00	34,51

Cara Penggambaran Grafik :

Dari hasil-hasil diatas, dibuat grafik dengan sumbu absisnya adalah banyak ketukan dan prosentase kadar air sebagai sumbu ordinatnya. Keempat titik percobaan dihubungkan dengan garis lurus sehingga memotong sumbu ordinat pada ketukan ke 25.

Titik potong ketukan ke 25 dan garis lurus ditarik garis mendatar sehingga didapatkan prosentase kadar air.

Titik kadar itu adalah batas cair dari tanah tersebut.



Gambar 4.4 Alat *Cassagrande*
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4.1.4 *Hidrometer Analysis*

- Peralatan yang digunakan
Alat – alat yang digunakan pada percobaan ini yaitu :
 1. Hidrometer
 2. Gelas ukur 1000 cc
 3. Cawan porselin dan penumbuk
 4. *Stopwatch*
 5. Oven
- Prosedur percobaan
 1. Sample yang lolos saringan no.200, dioven selama ± 24 jam kemudian ditimbang dan dihaluskan lagi dengan cawan porselin penumbuk sampai halus.
 2. Sample tersebut kemudian direndam dengan aquadest selama 24 jam.
 3. Hasil rendaman tersebut dimasukkan kedalam gelas ukur dan ditambah aquadest sampai 1000 cc, kemudian gelas ukur dikocok sampai air dan sample tanah tersebut menjadi homogen.
 4. Letakkan gelas ukur ditempat yang datar, kemudian masukkan hidrometer kedalam gelas ukur, bersamaan

dengan itu *stopwatch* dihidupkan. Pembacaan 0 detik dilakukan saat hidrometer mulai stabil.

5. Pembacaan dimulai dari 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1, 2, 5, 10, 45, 60, 120 menit dan seterusnya sampai hidrometer mencapai angka 0.

Keterangan:

Alat hidrometer makin lama makin bergerak turun, hal ini menunjukkan lumpur makin mengendap. Pada pembacaan strip-strip hidrometer kadang-kadang terdapat kelengkungan air, hal ini dapat menghilangkan pembacaan.

Apabila hal itu terjadi, maka 15 detik sebelum dilakukan pembacaan, garis ukur kita goyang perlahan-lahan agar kelengkungan hidrometer turun dan dapat dibaca. Apabila masih begitu juga, kita ambil tengah-tengah antara puncak dan bidang datar.

- Data hasil percobaan

Tabel 4.6 Pengujian Hidrometer

Waktu (menit)	Waktu	Waktu Pembacaan	Waktu Z	Waktu Mol Tanah (m)	Waktu Butiran (%)	Waktu Komulatif (%)	Waktu (%)
0	40	0	24	0,00000	0,0	0,00	31,80
$\frac{1}{4}$	40	0	24	0,00412	0,0	0,00	31,80
$\frac{1}{2}$	39	1	23,8	0,00290	0,8	0,80	31,01
1	35	4	23,2	0,00202	3,2	3,98	27,83
2	30	5	23	0,00143	4,0	7,95	23,85
5	25	5	23	0,00090	4,0	11,93	19,88
10	4	21	19,8	0,00059	16,7	28,62	3,18
45	0	4	23,2	0,00052	3,2	31,80	0,00
60	0	0	24	0,00027	0,0	31,80	0,00

90	0	0	24	0,00022	0,0	31,80	0,00
120	0	0	24	0,00019	0,0	31,80	0,00
		40					



Gambar 4.5 Hidrometer
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

4.1.5 Analisa Saringan (*Grain Size*)

- Peralatan yang digunakan

Alat-alat yang digunakan pada percobaan ini adalah :

1. Susunan saringan ($\varnothing$ 4,75 mm s/d $\varnothing$ 0,075 mm)
2. Oven
3. Cawan alumunium
4. Neraca analitis dan anak timbangan
5. Penggetar

▪ Prosedur percobaan

1. Ambil sampel kering secukupnya dan ditimbang, misal : A gram.
2. Letakkan sampel dalam cawan besar, diberi air lalu direndam selama ± 24 jam.
3. Kemudian dicuci didalam saringan yang berdiameter 0,075 mm (no. 200) dan lumpurnya ditempatkan sendiri.
4. Sampel yang bersih dari lumpur tadi dioven kemudian ditimbang, misal : B gram.
5. Siapkan susunan saringan pada alat penggetar, dengan $\emptyset$ makin kebawah makin kecil.
6. Sampel yang sudah ditimbang diletakkan pada saringan teratas, kemudian digetarkan ± 15 menit.
7. Masing-masing sampel yang tertinggal pada saringan diletakkan dalam alumunium, lalu ditimbang.

▪ Data hasil percobaan

Tabel 4.7 Analisa Saringan

Diamter Saringan	No. cawan	Berat Cawan (gr)	Brt.sample + Cwn yg tertinggal dlmsaringan (gr)	Brt.Smpl ygtertinggal dalam saringan (gr)	Prosentase tanah yg tertinggal (%)	Komulatif prosentase tertinggal (%)	Percent finer (%)
4,750	1	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	100,00
2,000	2	4,10	7,70	3,60	1,80	1,80	98,20
0,850	3	4,00	12,50	8,50	4,25	6,05	93,95
0,425	4	4,10	23,20	19,10	9,55	15,60	84,40
0,250	5	3,80	28,80	25,00	12,50	28,10	71,90
0,180	6	6,70	62,50	55,80	27,90	56,00	44,00
0,150	7	4,10	12,40	8,30	4,25	60,15	39,85
0,075	8	6,70	22,20	15,50	7,75	67,90	32,10
0,000	9	3,80	4,40	0,60	0,30	68,20	31,80
				136,40	68,20		

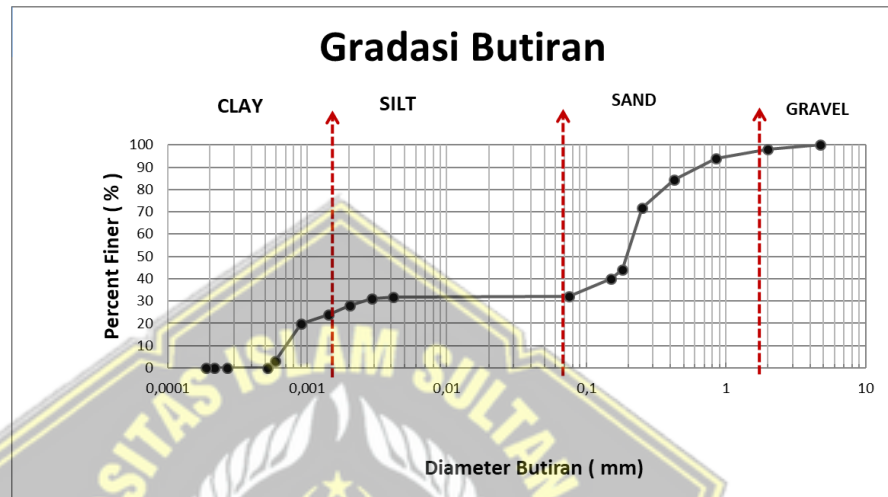
Kesimpulan :

Clay (%) = 3,18

Silt (%) = 28,92

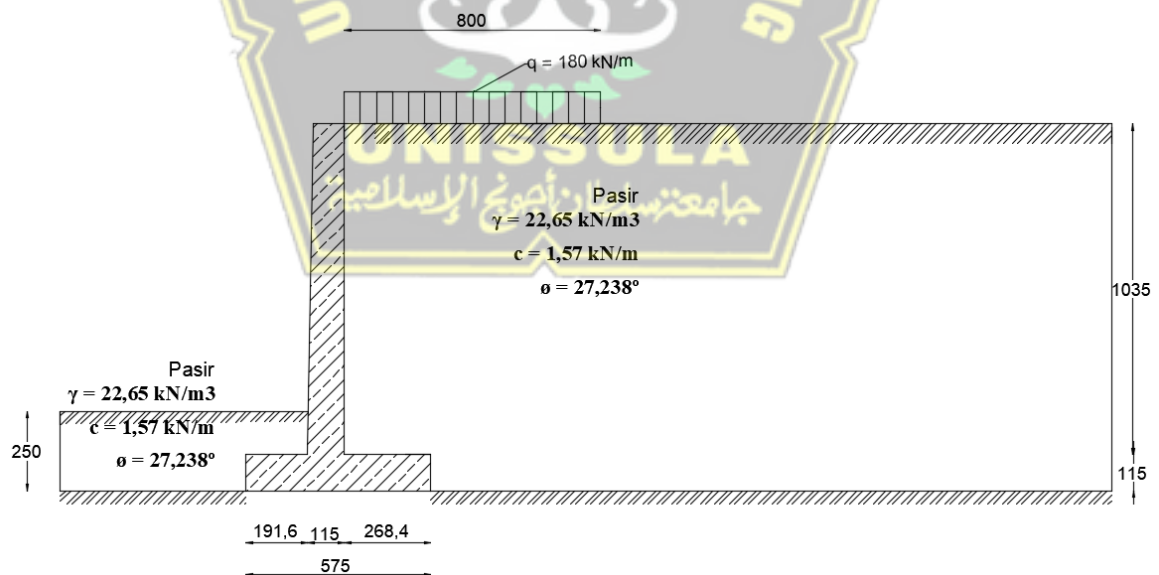
Sand (%) = 66,10

Gravel (%) = 1,80



Gambar 4.6 Grain Size Accumulation Curve

4.2. Analisis Struktur DPT Kantilever

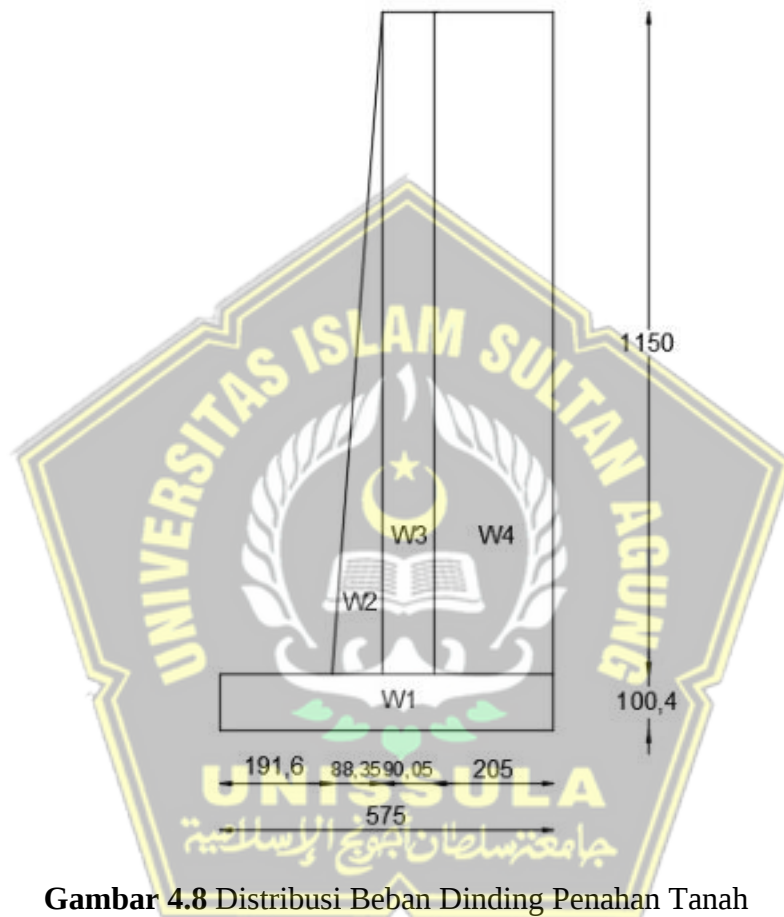


Gambar 4.7 Dinding Penahan Tanah Kantilever

- **Data Tanah**

- c (kohesi) = 1,57 kN/m
- γ (gamma tanah) = 22,65 kN/m³
- ϕ (sudut geser) = 27,238°
- γ_b = 25 kN/m³

- **Menghitung berat dinding penahan tanah**



Gambar 4.8 Distribusi Beban Dinding Penahan Tanah

- Bidang 1

$$W1 = b \times h \times \gamma_b$$

$$= 5,75 \times 1,15 \times 25 = 165,313 \text{ kN/m}$$

- Bidang 2

$$W2 = \frac{1}{2} \times b \times h \times \gamma_b$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,192 \times 10,35 \times 25 = 24,84 \text{ kN/m}$$

- Bidang 3

$$W3 = b \times h \times \gamma b$$

$$= 0,958 \times 10,35 \times 25 = 247,882 \text{ kN/m}$$

- Bidang 4

$$W4 = b \times h \times (\gamma - \gamma_w)$$

$$= 2,684 \times 10,35 \times (22,65 - 10) = 348,909 \text{ kN/m}$$

- Beban akibat beban merata

$$W = q \times l$$

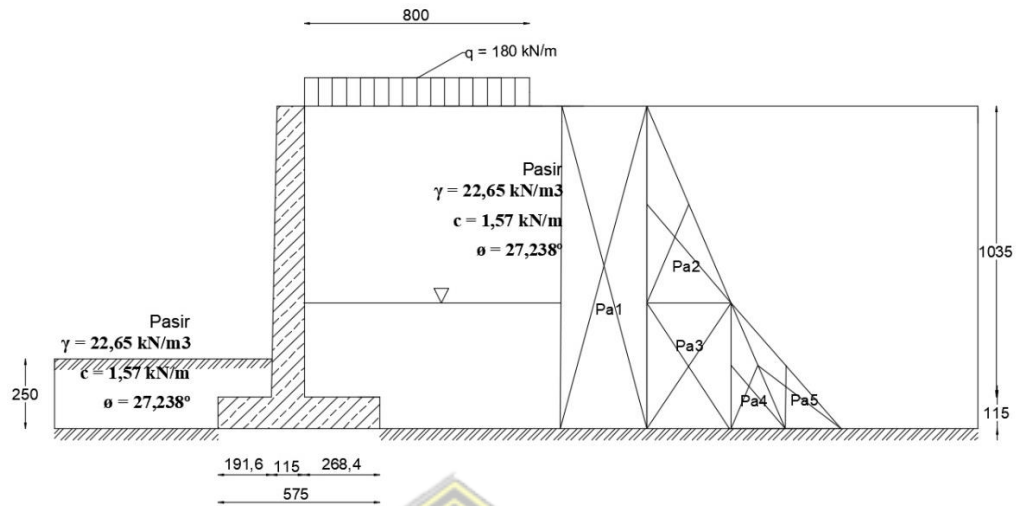
$$= 180 \times 8 = 1440 \text{ kN/m}$$

- Momen akibat berat sendiri struktur dinding penahan tanah

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Momen Akibat Gaya Vertikal

Bidang	W (berat) Kn	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	165,313	5,75	950,55
2	24,84	3,77	93,65
3	247,882	3,163	783,05
4	348,909	1,025	357,63
5.	1440	8	11520
	$\Sigma W = 2226,94$		$\Sigma Mw = 13704,9$

▪ **Menghitung tekanan tanah aktif**



Gambar 4.9 Gaya-Gaya Yang Terjadi Pada DPT Kantilever

- Koefisien tekanan tanah aktif

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin 27,238}{1 + \sin 27,238} = 0,372$$

- Koefisien tekanan tanah pasif

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \frac{1 + \sin 27,238}{1 - \sin 27,238} = 2,68$$

- Tekanan tanah aktif

$$\begin{aligned} Pa_1 &= K_a \times q \times H \\ &= 0,372 \times 180 \times 11,5 \\ &= 770,04 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_2 &= \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma \times H^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0,372 \times 22,65 \times 7^2 \\ &= 206,432 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa_3 &= K_a \times \gamma \times H \\ &= 0,372 \times 22,65 \times 4,5 \\ &= 37,916 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa_4 &= \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma' \times H^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,372 \times (22,65 - 10) \times 4,5^2 \\
 &= 47,64 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa_5 &= \frac{1}{2} \times \gamma_w \times H^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 10 \times 4,5^2 \\
 &= 101,25 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_p &= \frac{1}{2} \times K_p \times \gamma \times H^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 2,68 \times 22,65 \times 2,5^2 \\
 &= 189,693 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Momen akibat gaya lateral tanah

Tabel 4.9 Gaya – Gaya Horizontal Dan Perhitungan Momen

Bidang	Pa (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	770,04	2,33	4427,73
2	206,432	2,25	480,99
3	37,916	5,75	85,31
4	47,64	3,83	182,461
5	101,25	3,83	387,78
	$\Sigma Pa = 2927,97$		$\Sigma Ma = 5564,28$

Tabel 4.10 Gaya – Gaya Horizontal Dan Perhitungan Momen

NO	Pp (kN)	Jarak (m)	Momen (kN.m)
1	189,693	2,5	474,23

- **Jumlah Gaya – Gaya Horizontal**

$$\begin{aligned}
 \Sigma Ph &= \Sigma Pa - \Sigma Pp \\
 &= 1163,278 - 474,23 = 689,05 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- **Momen yang Mengakibatkan Penggulingan**

$$\begin{aligned}
 \Sigma Mg &= \Sigma Ma - \Sigma Mp \\
 &= 5564,28 - 474,23 \\
 &= 5090,05
 \end{aligned}$$

- **Menghitung Stabilitas Terhadap Penggeseran**

Tahanan geser pada dinding sepanjang $B = 5,75$ m, dihitung dengan menganggap dasar dinding sangat kasar. Sehingga sudut geser $\delta_b = \phi / 2$ dan adhesi $c_d = c$.

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

$$\Sigma R_h = c_d \cdot B + W \tan \delta_b$$

$$\Sigma R_h = c_d \cdot B + W \tan \delta_b$$

$$= (1,57 \cdot 5,75) + 966,94 \cdot 0,34 = 337,788 \text{ kN/m}$$

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5$$

$$F_{gs} = \frac{337,78}{2689,05} \geq 1,5$$

$$= 0,49 \geq 1,5 \text{ ----- } (\neq \text{OK})$$

- **Menghitung Stabilitas Terhadap Penggulingan**

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah dibelakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding, dengan pusat rotasi terletak pada ujung kaki depan dinding penahan tanah.

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_a} \geq 1,5$$

$$F_{gl} = \frac{3624,88}{5564,27} \geq 1,5$$

$$= 0,65 \geq 1,5 \text{ ----- } (\neq \text{OK})$$

- **Stabilitas Terhadap Keruntuhan Kapasitas Daya Dukung Tanah**

Dalam hal ini akan digunakan persamaan Hansen pada perhitungan, dengan menganggap pondasi terletak di permukaan.

$$X_e = \frac{\sum M_w - \sum M_a}{\sum W}$$

$$X_e = \frac{13704,9 - 5564,28}{2226,94}$$

$$X_e = 3,66$$

Eksentrisitas (e)

$$e = \frac{B}{2} - X_e$$

$$e = \frac{5,75}{2} - 3,66$$

$$e = -0,785$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar Efektif (B')} &= B - 2e \\ &= 5,75 - (2 \times -0,785) \text{ m} \\ &= 7,32 \text{ m} \\ A' &= B' \times 1 \\ &= 5,58 \times 1 \\ &= 7,32 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Gaya – Gaya yang ada pada dinding

- Gaya horizontal = 689,048 kN/m
- Gaya vertikal = 2226,94 kN/m

Faktor Kemiringan Beban

$$i_q = \left[1 - \left[\frac{0,5 \sum H}{\sum V + A' \times C_2 \times \tan \phi} \right] \right]^5$$

$$iq = \left[1 - \left[\frac{0,5 \times 689,048}{3986,94 + (7,5 \times 1,57 \times \tan 27,238)} \right] \right]^5$$

$$= 0,43$$

$$ic = iq - \left[\frac{1 - iq}{Nq - 1} \right]$$

Tabel 4.11 Nilai – Nilai Faktor Daya Dukung Tanah

$\phi(^{\circ})$	Meyerhof (1963)			Hansen (1961)			Vesic (1973)		
	N_c	N_q	N_{γ}	N_c	N_q	N_{γ}	N_c	N_q	N_{γ}
0	5.14	1.00	0.00	5.14	1.00	0.00	5.14	1.00	0.00
1	5.38	1.09	0.00	5.38	1.09	0.00	5.38	1.09	0.07
2	5.63	1.20	0.01	5.63	1.20	0.01	5.63	1.20	0.15
3	5.90	1.31	0.02	5.90	1.31	0.02	5.90	1.31	0.24
4	6.19	1.43	0.04	6.19	1.43	0.05	6.19	1.40	0.34
5	6.49	1.57	0.07	6.49	1.57	0.07	6.49	1.57	0.45
6	6.81	1.72	0.11	6.81	1.72	0.11	6.81	1.72	0.57
7	7.16	1.88	0.15	7.16	1.88	0.16	7.16	1.88	0.71
8	7.53	2.06	0.21	7.53	2.06	0.22	7.53	2.06	0.86
9	7.92	2.25	0.28	7.92	2.25	0.30	7.92	2.25	1.03
10	8.34	2.47	0.37	8.34	2.47	0.39	8.34	2.47	1.22
11	8.80	2.71	0.47	8.80	2.71	0.50	8.80	2.71	1.44
12	9.28	2.97	0.60	9.28	2.97	0.63	9.28	2.97	1.69
13	9.81	3.26	0.74	9.81	3.26	0.78	9.81	3.26	1.97
14	10.37	3.59	0.92	10.37	3.59	0.97	10.37	3.59	2.29
15	10.98	3.94	1.13	10.98	3.94	1.18	10.98	3.94	2.65
16	11.63	4.34	1.37	11.63	4.34	1.43	11.63	4.34	3.06
17	12.34	4.77	1.66	12.34	4.77	1.73	12.34	4.77	3.53
18	13.10	5.26	2.00	13.10	5.26	2.08	13.10	5.26	4.07
19	13.93	5.80	2.40	13.93	5.80	2.48	13.93	5.80	4.68
20	14.83	6.40	2.87	14.83	6.40	2.95	14.83	6.40	5.39
21	15.81	7.07	3.42	15.81	7.70	3.50	15.81	7.07	6.20
22	16.88	7.82	4.07	16.88	7.80	4.13	16.88	7.82	7.13
23	18.05	8.66	4.82	18.05	8.66	4.88	18.05	8.66	8.20
24	19.32	9.60	5.72	19.32	9.60	5.75	19.32	9.60	9.44
25	20.72	10.66	6.77	20.72	10.66	6.76	20.72	10.66	10.88
26	22.25	11.85	8.00	22.25	11.85	7.94	22.25	11.85	12.54
27	23.94	13.20	9.46	23.94	13.20	9.32	23.94	13.20	14.47
28	25.80	14.72	11.19	25.80	14.72	10.94	25.80	14.72	16.72
29	27.86	16.44	13.24	27.86	16.44	12.84	27.86	16.44	19.34
30	30.14	18.40	15.67	30.14	18.40	15.07	30.14	18.40	22.40
31	32.67	20.63	18.56	32.67	20.63	17.69	32.67	20.63	25.99
32	35.49	23.18	22.02	35.49	23.18	20.79	35.49	23.18	30.21
33	38.64	26.09	26.17	38.64	26.09	24.44	38.64	26.09	35.19
34	42.16	29.44	31.15	42.16	29.44	28.77	42.16	29.44	41.06
35	46.12	33.30	37.15	46.12	33.30	33.92	46.12	33.30	48.03
36	50.59	37.75	44.43	50.59	37.75	40.05	50.59	37.75	56.31
37	55.63	42.92	53.27	55.63	42.92	47.38	55.63	42.92	66.19
38	61.35	48.93	64.07	61.35	48.93	56.17	61.35	48.93	78.02
39	67.87	55.96	77.33	67.87	55.96	66.76	67.87	55.96	92.25
40	75.31	64.20	93.69	75.31	64.20	79.54	75.31	64.20	109.41
41	83.86	73.90	113.99	83.86	73.90	95.05	83.86	73.90	130.21

Berdasarkan tabel : (untuk $\phi = 28^\circ$)

$$N_c = 25,80$$

$$N_q = 14,72$$

$$N_\gamma = 16,72$$

$$i_c = 0,147 - \left[\frac{1 - 0,99}{14,72 - 1} \right]$$

$$= 0,146$$

$$i_y = \left[1 - \left[\frac{0,7 \sum H}{\sum V + A \times C_2 \times \cot \phi} \right] \right]^5$$

$$i_y = \left[1 - \left[\frac{0,7 \times 689,04}{3986,94 + 7,5 \times 1,57 \times \tan 27,238} \right] \right]^5$$

$$= 0,29$$

Kapasitas Dukung Ultimit untuk Pondasi di permukaan menurut Hansen

:

$$D_f = 0$$

$$d_c = d_q = d_\gamma$$

$$S_c = S_q = S_\gamma$$

Didapat :

$$Q_u = i_q \cdot c \cdot N_c + i_y \cdot 0,5 \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma$$

$$= 0,43 \cdot 0,146 \cdot 25,80 + 0,29 \cdot 0,5 \cdot 7,5 \cdot 22,65 \cdot 16,72$$

$$= 422,26 \text{ kN/m}^2$$

Bila dihitung berdasarkan lebar pondasi efektif, yaitu tekanan pondasi ke tanah dasar terbagi rata secara sama, maka

$$q' = \frac{\sum V}{B'} = \frac{2226,94}{7,32} = 304,23 \text{ kN / m}$$

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah :

$$F = \frac{qu}{q'} = \frac{422,26}{304,23} = 1,39 \geq 3 \text{ ----- } (\neq \text{OK})$$

Atau dapat pula faktor aman dihitung dengan :

$$F = \frac{qu \times B'}{\sum V} = \frac{422,26 \times 7,32}{2226,94} = 1,39 \geq 3 \text{ (} \neq \text{OK)}$$

Kebutuhan Tulangan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever

Tulangan lentur dihitung dua kali dengan membagi tinggi dinding menjadi dua, yaitu $\frac{1}{2}$ H bagian bawah dan $\frac{1}{2}$ H bagian atas. Karena momen terbesar hanya terjadi pada bagian bawah dinding, yaitu pertemuan antara dinding dengan telapak. Tulangan yang digunakan yaitu baja ulir dengan, diameter (d) = 30 mm, $F_y = 400 \text{ Mpa}$, mutu beton yang digunakan (f_c') = 33 Mpa.

- Desain tulangan lentur untuk $\frac{1}{2}$ H bagian bawah
 - Tebal dinding (Bb) = 2000 mm
 - Selimut beton (Ts) = 50 mm
 - Tebal efektif (d) = $2000 - 50 - (1/2 \cdot 30) = 1935 \text{ mm} = 1,935 \text{ m}$
 - Lebar ditinjau (b) = 2000 mm = 2 m

Momen ultimit (M_u)

$$\begin{aligned} Pa1 &= 1,6 \times Ka \times q \times H \\ &= 1,6 \times 0,372 \times 180 \times 11,5 \\ &= 1232,06 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa2 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times Ka \times \gamma \times H^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 0,372 \times 22,65 \times 7^2 \\ &= 330,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa3 &= 1,6 \times Ka \times \gamma \times H \\ &= 1,6 \times 0,372 \times 22,65 \times 4,5 \\ &= 60,66 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa4 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times Ka \times \gamma' \times H^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 0,372 \times (22,65 - 10) \times 4,5^2 \\ &= 76,224 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa5 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times \gamma_w \times H^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 10 \times 4,5^2 \\ &= 162 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mu &= [(P1 \cdot H)/2 + (P2 \cdot H)/3 + (P3 \cdot H)/2 + (P4 \cdot H)/3 + (P5 \cdot H)/3] \\ &= [(1232,06 \cdot 11,5)/3 + (330,29 \cdot 7)/2 + (60,66 \cdot 4,5)/2 + (76,22 \cdot 4,5)/3 + (162 \cdot 4,5)/3] \\ &= 4722,89 + 1156,02 + 136,49 + 114,33 + 243 \\ &= 6372,73 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan (As)

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{16070,02}{0,9 \cdot 2 \cdot 1,935^2} = 2,38 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (0,85 \times \frac{f_{c'}}{f_y}) \times (1 - (\frac{2 \times Rn}{0,85 \times f_{c'}})) \\ &= (0,85 \times \frac{33}{400}) \times (1 - (\frac{2 \times 2,38}{0,85 \times 33})) \\ &= 0,058 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,058 \cdot 2000 \cdot 1935 \\ &= 251550 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$As \text{ min} = 0,0015 \cdot b \cdot Bb$$

$$= 0,0015 \cdot 2000 \cdot 2000$$

$$= 6000 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan $\phi 40 \text{ mm}$

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 314 \cdot 30^2$$

$$= 7065,0$$

$$\sum \text{tulangan} = \frac{A_s}{A_b} = \frac{224460}{7065,0} = 31,77 \approx 32 \text{ batang}$$

Jarak antar tulangan

$$s = \frac{b}{n \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{2000}{32}$$

$$= 62,5 \approx 100 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan $\phi = 30 \text{ mm}$ dengan jarak 100 mm (D30 – 100)

- Desain tulangan lentur untuk $\frac{1}{2} H$ bagian atas

$$\text{Tebal dinding (Bb)} = 2000/2 \text{ mm}$$

$$= 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (Ts)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal efektif (d)} = 1000 - 50 - (1/2 \cdot 30) = 935 \text{ mm} = 935 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar ditinjau (b)} = 2000 \text{ mm} = 2 \text{ m}$$

Momen ultimit (Mu)

$$Pa1 = 1,6 \times Ka \times q \times H/2$$

$$= 1,6 \times 0,372 \times 180 \times 11,5/2$$

$$= 616,03 \text{ kN}$$

$$93,16 \cdot 5,75$$

$$Pa2 = \frac{1}{2} \times 1,6 \times Ka \times \gamma \times H/2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 0,372 \times 22,65 \times 7/2$$

$$= 23,60 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 Pa3 &= 1,6 \times Ka \times \gamma \times H/2 \\
 &= 1,6 \times 0,372 \times 22,65 \times 4,5/2 \\
 &= 30,33 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa4 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times Ka \times \gamma' \times H/2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 0,372 \times (22,65 - 10) \times 4,5/2 \\
 &= 8,47 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Pa5 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times \gamma_w \times H/2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 1,6 \times 10 \times 4,5/2 \\
 &= 18 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= [(P1 \cdot H)/2 + (P2 \cdot H)/3 + (P3 \cdot H)/2 + (P4 \cdot H)/3 + (P5 \cdot H)/3] \\
 &= [(616,03 \cdot 11,5)/4 + (23,60 \cdot 7)/6 + (30,33 \cdot 4,5)/4 + (8,47 \cdot 4,5)/6 + (18 \cdot 4,5)/6] \\
 &= 1771,09 + 27,53 + 34,12 + 6,35 + 13,5 \\
 &= 1852,59 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tulangan yang diperlukan (A_s)

$$\begin{aligned}
 Rn &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \\
 &= \frac{1852,59}{0,9 \cdot 2 \cdot 0,93^2} = 1,19 \text{ kNm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i. &= \left(0,85 \times \frac{f_{c'}}{f_y}\right) \times \left(1 - \left(\frac{2 \times Rn}{0,85 \times f_{c'}}\right)\right) \\
 &= \left(0,85 \times \frac{33}{400}\right) \times \left(1 - \left(\frac{2 \times 1,19}{0,85 \times 33}\right)\right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,064$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,064 \cdot 1000 \cdot 935$$

$$= 59665,86 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0,0015 \cdot b \cdot B_b$$

$$= 0,0015 \cdot 1000 \cdot 1000$$

$$= 1500 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan $\varnothing 25 \text{ mm}$

$$A_b = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 314 \cdot 30^2$$

$$= 7065$$

$$\sum \text{tulangan} = \frac{A_s}{A_b} = \frac{59665,86}{7065} = 8,44 \approx 8 \text{ batang}$$

Jarak antar tulangan

$$S = \frac{b}{n \text{ tulangan}}$$

$$= \frac{1000}{8}$$

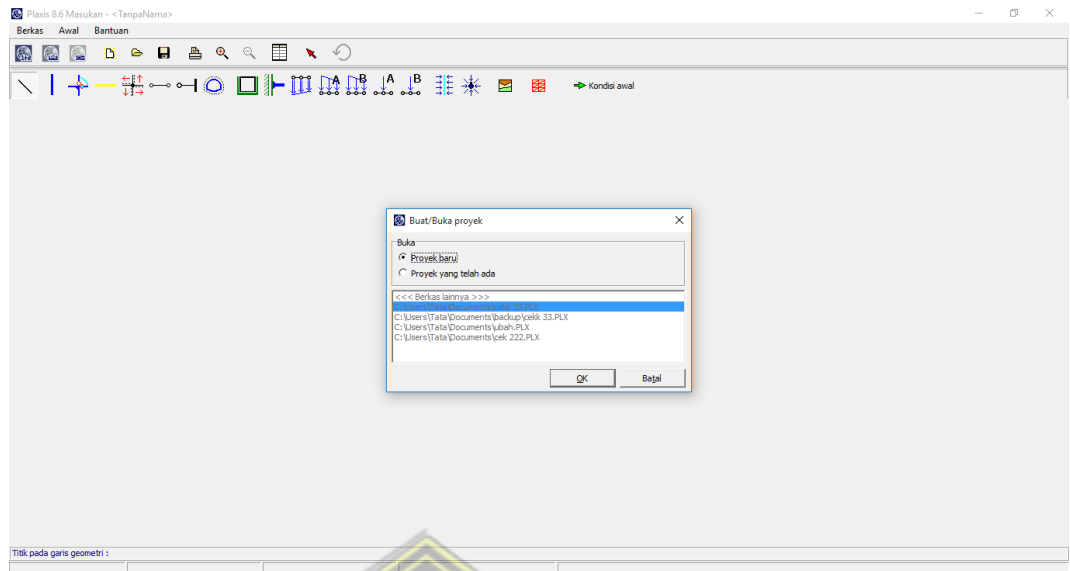
$$= 125 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan $\varnothing = 30 \text{ mm}$ dengan jarak 125 mm (D30 – 125)

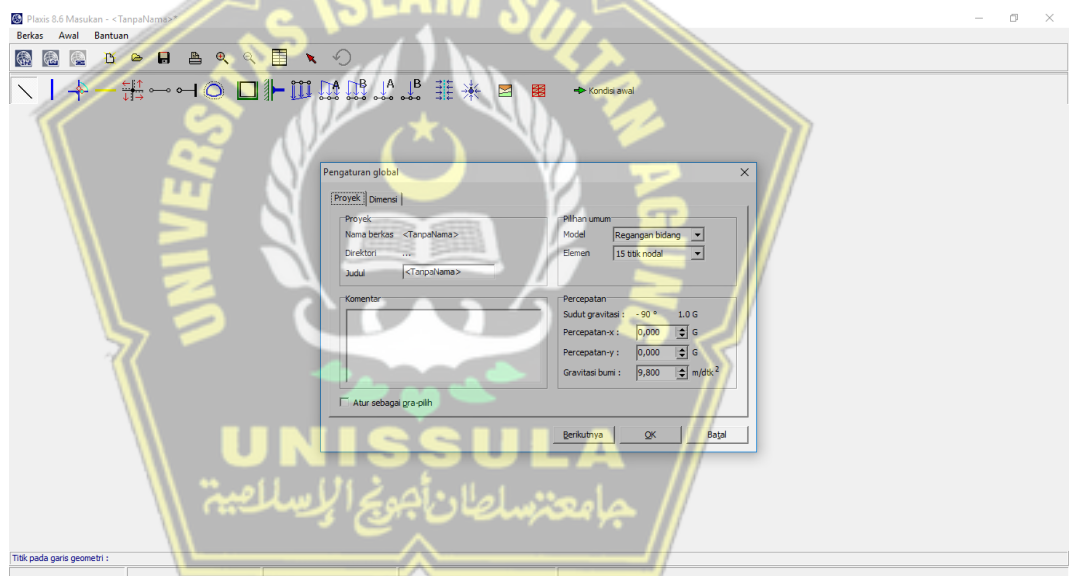
4.3 Analisis DPT kantilever menggunakan *software plaxis*

Pada analisis ini menggunakan *software plaxis*, terdapat dua keadaan yakni menganalisis keadaan nilai *safety factor* sebelum perkuatan dan sesudah perkuatan dengan hasil sebelum perkuatan nilai SF sebesar 0,1 dan setelah perkuatan sebesar 0,1. Hasil ini merupakan hasil tidak aman, karena *safety factor* melebihi kurang dari angka 1,5. Akibatnya DPT beserta lereng runtuh, maka diperlukan adanya perbaikan dari dinding penahan tanah maupun lereng tersebut. pada analisis ini dinding penahan tanah di redesign menjadi DPT kantilever dan lereng diberi perkuatan *soilnailing*.

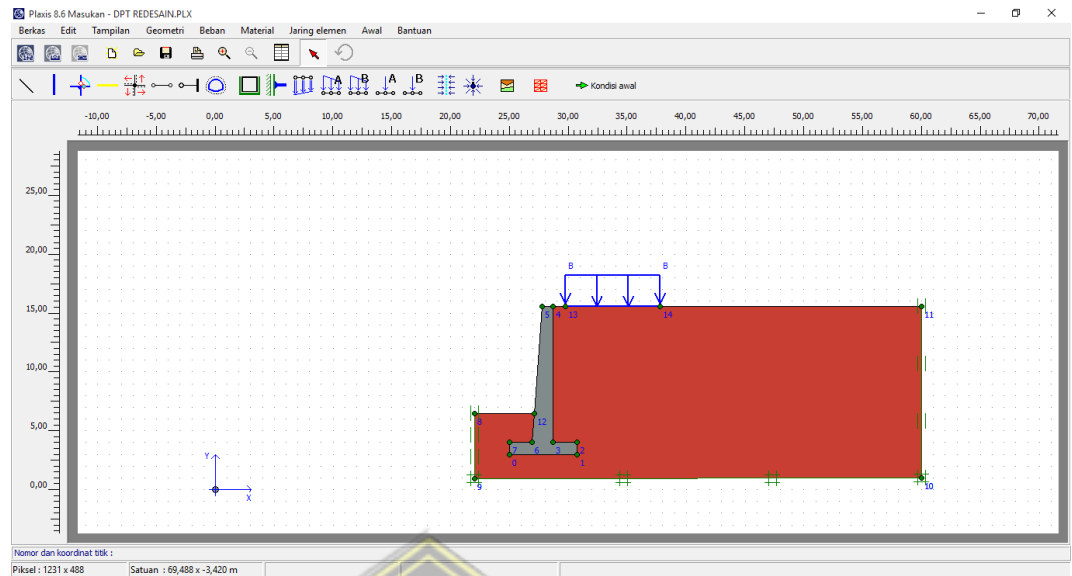
Berikut merupakan urutan proses design DPT Kantilever tanpa perkuatan *soilnailing* menggunakan program *plaxis*:



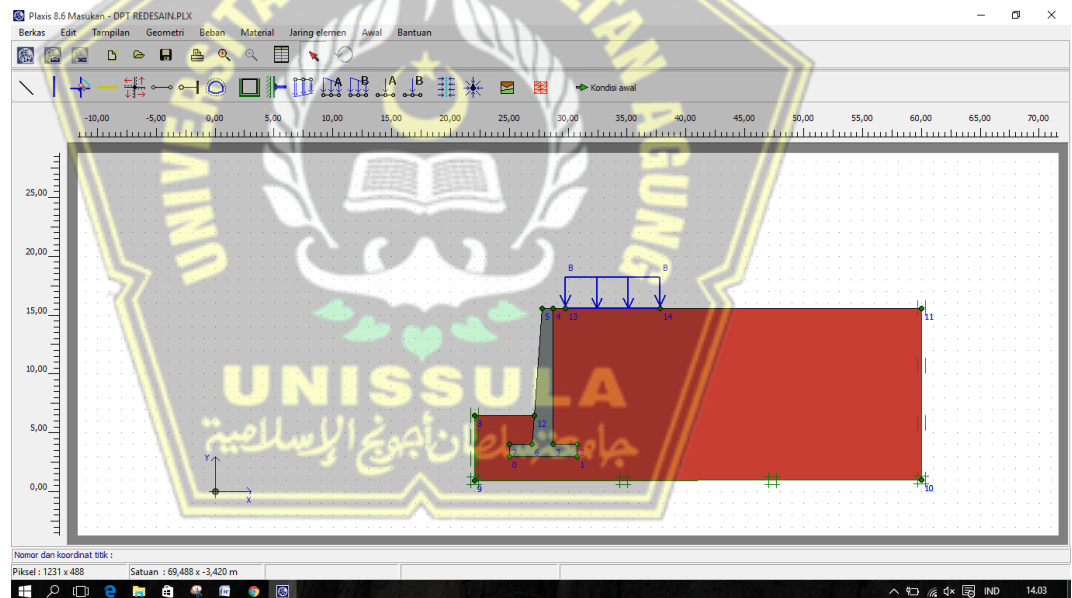
- **Pilih Proyek Baru**



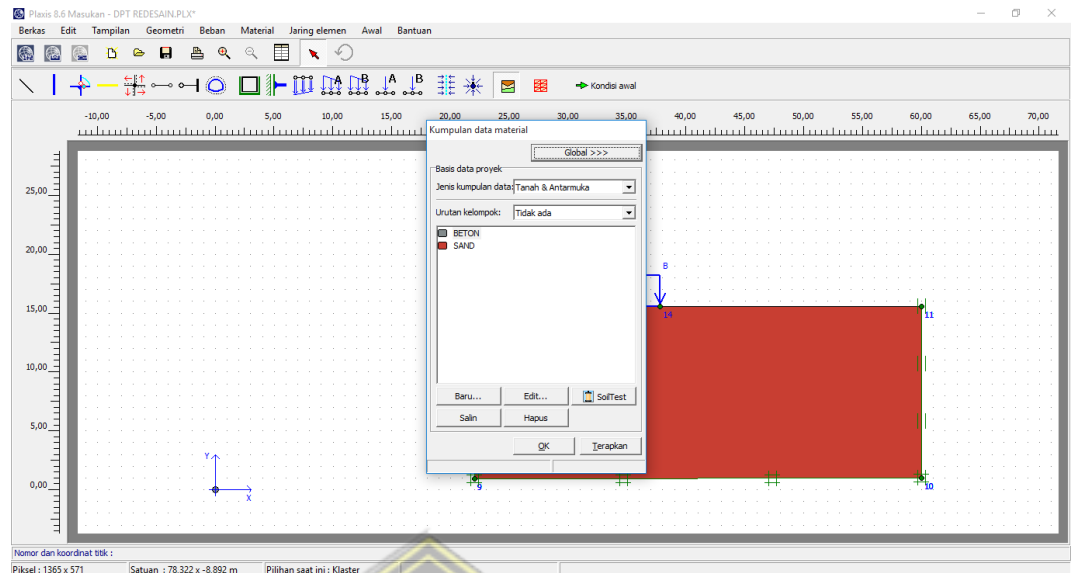
- **Sesuaikan Pengaturan Terutama Satuan**



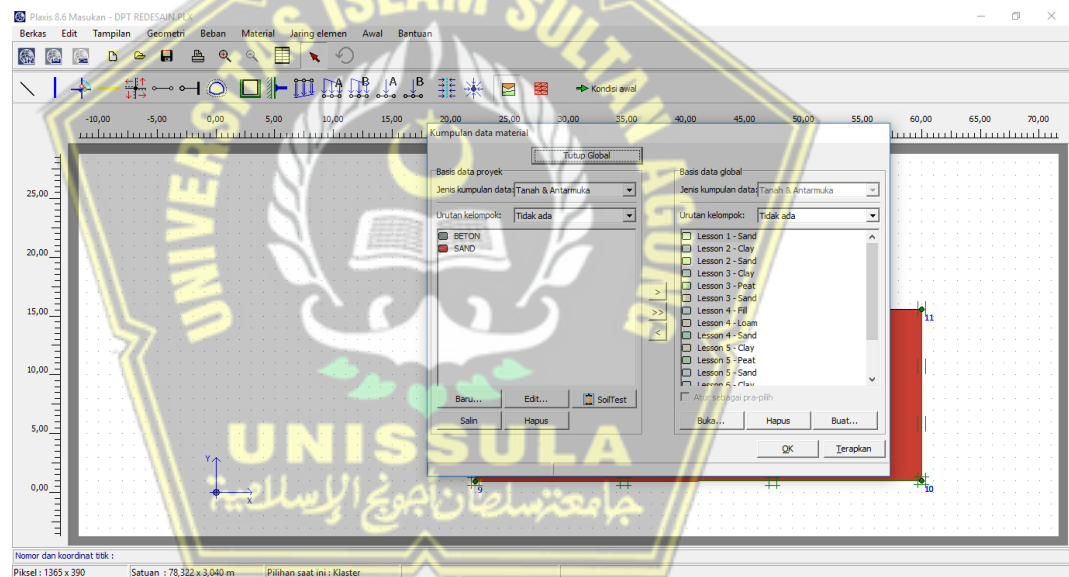
- Gambar skema menggunakan **Garis Geometri**



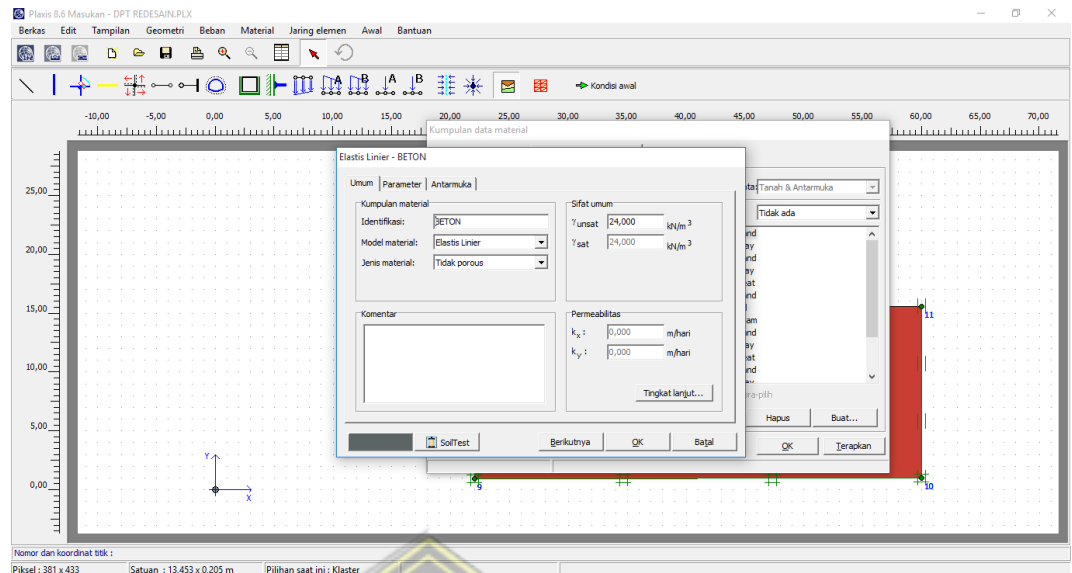
- Jika sudah, klik tombol **Jepit Standar**



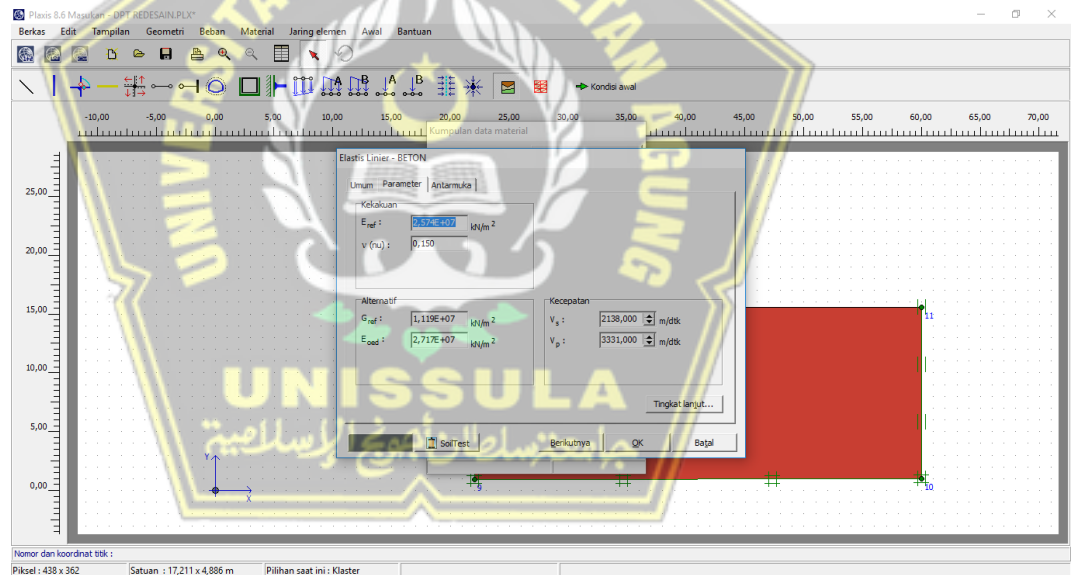
- Klik **Material** untuk mendefinisikan semua material



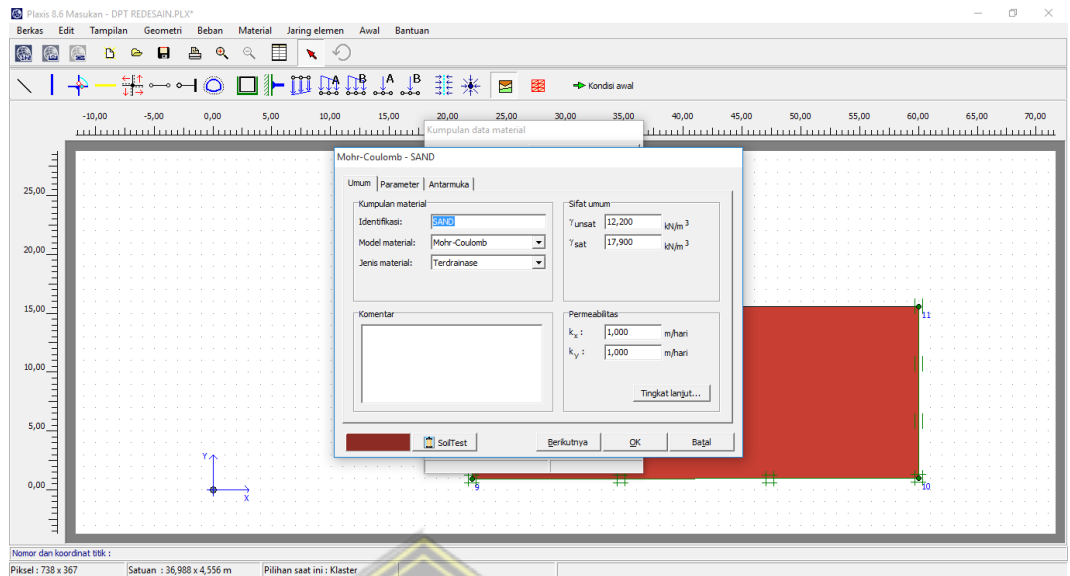
- Klik **Baru** untuk mendefinisikan material baru



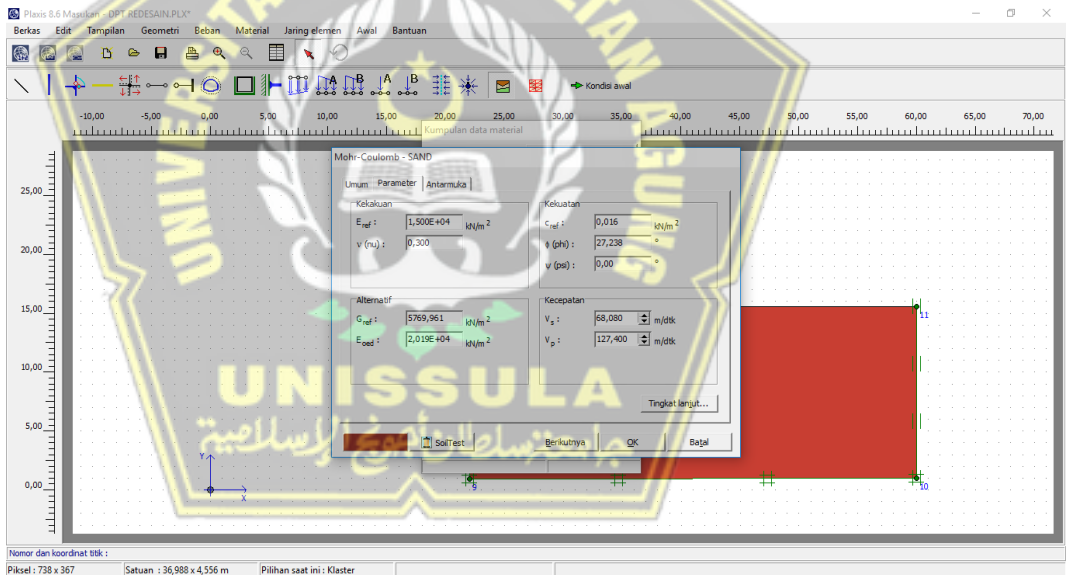
- Definisikan Material **Beton**



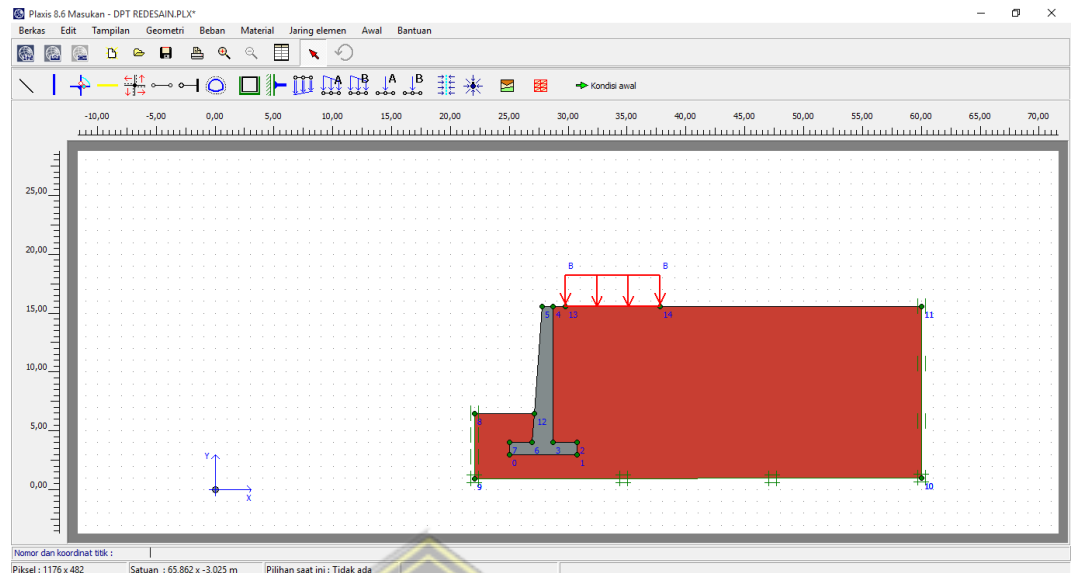
- Gambar Definisi Material **Beton**



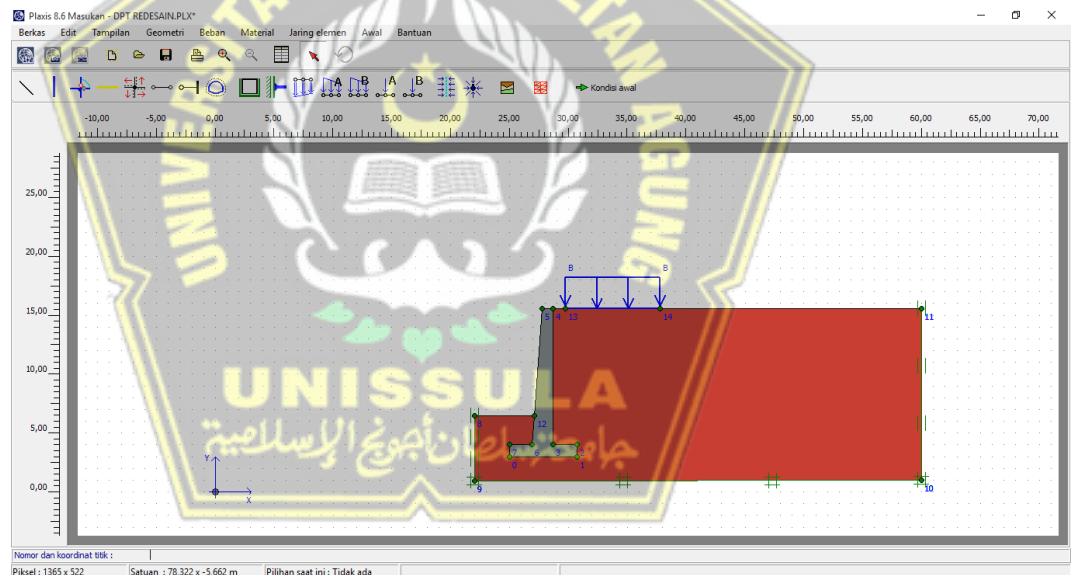
- Deskripsi Tanah **Pasir**



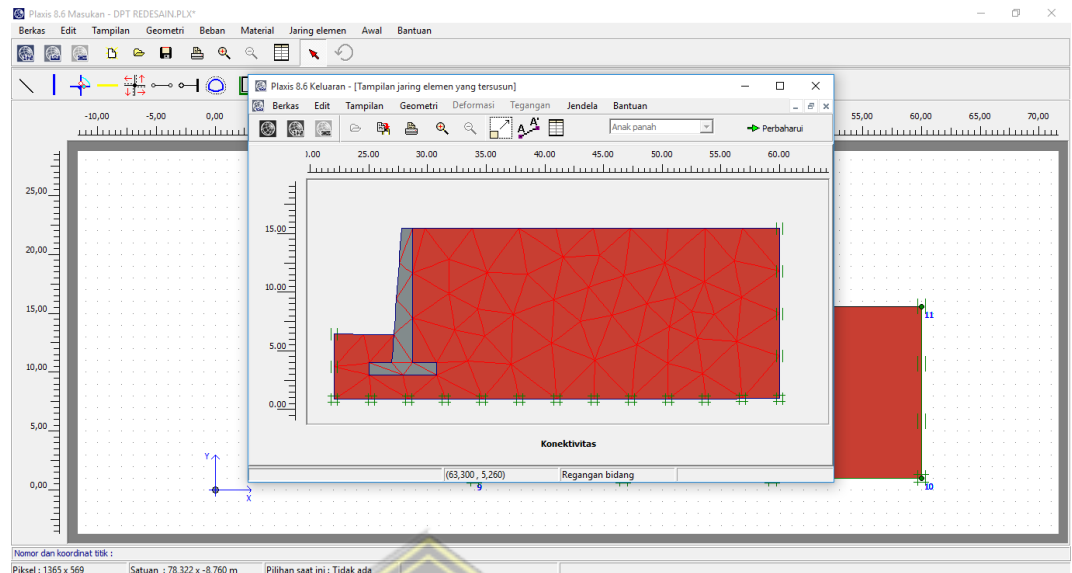
- Gambar Definisi Material Tanah **Pasir**



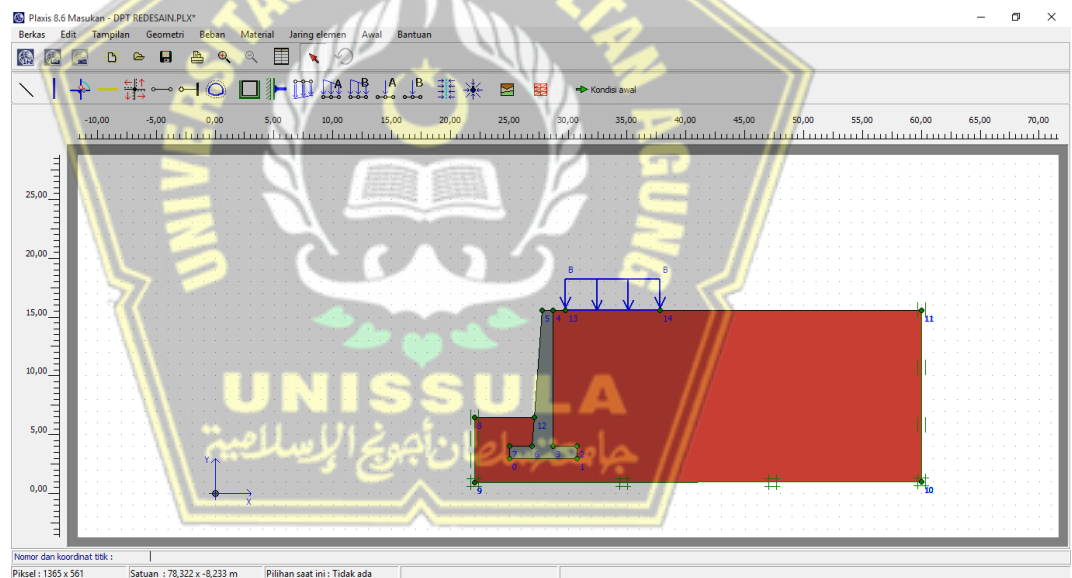
- Untuk menambahkan skema gaya menggunakan **Beban Merata - Sistem Beban B**



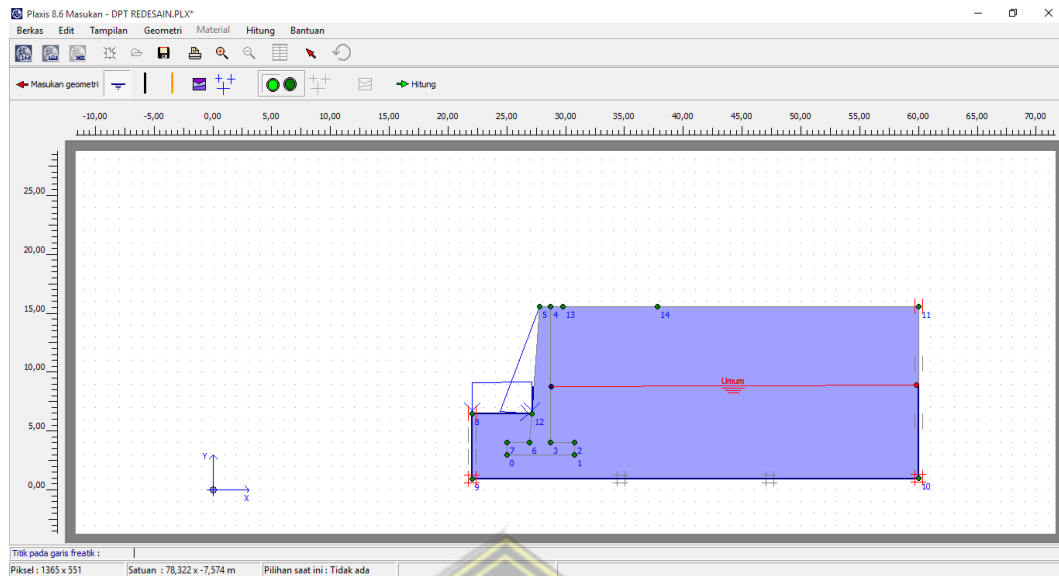
- Gambar hasil skema yang sudah siap dilanjutkan ke tahap selanjutnya
- Klik **Susun Jaring Elemen**



- Akan keluar skema elemen awal. Klik **Perbarui**



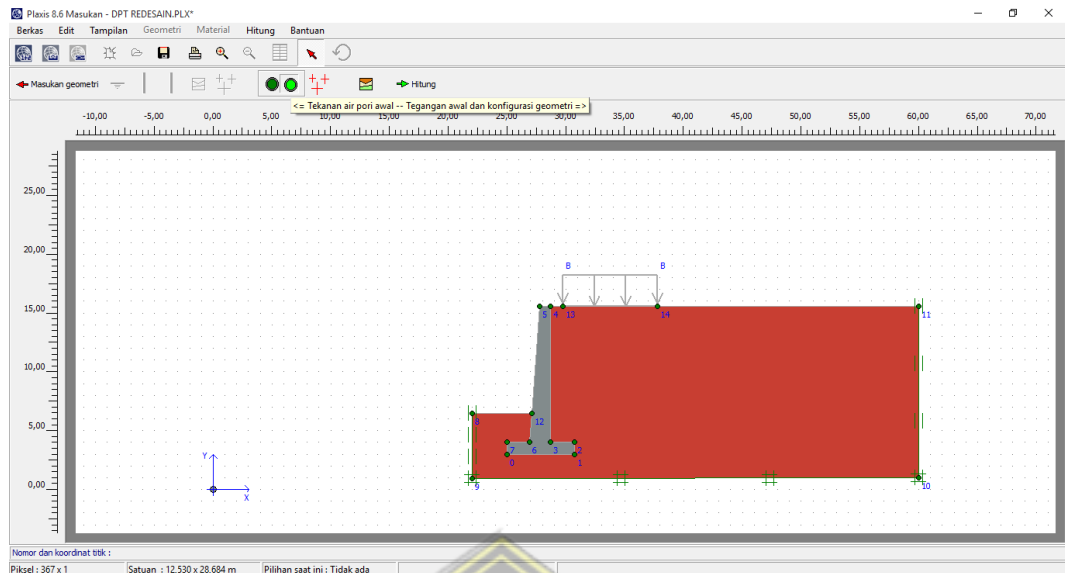
- Jaring elemen sudah tersusun dan siap dilanjutkan ke tahap selanjutnya.
Klik **Kondisi Awal**



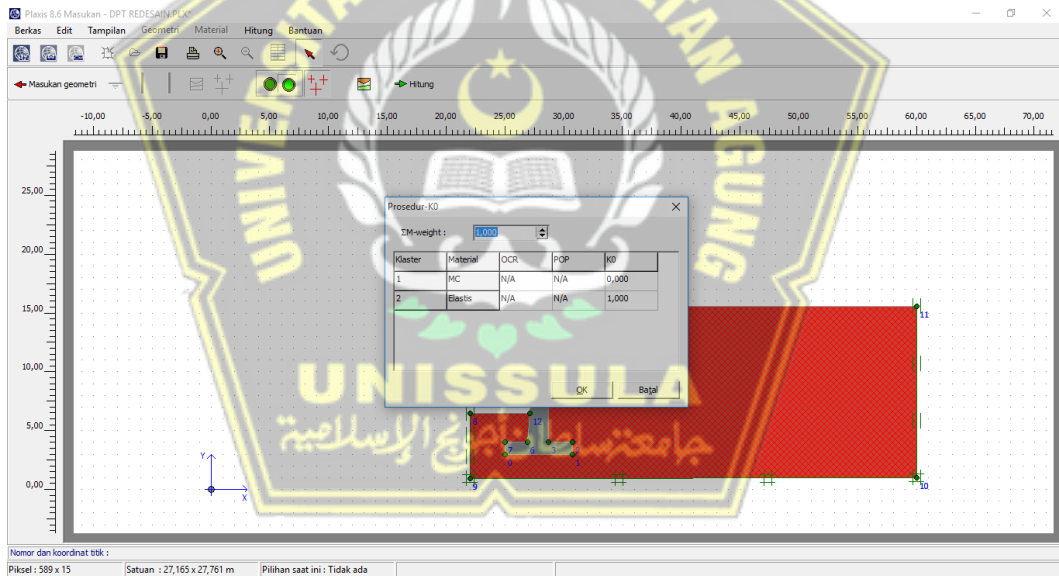
- Atur garis freatik dengan Klik **Garis Freatik**



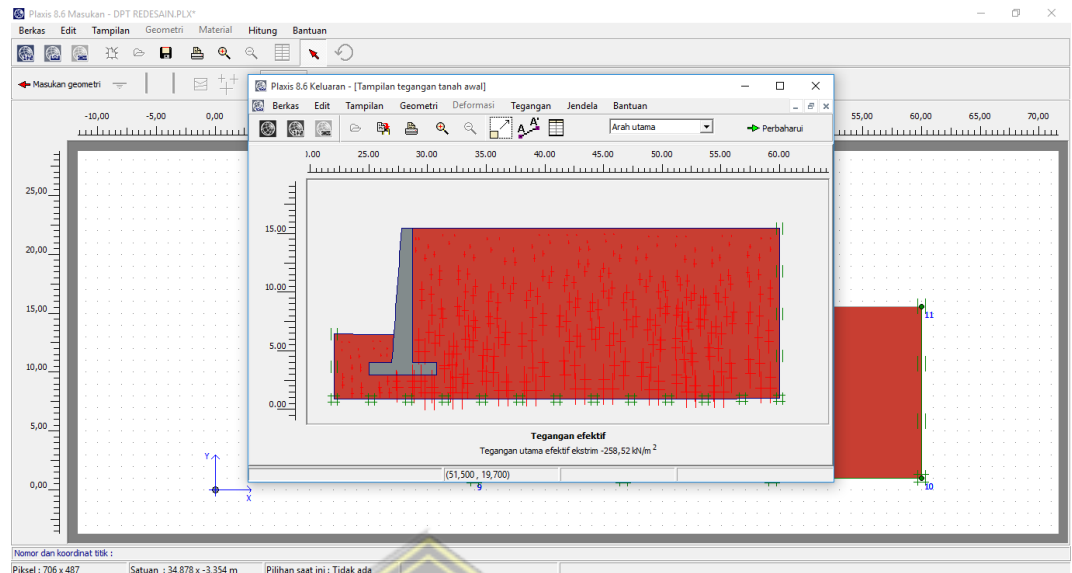
- Tampilan tekanan air pori dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Klik **Perbaharui**



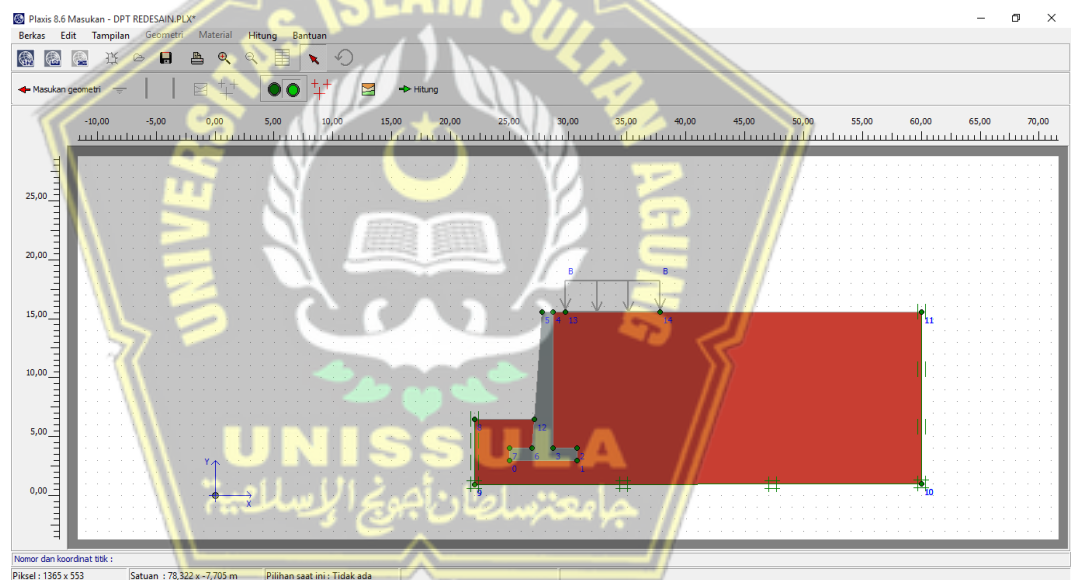
- Klik Tekanan Air Pori Awal – Tegangan Awal Dan Konfigurasi Geometri



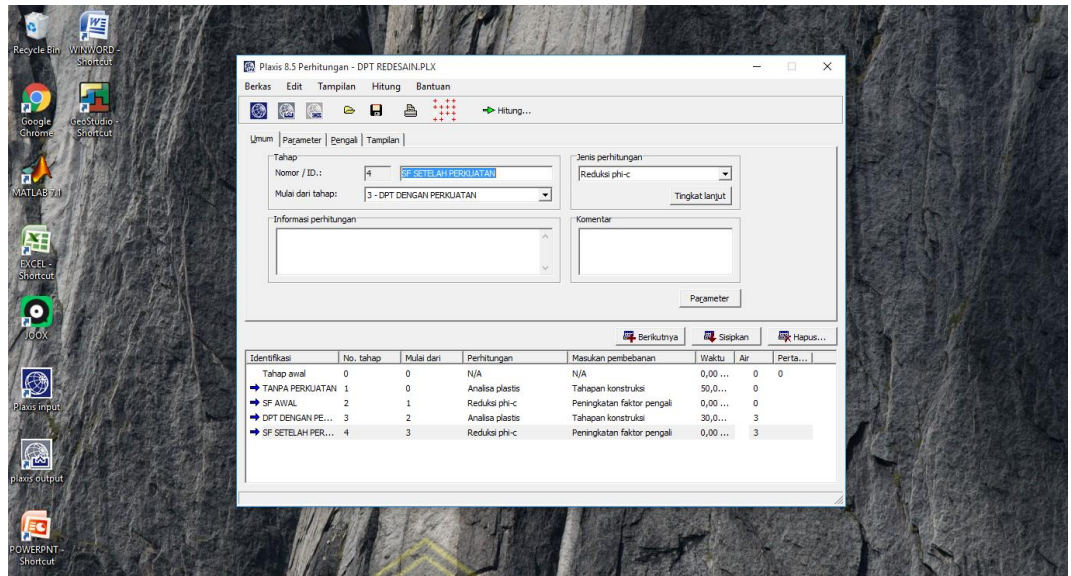
- Klik Hitung Tegangan Awal



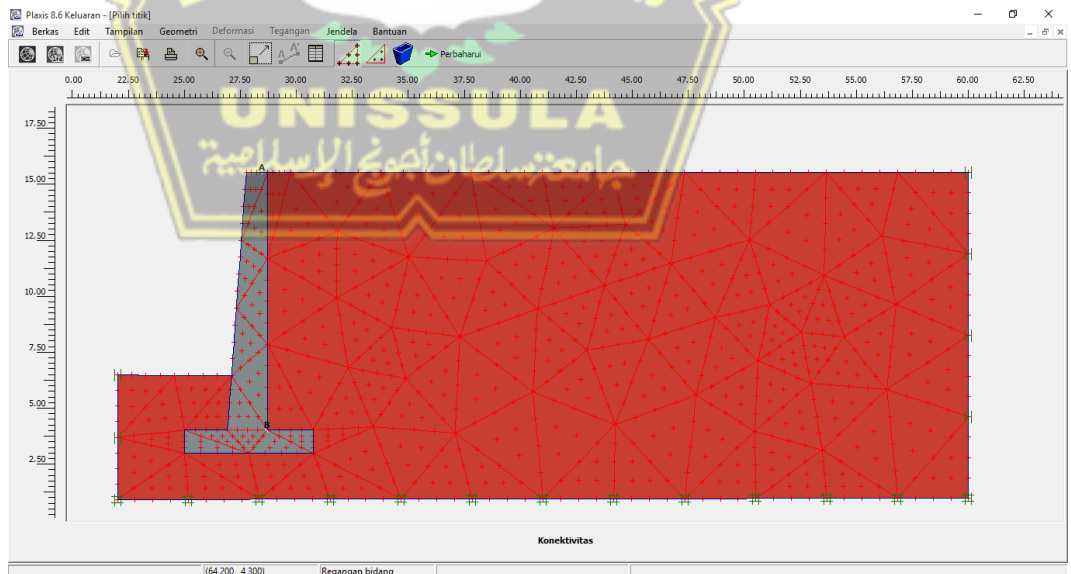
- Gambar Tampilan Tegangan Tanah Awal



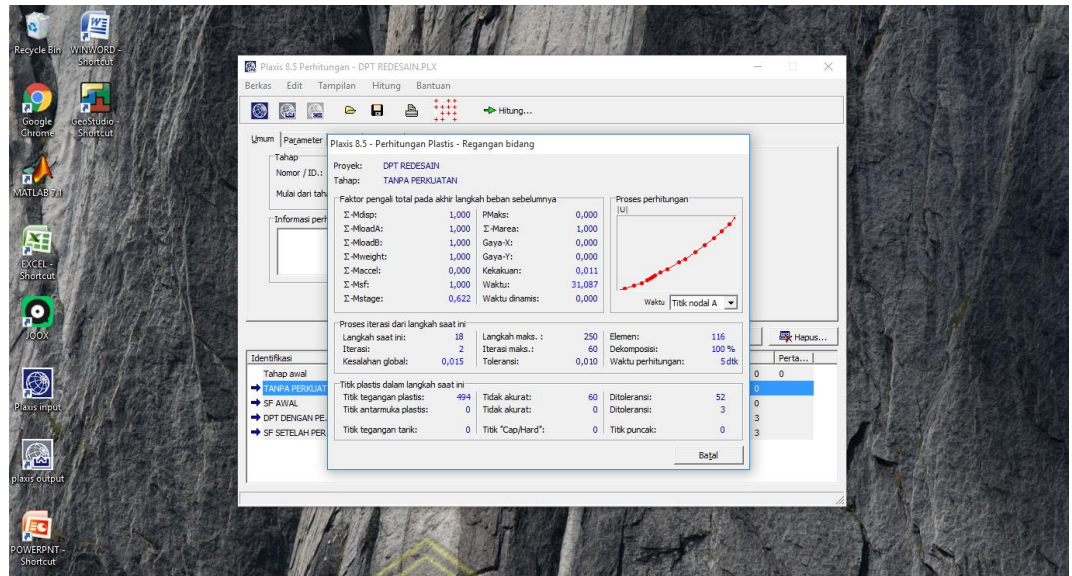
- Klik Hitung



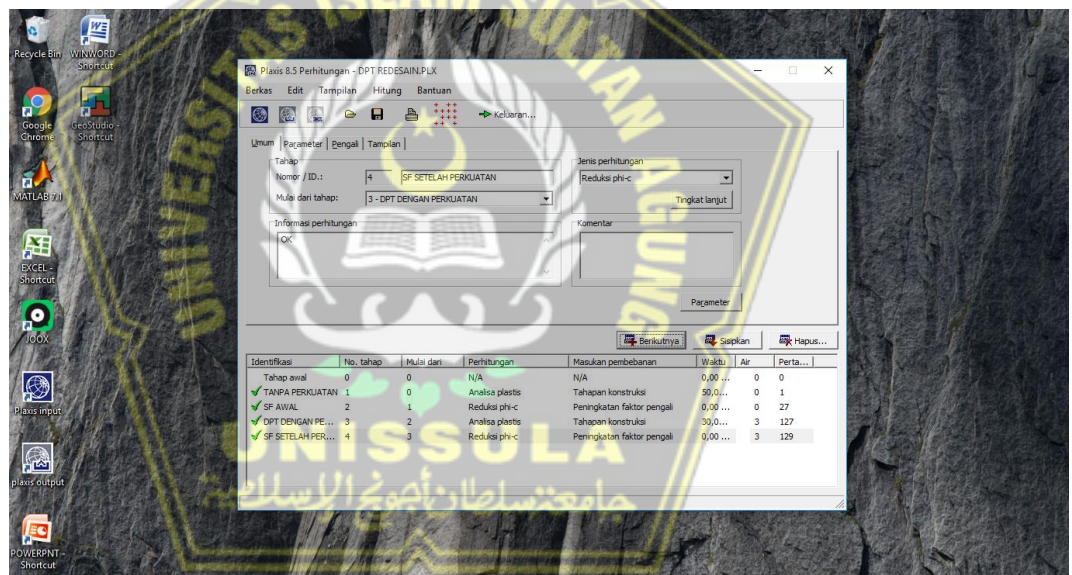
- Sudah masuk ke aplikasi **Plaxis Calculations**. Atur tahap konstruksi dengan klik tombol **Berikutnya, Sisipkan, Hapus**.
- Pengaturan tahap sebelum konstruksi
- Pengaturan perhitungan SF (Safety Factor) dengan mengubah jenis perhitungan menjadi **Reduksi Phi-c**
- Pengaturan tahap konstruksi penambahan DPT. Klik **Tentukan**



- Klik material yang akan bekerja juga pastikan skema gaya sudah di klik dan keluar warna biru. Lalu klik **Perbarui**
- Tandai semua perhitungan lalu klik **Hitung**

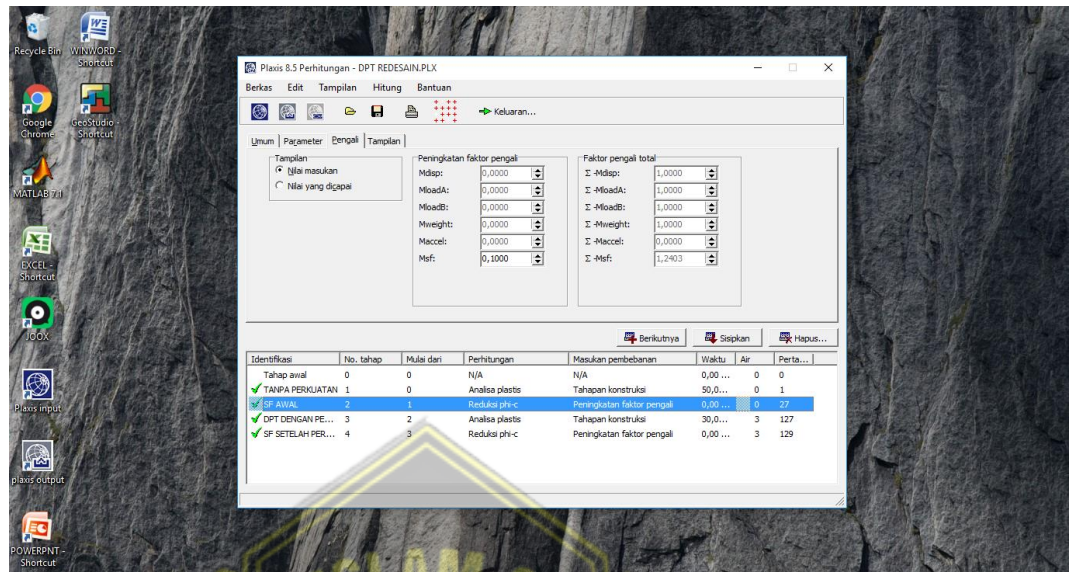


- Gambar Proses Perhitungan

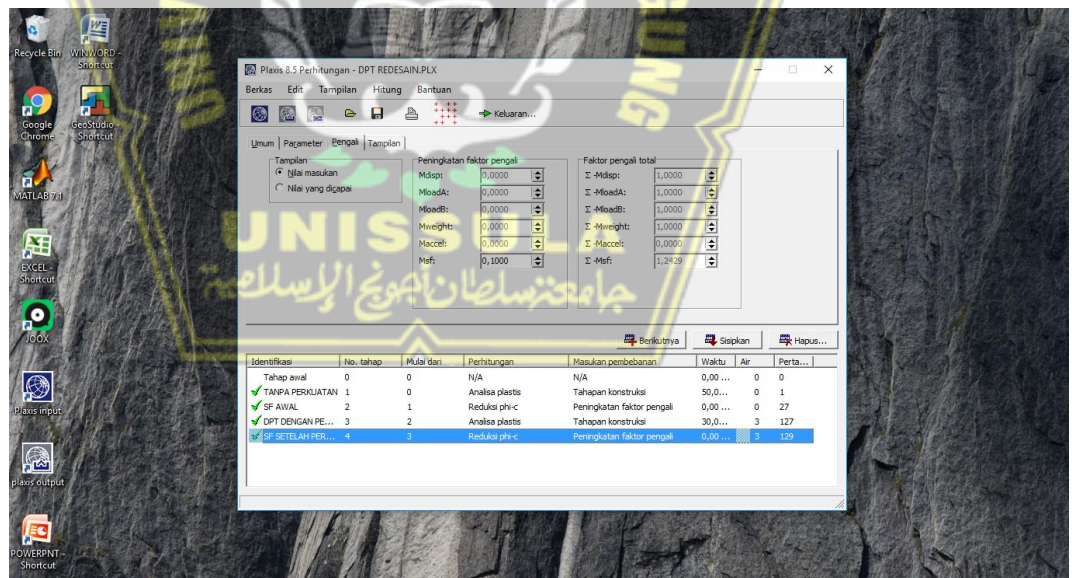


- Setelah semua perhitungan selesai. Dapat di klik **Keluaran** untuk melihat hasil keluaran dari perhitungan. Hasil dari perhitungan gagal, akibat menunjukkan massa tanah runtuh.

- **Safety Factor DPT Kantilever**



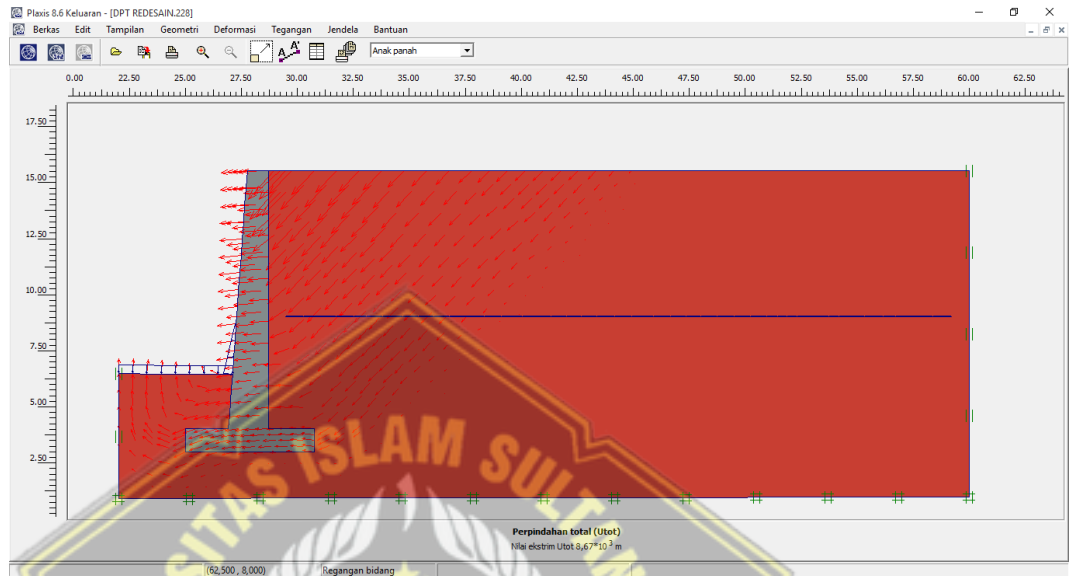
Gambar 4.10 Safety Factor DPT Kantilever Sebelum Perkuatan Dengan Nilai 1,2403



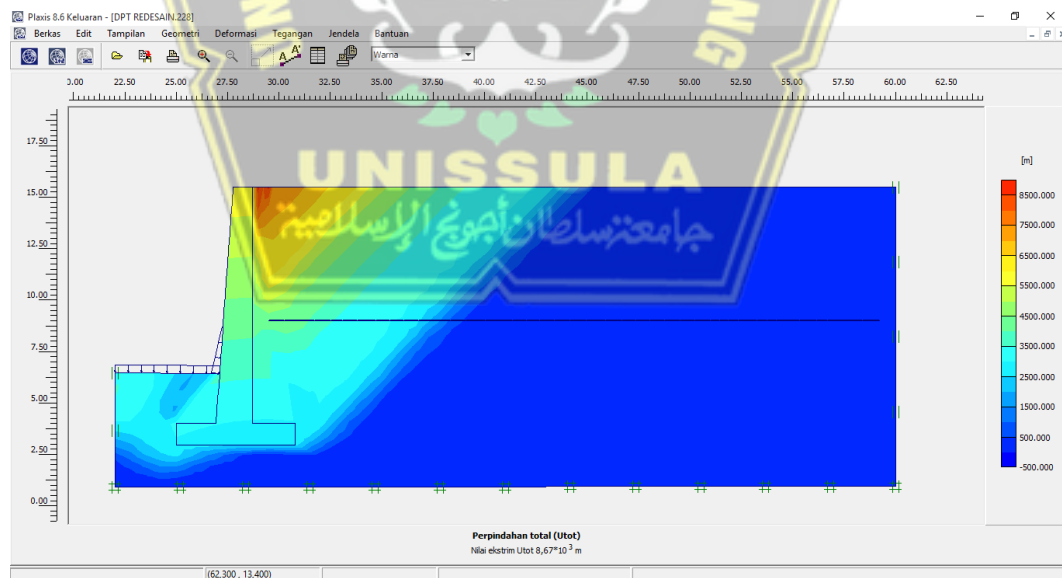
Gambar 4.11 Safety Factor DPT Kantilever Sesudah Perkuatan Dengan Nilai 1,2429

- **Perpindahan Sebelum Perkuatan (Kantilever)**

Didapatkan angka perpindahan sebesar $235,53 \times 10^{-3}$ m sebelum diberi perkuatan. Perpindahan ini memiliki arti bahwa perubahan letak tanah sebesar $8,67 \times 10^{-3}$ m akibat beban yang ada.



Gambar 4.12 Perpindahan (Anak Panah) Sebelum Perkuatan Kantilever Dengan Nilai $235,53 \times 10^{-3}$ M



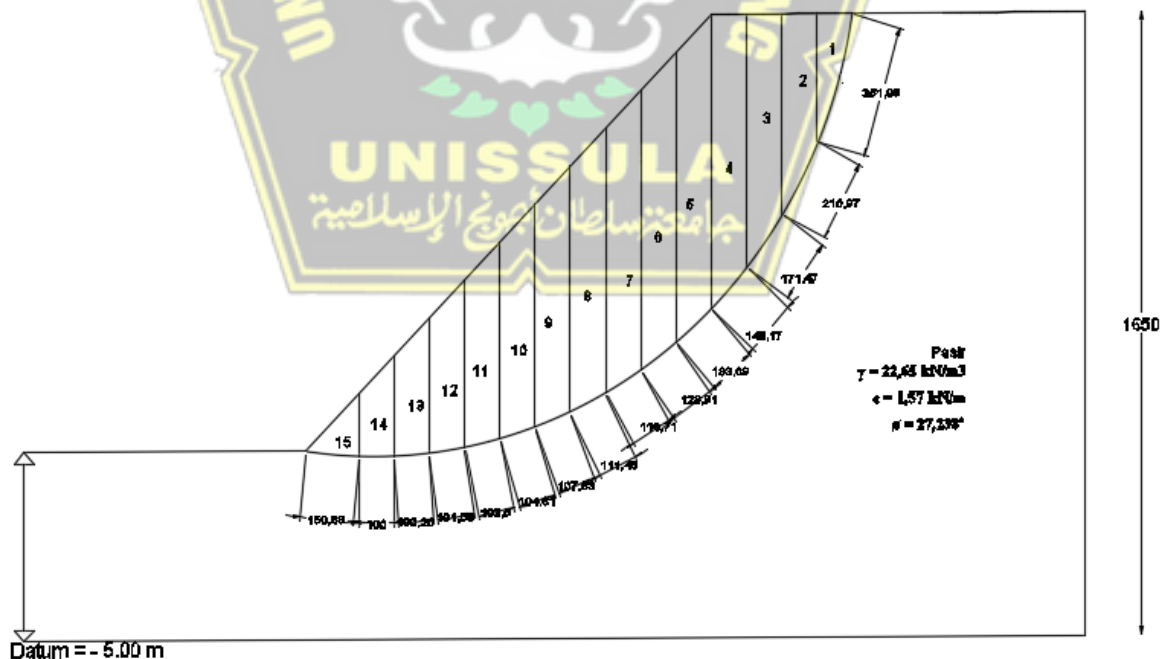
Gambar 4.13 Perpindahan (Warna) Sebelum Perkuatan Kantilever Dengan Nilai $8,67 \times 10^{-3}$ M

- **Perpindahan Setelah Perkuatan (Kantilever)**

Besarnya perpindahan yang terjadi pada dinding penahan tanah batu kali setelah perkuatan dapat diketahui sebagai berikut, hasil keluaran SF masih tidak aman. Maka dari itu dapat ditambahkan menggunakan perkuatan *soil nailing*.

4.4 Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan

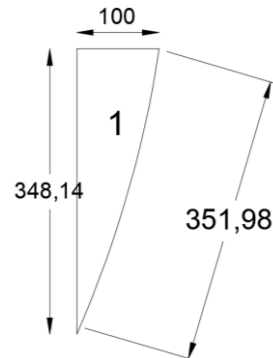
Analisis kestabilan lereng tanpa perkuatan lereng dilakukan pada stabilitas terhadap kelongsoran lereng. Dengan bantuan program *geoslope* didapatkan bentuk bidang gelincir kritis yang mungkin terjadi, kemudian hasil perhitungan program *geoslope* dibandingkan dengan perhitungan manual dengan menggunakan metode bishop. Tinjauan perhitungan dilakukan selebar 1m pada bidang gambar. Contoh perhitungan yang digunakan dalam analisis ini yaitu variasi 1 seperti yang terlihat pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Penampang Lereng Variasi

4.4.1 Analisis Lereng Tanpa Perkuatan Manual Dengan Metode Bishop

Perhitungan berat irisan tanah



$$W1 = \gamma \times A1 \left(\frac{1}{2} a \cdot t \right) = 22,65 \times (0,5 \cdot 1 \cdot 3,48) = 39,41 \text{ kN}$$

$$W2 = \gamma \times A2 = 22,65 \times 4,38 = 99,21 \text{ kN}$$

$$W3 = \gamma \times A3 = 22,65 \times 5,97 = 135,22 \text{ kN}$$

$$W4 = \gamma \times A4 = 22,65 \times 3,58 = 81,09 \text{ kN}$$

$$W5 = \gamma \times A5 = 22,65 \times 6,78 = 153,57 \text{ kN}$$

$$W6 = \gamma \times A6 = 22,65 \times 6,67 = 151,08 \text{ kN}$$

$$W7 = \gamma \times A7 = 22,65 \times 6,39 = 144,73 \text{ kN}$$

$$W8 = \gamma \times A8 = 22,65 \times 6 = 135,90 \text{ kN}$$

$$W9 = \gamma \times A9 = 22,65 \times 6,49 = 147,00 \text{ kN}$$

$$W10 = \gamma \times A10 = 22,65 \times 5,88 = 133,18 \text{ kN}$$

$$W11 = \gamma \times A11 = 22,65 \times 5,18 = 117,33 \text{ kN}$$

$$W12 = \gamma \times A12 = 22,65 \times 4,41 = 99,89 \text{ kN}$$

$$W13 = \gamma \times A13 = 22,65 \times 3,56 = 80,63 \text{ kN}$$

$$W14 = \gamma \times A14 = 22,65 \times 0,18 = 4,077 \text{ kN}$$

$$W15 = \gamma \times A15 = 22,65 \times 1,2 = 27,18 \text{ kN}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Analisis Pada Lereng

No	γ	A_i	ϕ (°)	W (Kn)	θ (°)	c (kN/m ²)	α (m)	$c \times \alpha$ (kN)	W sin θ (kN)	N = W cos θ (kN)	$c\alpha + N \tan \phi$ (kN)
1	22,65	1,74	27,23	39,41	49	1,57	3,51	5,51	29,74	25,86	16,14
2	22,65	4,38	27,23	99,21	39	1,57	2,16	3,39	62,43	77,10	41,42
3	22,65	5,97	27,23	135,22	33	1,57	1,71	2,68	73,65	113,41	59,74
4	22,65	3,58	27,23	81,09	28	1,57	1,48	2,32	38,07	71,60	38,04
5	22,65	6,78	27,23	153,57	24	1,57	1,33	2,09	62,46	140,29	73,27
6	22,65	6,67	27,23	151,08	20	1,57	1,23	1,93	51,67	141,96	74,05
7	22,65	6,39	27,23	144,73	16	1,57	1,16	1,82	39,89	139,13	72,53
8	22,65	6	27,23	135,90	13	1,57	1,11	1,74	30,57	132,42	69,04
9	22,65	6,49	27,23	147,00	9	1,57	1,07	1,68	23,00	145,19	75,58
10	22,65	5,88	27,23	133,18	6	1,57	1,04	1,63	13,92	132,45	69,00
11	22,65	5,18	27,23	117,33	3	1,57	1,02	1,60	6,14	117,17	61,12
12	22,65	4,41	27,23	99,89	2,9	1,57	1,01	1,59	5,05	99,76	52,15
13	22,65	3,56	27,23	80,63	3	1,57	1,002	1,57	4,22	80,52	42,25
14	22,65	0,18	27,23	4,08	6	1,57	1	1,57	0,43	4,05	2,89
15	22,65	1,2	27,23	27,18	9	1,57	1,5	2,36	4,25	26,85	15,03
Σ									445,50		762,23

Hasil perhitungan pada tabel di atas menunjukkan jumlah perhitungan percobaan atau *trial and error* bahwa F_s :

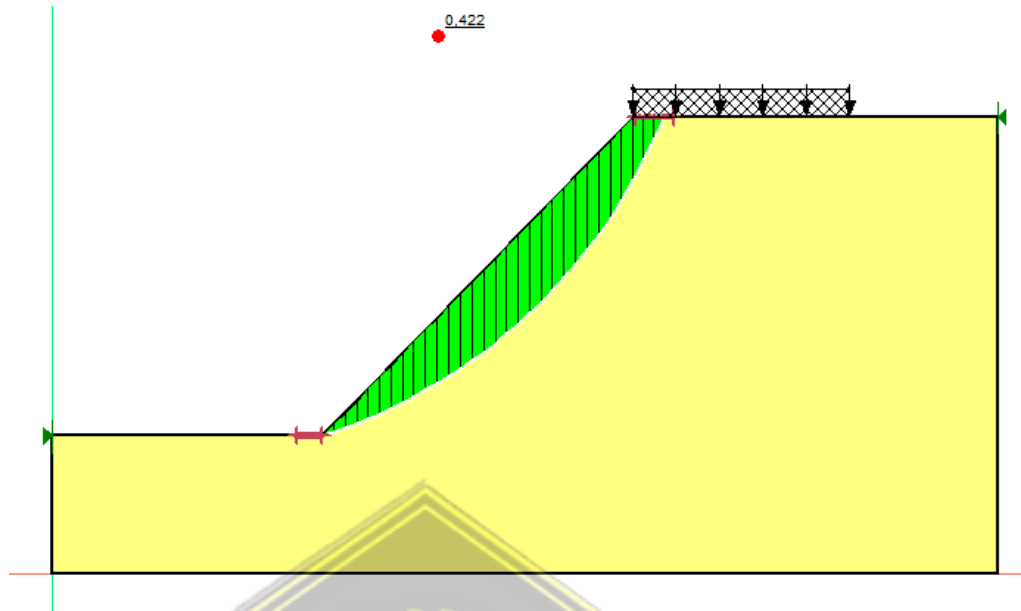
$$SF = \frac{\Sigma(W \sin \theta)}{\Sigma(N \tan \phi)}$$

$$= \frac{445,50}{762,23}$$

$$= 0,58 < 1,5 \text{ (tidak aman)}$$

Nilai faktor keamanan (SF) yang didapatkan adalah $0,58 < 1,5$ yang berarti lereng dalam keadaan bahaya terhadap longsor.

4.4.2 Analisis Lereng Tanpa Perkuatan Dengan Program Geoslope



Gambar 4.15 Hasil Perhitungan *Geoslope* Tanpa Perkuatan

Dari hasil perhitungan dengan program *geoslope/w* didapatkan bentuk bidang longsor pada lereng dengan kemiringan 45° . Angka keamanan terhadap kelongsoran menggunakan metode Bishop yang disederhanakan pada lereng sebesar $0,422 < 1,5$.

4.4.3 Analisa Stabilitas Lereng Manual Mengadopsi Metode Baji (Wedge) Dengan Metode Perkuatan Soil Nailing

Kemiringan pada bidang longsor kritis dalam analisa ini dihitung dengan *trial and error*, menghasilkan nilai $\alpha = 40^\circ$ untuk sudut kemiringan lereng (β) = 60° dan kemiringan *nail* (i) = 20° .

W = berat massa tanah yang berada dalam bidang gelincir

$$W_1 = \gamma \times A_1 = 22,65 \times 1,74 = 39,41 \text{ kN}$$

L_F = panjang bidang gelincir

$$L_F = 12 \times \cos(90-\alpha) = 7 \text{ m}$$

Cek terhadap gaya tarik dan gaya geser

- Hitung daya dukung tarik tulangan

$$\begin{aligned} R_n &= F_y A_{st} \\ &= 520 \times \pi \times 32^2 \\ &= 417,99 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_c &= 0.5 \times R_n \\ &= 208,99 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Gaya geser ijin tulangan

$$V = \frac{R_n}{2\sqrt{1+4\tan^2(90-(\alpha+i))}}$$

$$= \frac{417,99}{2\sqrt{1+4\tan^2(90-(40+20))}}$$

$$= 125,41 \text{ kN}$$

- Gaya tarik ijin tulangan

$$\begin{aligned} T &= 4 \times V \times \tan(90-(\alpha+i)) \\ &= 4 \times 125,41 \times \tan(90-60) \\ &= 289,62 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Gaya geser ijin dari tanah

$$\begin{aligned} P_u &= (c_1 \cdot 2/3H + c_2D) \cdot \gamma \cdot 2/3H \\ &= (1,1 \times 7,6 + 1,95 \times 0,032) \times 22,65 \times 7,6 \\ &= 89,79 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= c_3 \cdot D \cdot \gamma \cdot Z \\ &= 12 \cdot 0,032 \cdot 22,65 \cdot 7,6 \\ &= 66,10 \text{ kN} \end{aligned}$$

(Nilai koefisien c_1 , c_2 , c_3 , ditentukan dari gambar 2.16)

Diambil P_u terkecil = 61,15 kN

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_u/2 \\ &= 66,10/2 = 33,05 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_o &= \sqrt[4]{\frac{4EI}{Ks \cdot D}} \\ &= \sqrt[4]{\frac{4 \times 2.1 \times 10^3 \times 5,14 \times 10^{-8}}{46000 \times 0,032}} = 0,41 \text{ m} \end{aligned}$$

Parameter – parameter yang dibutuhkan dalam persamaan tersebut adalah :

- E (modulus elastisitas baja) = 2.10^8 kN/m²
- I (momen inersia *nail bar*) = $\frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi 0,032^4}{64} = 5,14.10^{-8}$ m⁴
- D (diameter *nail bar*) = 0,032
- Ks = 46000 kN/m³

$$V = P_{\max} \frac{D}{2} L_o$$

$$= 30,57 \cdot \frac{0,032}{2} \cdot 0,41$$

$$= 0,20 \text{ kN} < V = 61,81 \text{ kN}$$

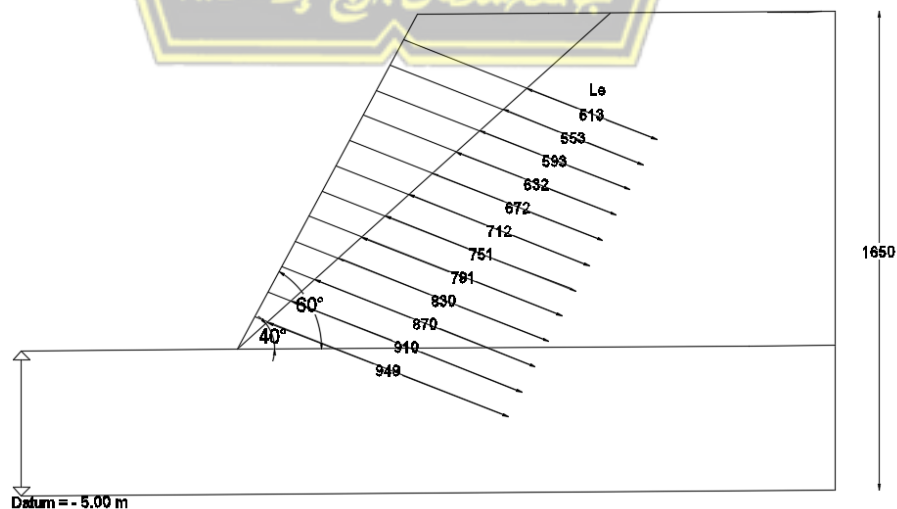
Dikarenakan $V_s < V_n$, maka gaya geser ijin global ($V_{\max}$) yang digunakan yaitu sebesar 0,13 kN. Adanya pembatasan gaya geser ijin, maka gaya tarik ijin dari *nail bar* harus dikoreksi menjadi

$$\frac{V_{\max}^2}{Rc^2} + \frac{T_{\max}^2}{Rn^2} = 1$$

$$\frac{0,31^2}{103,03^2} + \frac{T_{\max}^2}{206,06^2} = 1$$

$$T_{\max} = 467,32 \text{ kN}$$

- Menghitung panjang (L_e)



Gambar 4.16 Panjang L_e pada Lereng

Contoh perhitungan untuk *nail* ke-1

$F_{max} = 180 \text{ kN/m}^2$ (didapatkan dari tabel 2.9)

$$\begin{aligned}
 T_i &= \frac{\pi D \cdot L_e \cdot f_{max}}{FS} \\
 &= \frac{3.14 \times 0.032 \times 5.13 \times 180}{1.5} \\
 &= 61.85 \text{ kN} < T_{max}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13 Perhitungan Manual Lereng

No <i>nail</i>	Hi (m)	Le (m)	T (kN)	V (kN)
1	10,53	5,13	61,85	0,20
2	9,67	5,53	66,67	0,20
3	8,90	5,93	71,50	0,20
4	8,04	6,32	76,20	0,20
5	7,17	6,72	81,03	0,20
6	6,30	7,12	85,85	0,20
7	5,44	7,51	90,55	0,20
8	4,57	7,91	95,37	0,20
9	3,71	8,30	100,08	0,20
10	2,84	8,70	104,90	0,20
11	1,97	9,10	109,72	0,20
12	1,11	9,49	114,42	0,20
Σ			1058,41	2,40

- Gaya tarik ijin total dari *nail bar* (pepr unit tegak lurus bidang)

$$\begin{aligned}
 \Sigma T &= \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_i}{SH} \\
 &= \frac{1058,41}{1} = 1058,41 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

SH = 1m (spasi horizontal)

- Gaya geser ijin total dari *nail bar* (per unit tegak lurus bidang)

$$\Sigma V = \frac{V_1 + V_2 + \dots + V_i}{SH}$$

$$= \frac{2,40}{1} = 2,40 \text{ kN/m}^2$$

- Menghitung faktor keamanan, dengan persamaan dibawah ini :

$$FS = \frac{c.Lf + W \cos \alpha \cdot \tan \phi + (\Sigma Ti \sin(\alpha + i) - \Sigma Vi \cos(\alpha + i) \tan \phi)}{W \sin \alpha - \Sigma Ti \cos(\alpha + i) - \Sigma Vi \sin(\alpha + i)}$$

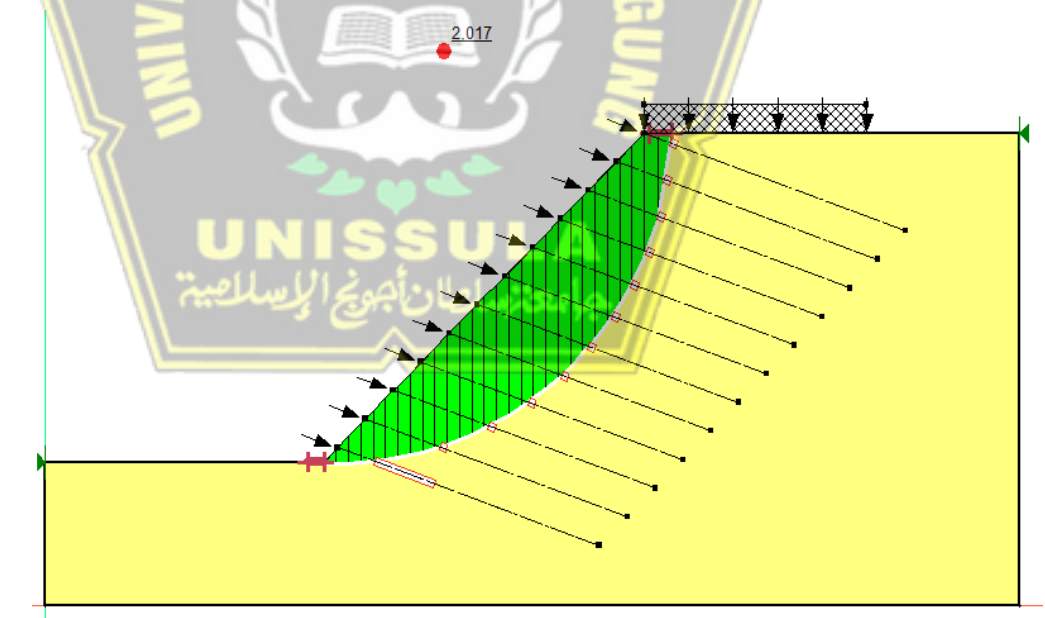
$$\frac{(1.57 \times 20) + 1549,9 \cos 40 \tan 27 + 1058,41 \sin (40 + 20) - 2,40 \cos(40 + 20) \tan 27}{1549,9 \sin 40 - 1058,41 \cos(40 + 20) - 2,40 \sin(40 + 20)}$$

$$FS = 1552,35 / 464,97$$

$$FS = 3,33 \geq 1,5 \text{ (OK)}$$

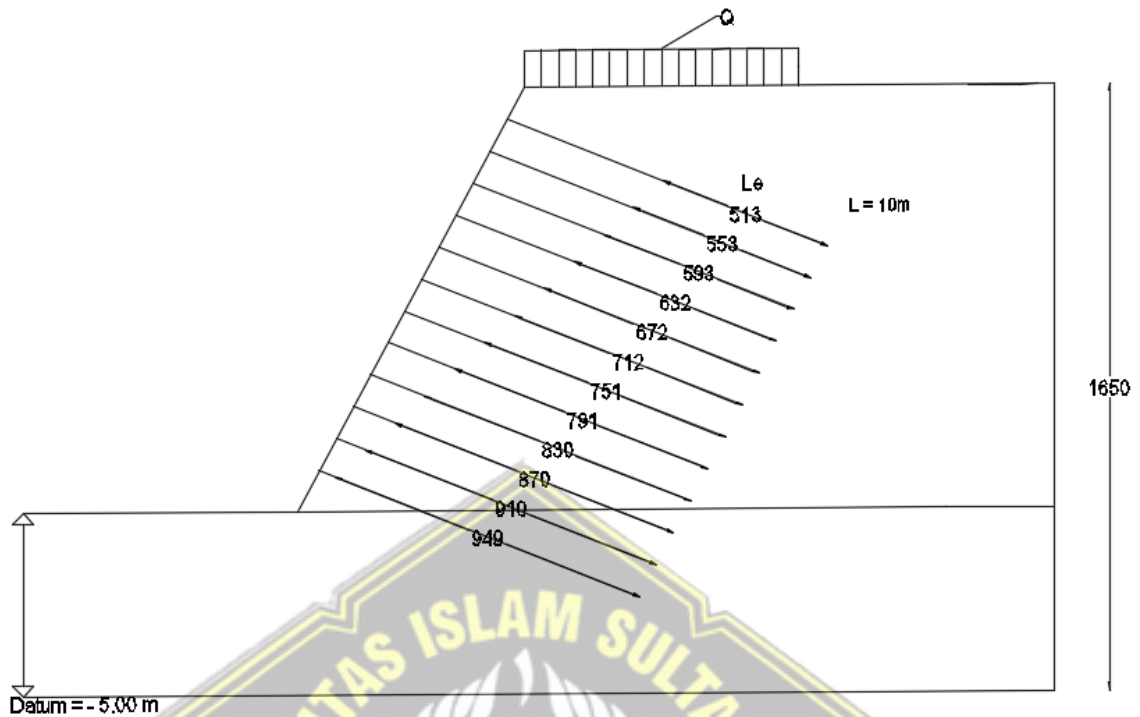
4.4.4 Analisa Stabilitas Lereng Dengan Soil Nailing Menggunakan Program Geoslope

Angka keamanan terhadap kelongsoran yang diperoleh pada lereng atas sebesar 2,017 seperti yang terdapat pada Gambar 4.18 berikut :



Gambar 4.17 Hasil Analisis Kelongsoran Lereng dengan Program Geoslope pada Lereng Atas

4.4.5 Analisis Stabilitas Terhadap Pergeseran



Gambar 4.18 Stabilitas Lereng Terhadap Penggeseran Pada Perkuatan Soil Nailing

- Menghitung koefisien tekanan tanah lateral aktif

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2 (45^\circ - \phi/2) \\ &= \tan^2 (45^\circ - \phi/2) \\ &= 0,132 \end{aligned}$$

- Menghitung tekanan tanah aktif total di belakang zona perkuatan

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot K_a \\ &= 0,5 \times 21 \times 16,5^2 \times 0,132 \\ &= 406,98 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Faktor aman terhadap pergeseran :

$$L_x = L_{nail} \times \cos I - t \cdot \tan \alpha = 10 \times \cos 10 - 0,5 \times \tan 40 = 4,06 \text{ m}$$

$$W = \text{Luas} \times \gamma = (0,5 \cdot (15,47 + 15,47) \cdot 11,5) \cdot 22,65 = 4029,54 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} FS &= \frac{cb BL + (W + Q + Pa \sin \delta) \tan \varphi}{Pa \cos \delta} \\ &= \frac{(1,57 \times 22,11) + (4029,54 + 180 + 406,98 \sin 27) \tan 27}{406,98} \\ &= 2,66 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh angka keamanan terhadap penggeseran sebesar 2,66 ($SF \geq 1,5$), maka lereng tersebut aman terhadap bahaya pergeseran.

4.4.6 Analisis Stabilitas Lereng Terhadap Kegagalan Daya Dukung Tanah

- Menentukan nilai-nilai factor kapasitas dukung tanah

$\varphi = 28^\circ$, maka menurut Terzaghi (1943) diperoleh :

$$N_c = 25,80$$

$$N_\gamma = 16,72$$

Faktor aman terhadap kegagalan daya dukung tanah :

$$\begin{aligned} SF &= \frac{(c \cdot N_c) + (0,5 \gamma \cdot Be \cdot N_\gamma)}{Heq \cdot \gamma} \\ &= \frac{(1,57 \times 25,80) + (0,5 \times 22,65 \times 11,5 \times 16,72)}{11,5 \times 22,65} \\ &= 8,5 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh angka keamanan terhadap kegagalan daya dukung tanah sebesar 8,5 ($SF \geq 1,5$), maka lereng tersebut aman terhadap bahaya kegagalan daya dukung tanah.

4.4.7 Analisis Stabilitas Lereng Terhadap Putus Tulangan dan Cabut Tulangan

Pada perkuatan pertama *nail* no.1

Panjang *nail* = 10m

Jarak Vertikal antar *nail* = 1m

a) Menghitung panjang perkuatan yang berada dibelakang garis longsor.

$$L_{el} = 5,13 \text{ m}$$

b) Menghitung koefisien tekanan tanah lateral aktif .

$$K_a l = \text{tg}^2 (45^\circ - \phi/2) = \text{tg}^2 (45^\circ - 28/2) = 0,361$$

c) Menghitung tegangan horizontal.

$$\begin{aligned} \sigma_h &= ((q \times K_a) - 2 \times c \times \sqrt{K_a}) + (\gamma \times z_1 \times K_a) \\ &= (180 \times 0,361) - 2 \times 1,57 \times \sqrt{0,361} + (22,65 \times 2,9 \times 0,361) \\ &= 86,81 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

d) Menghitung angka keamanan terhadap putus tulangan

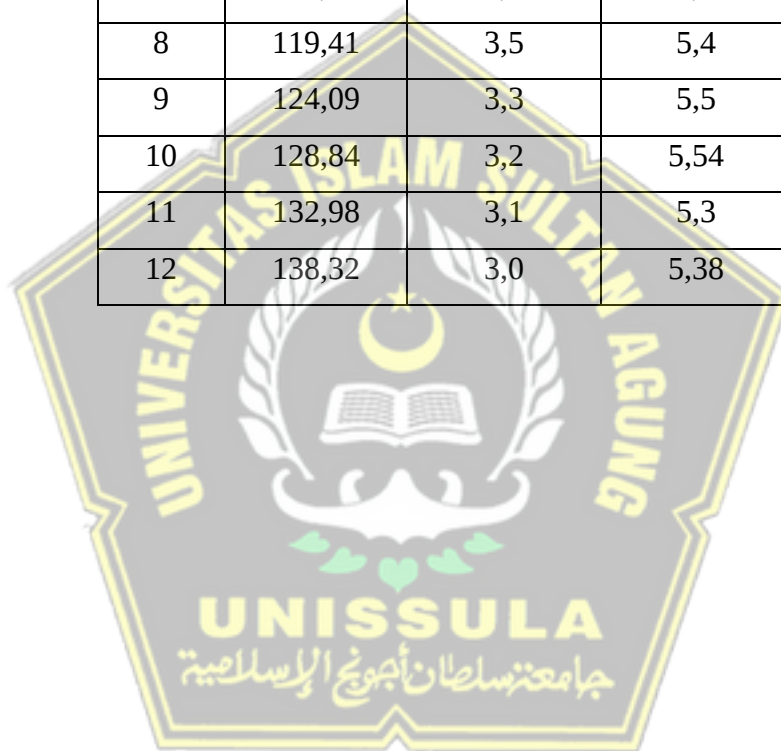
$$F_r = \frac{\left(\frac{0.25 \times \pi \times d^2 \times f_y}{1000} \right)}{\sigma_h \cdot S_v \cdot S_h} = \frac{\left(\frac{0.25 \times 3.14 \times 32^2 \times 520}{1000} \right)}{86,81 \cdot 1 \cdot 1} = 4,9 \geq 1.5 \text{ (Ok)}$$

e) Menghitung angka keamanan terhadap cabut tulangan

$$F_p = \frac{\pi \cdot q_u \cdot D \cdot d \cdot L_p}{\sigma_h \cdot S_v \cdot S_h} = \frac{3.14 \times 125 \times 0.2 \times 5.13}{86,81 \times 1 \times 1} = 4,6 \geq 1.5 \text{ (OK)}$$

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Stabilitas *Internal*

No nail	σ_h (kN/m ²)	Fr	Fp	Keterangan
1	86,81	4,9	4,6	Aman
2	91,60	4,6	4,7	Aman
3	96,35	4,3	4,8	Aman
4	101,04	4,1	4,9	Aman
5	105,78	3,9	4,98	Aman
6	110,47	3,8	5	Aman
7	115,21	3,6	5,1	Aman
8	119,41	3,5	5,4	Aman
9	124,09	3,3	5,5	Aman
10	128,84	3,2	5,54	Aman
11	132,98	3,1	5,3	Aman
12	138,32	3,0	5,38	Aman

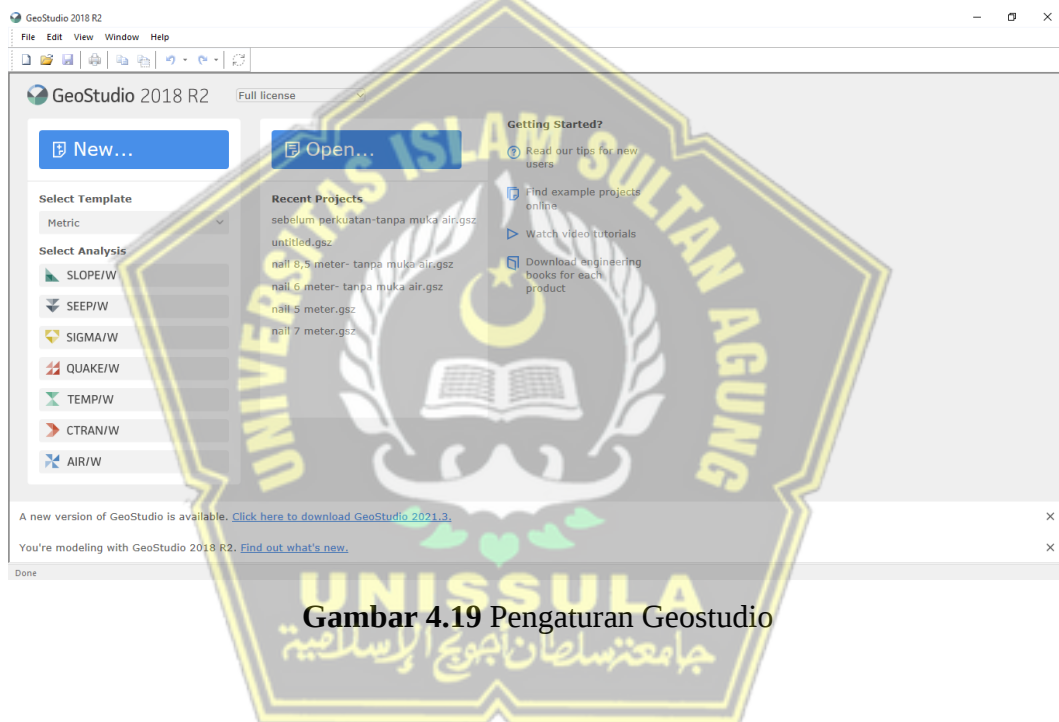


4.5 Permodelan Lereng Menggunakan Software Geostudio-Geoslope

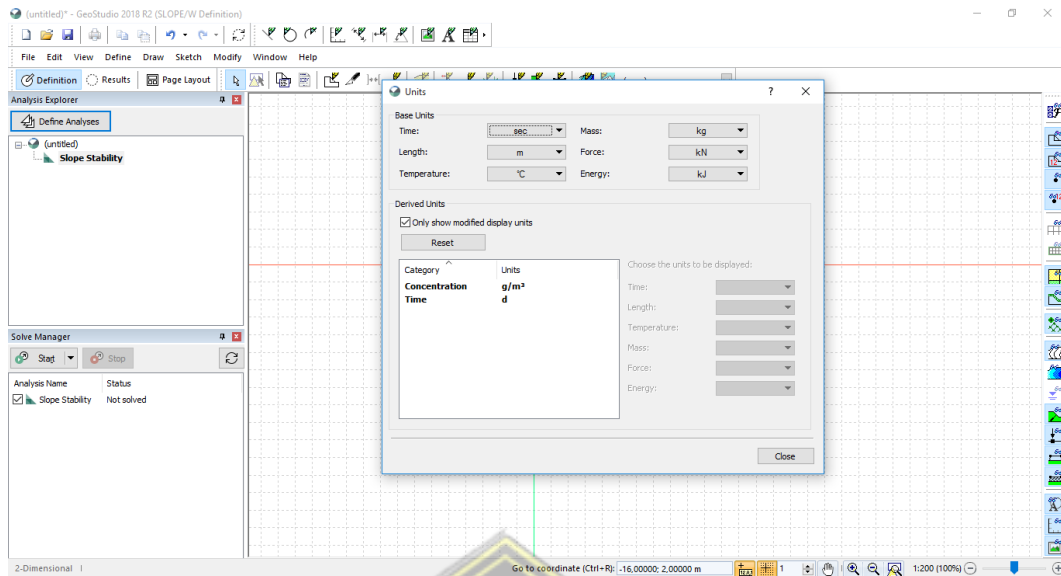
4.5.1 Pengaturan Awal

Untuk melakukan analisis dengan program goeslope harus melewati pengaturan awal yang terdiri dari beberapa tahap, diantaranya pengaturan skala gambar, dan jarak grid. Kertas kerja adalah ukuran ruang yang disediakan untuk mendefinisikan masalah. Skala gambar merupakan perbandingan yang digunakan untuk mendefinisikan ukuran lereng sebenarnya terhadap gambar pada program. Grid digunakan untuk memudahkan untuk menggambar titik agar tepa dengan koordinat yang diinginkan. Berikut langkah-langkah perngaturan awal :

- 1) Mengatur satuan, klik *metric* pada template klik slope

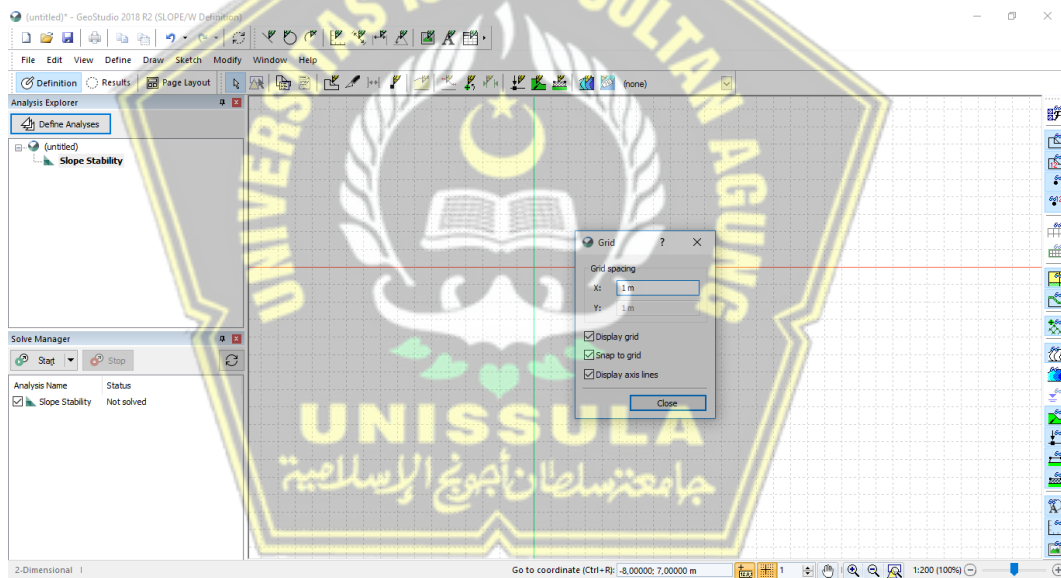


Gambar 4.19 Pengaturan Geostudio



Gambar 4.20 Jendela Pengaturan satuan

2) Mengatur grid, klik view klik *grid*



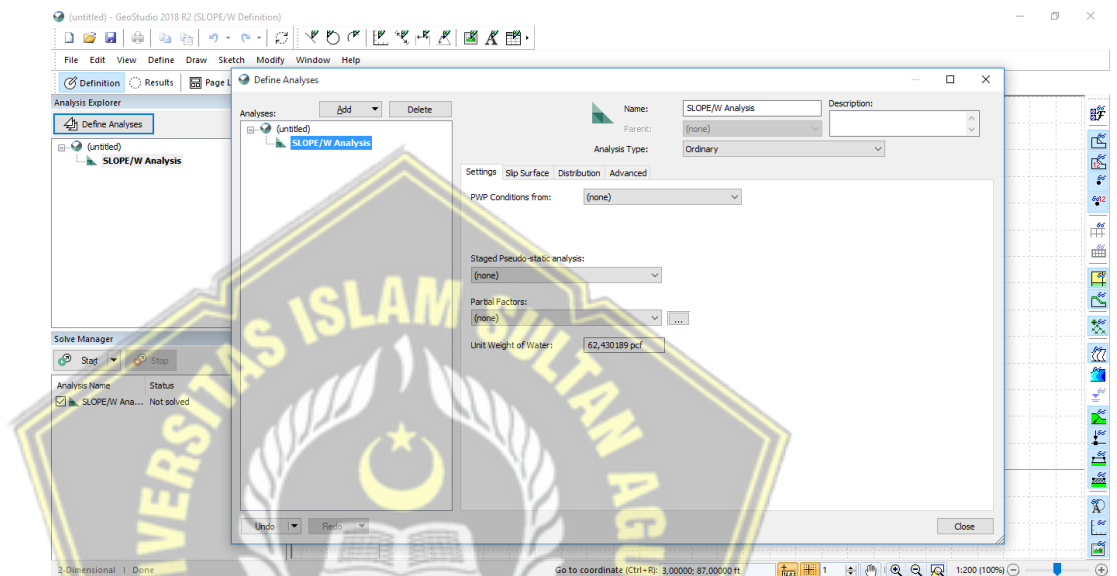
Gambar 4.21 Jendela Pengaturan Grid

4.5.2 Analysis Setting

Tahapan ini merupakan tahapan untuk menentukan pengaturan dalam menganalisis stabilitas kelongsoran lereng. Langkah-langkahnya yaitu:

- 1) Menentukan *project ID* dari menu utama *Define – Analyses*.

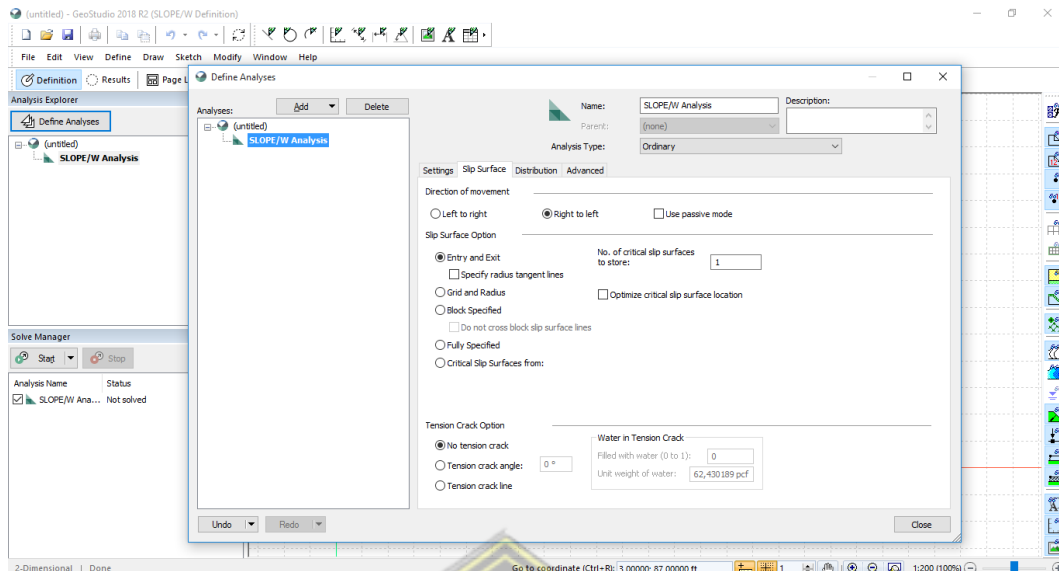
Project ID ini digunakan untuk mendefinisikan judul pada masalah yang sedang dianalisis, seperti pada gambar



Gambar 4.22 Jendela Penentuan *Project ID*

- 2) Menentukan metode analisis, klik *tabsheet* pada *Analyses Type*.

Pada *tabsheet* ini terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk analisis stabilitas lereng. Metode yang akan digunakan yaitu *Ordinary*, maka pilih pada *tabsheet Ordinary*.



Gambar 4.23 Jendela Penentuan Bidang Longsor

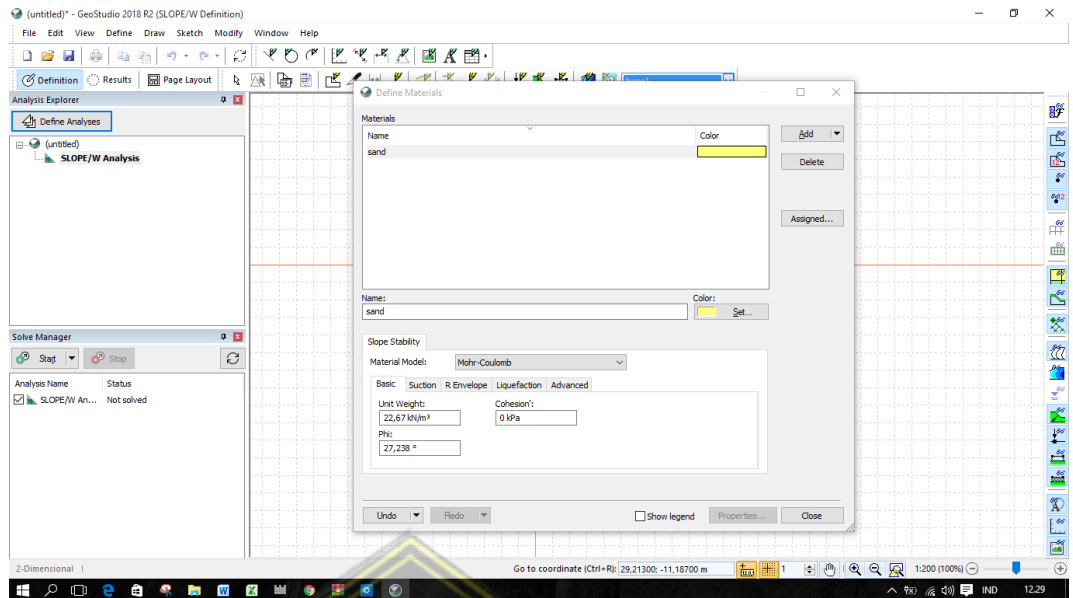
3) Menentukan bidang gelincir, klik *tab sheet slip surface option*.

Pergerakan arah kelongsoran dapat ditentukan sesuai keinginan. Klik *right to left*.

Pilih option *entry and exit* untuk menentukan bidang longsor.

4.5.3 Mendefinisikan Parameter Tanah

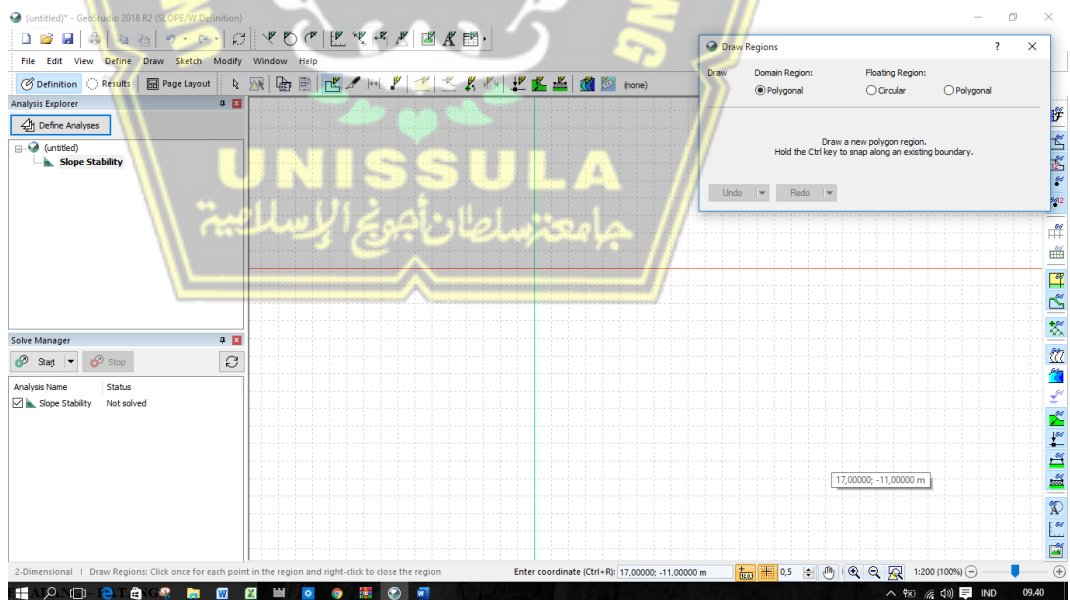
Jenis material yang diinput sesuai dengan data tanah yang akan di analisis. Material model Mohr-Coulomb. Parameter yang akan diinput yaitu berat isi tanah (γ), kohesi (c) dan sudut geser (ϕ). Langkah untuk mendefinisikan parameter tanah adalah dari menu utama *Define- Materials*



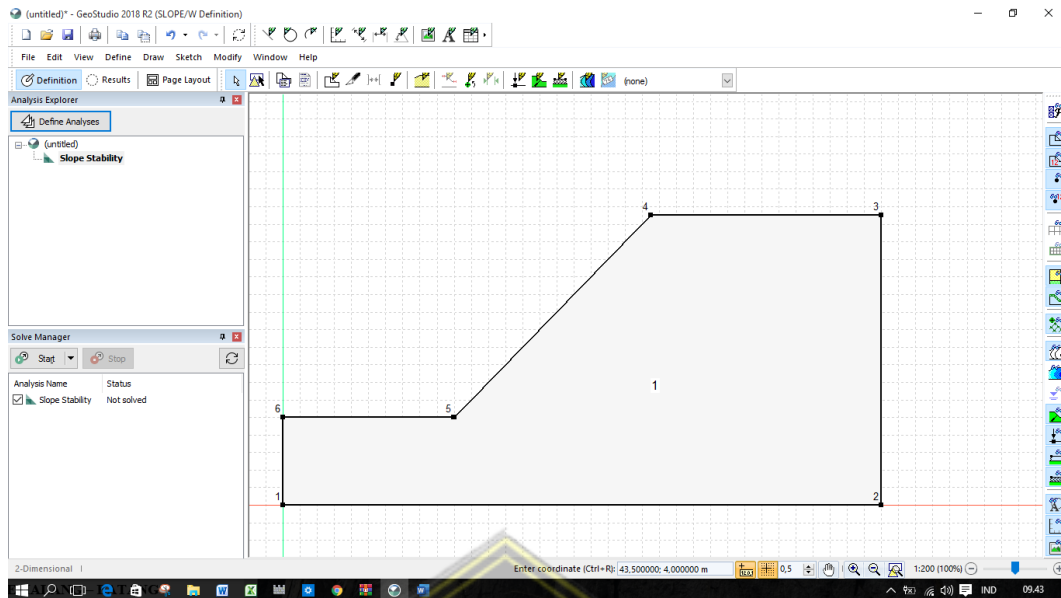
Gambar 4.26 Jendela Pendefinisikan Parameter Tanah

4.5.4 Membuat Sketsa Gambar

Permodelan lereng dimulai dengan pembuatan sketsa gambar dari model masalah yang ingin di analisis. Permodelan dibuat dari menu *Draw Regions*.

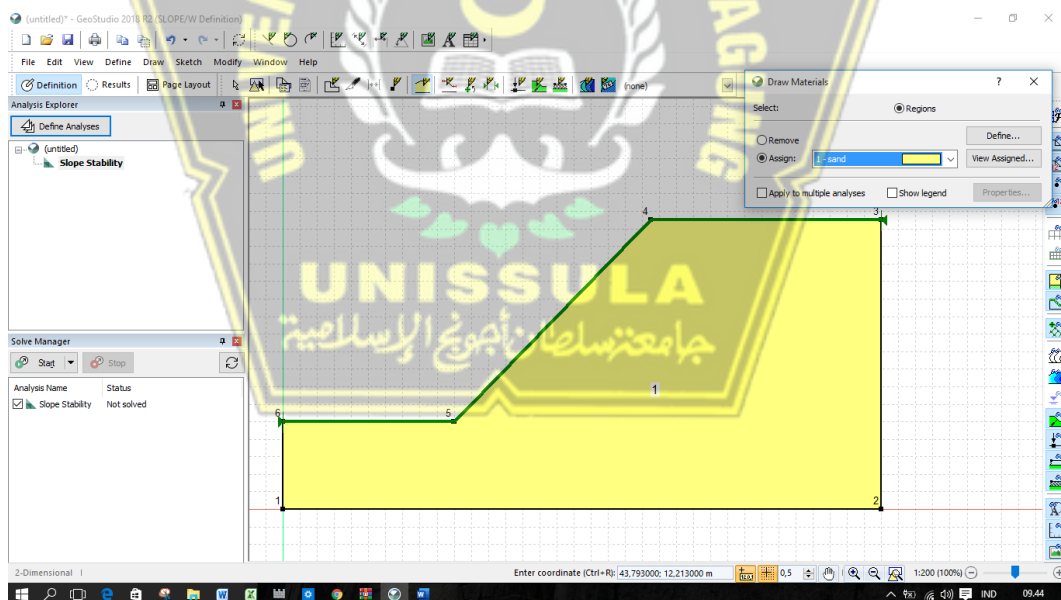


Gambar 4.27 Jendela Penggambaran Tanah



Gambar 4.28 Jendela Penggambaran Tanah

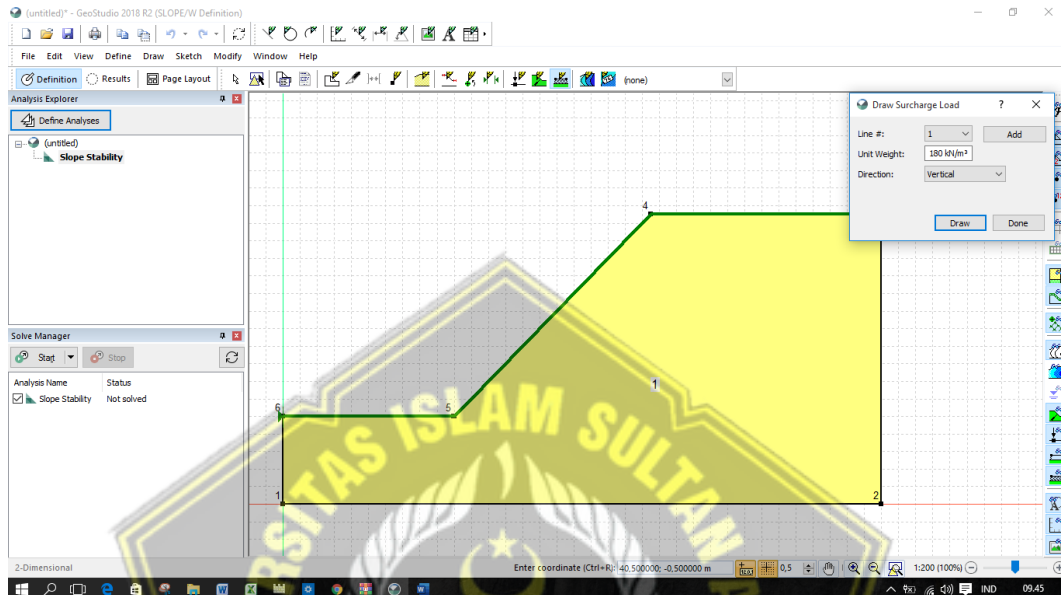
4.5.5 Memasukkan Properties Tanah. Klik *Draw* Pada Menu Utama, Lalu Klik *Materials*.



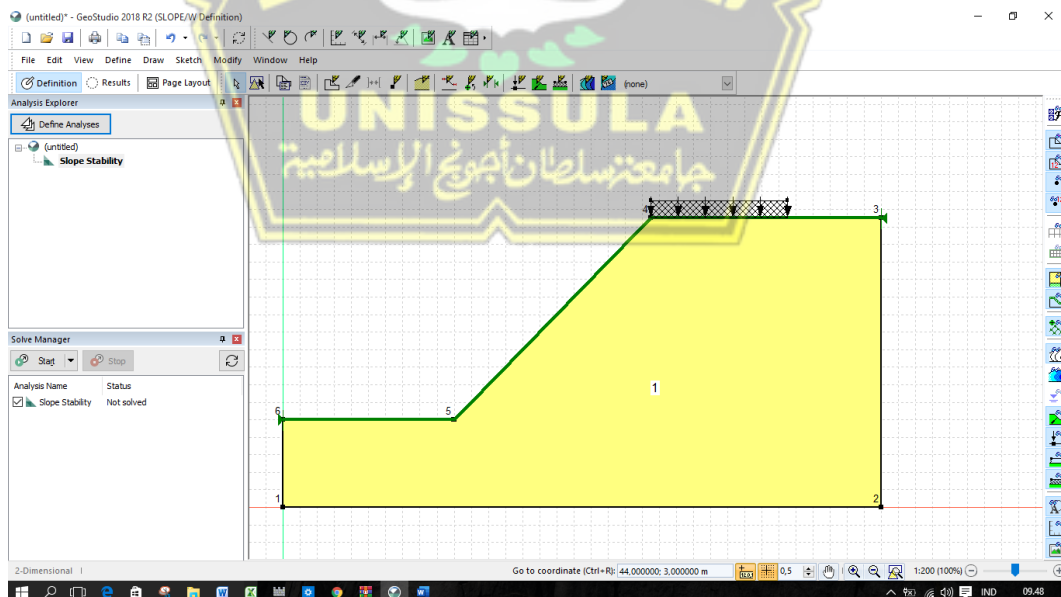
Gambar 4.29 Jendela Penginputan Tanah

4.5.6 Menggambar Beban Merata

Menggambar beban merata klik *Draw* pada menu utama, lalu pilih *Surcharge Loads* lalu input beban lalu mulailah menggambar beban yang digunakan.



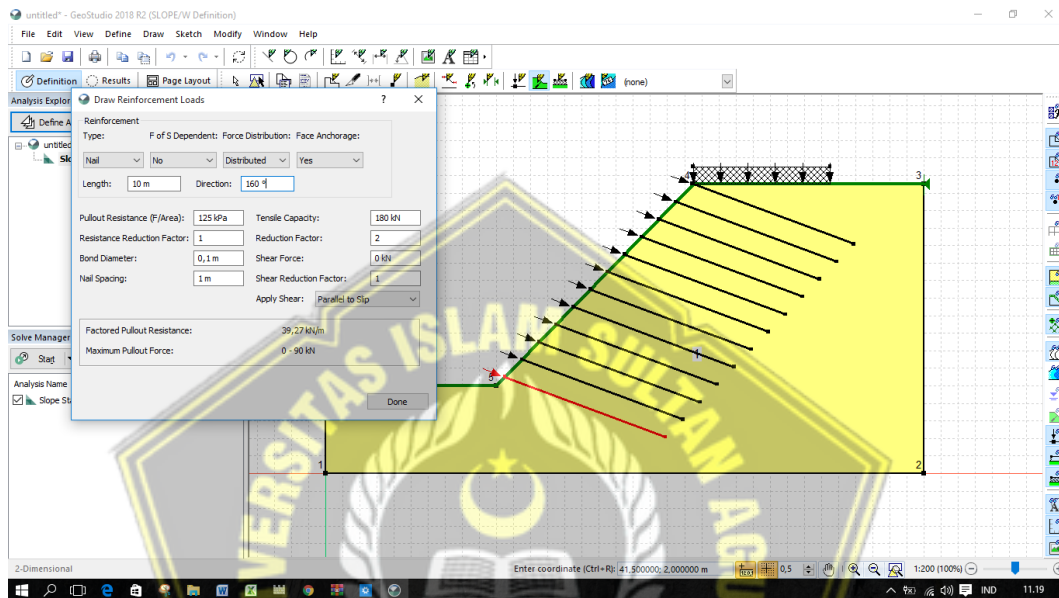
Gambar 4.30 Jendela Penginputan Beban Merata



Gambar 4.31 Jendela Penginputan Beban Merata

4.5.7 Menggambar Perkuatan Soil Nailing

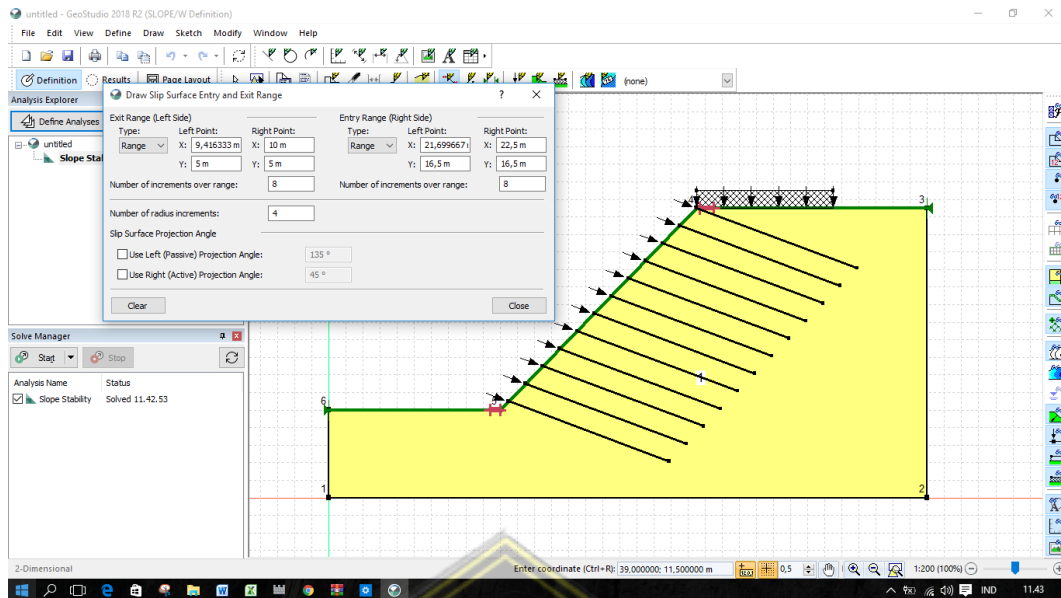
Spesifikasi nail yang digunakan adalah diameter luang, kuat gesek, spasi antar nail, kapasitas beban, dll. Untuk menggambar *Soil Nailing* pada lereng yaitu pilih pada menu utama *Draw* klik *Reinforcement Loads* – pilih Nail lalu input spesifikasi nail yang digunakan.



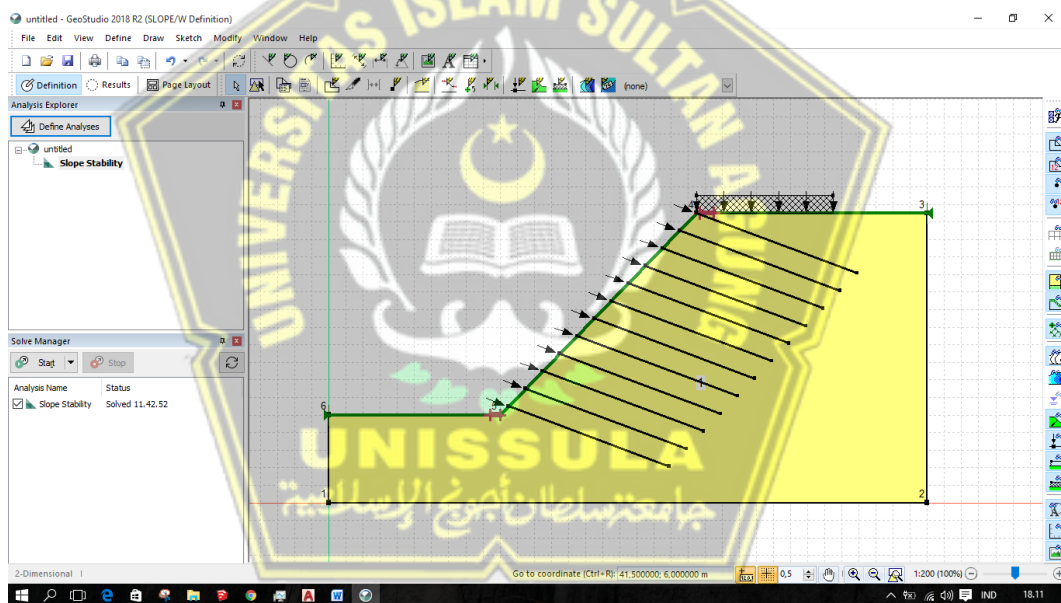
Gambar 4.32 Jendela Peggambaran Soil Nailing

4.5.8 Menggambar *Entry and Exit* Bidang Longsor

Menentukan lokasi dimana percobaan bidang longsor kemungkinan akan masuk dan keluar dari permukaan tanah, metode ini disebut *entry and exit*. Untuk manggambarkan *entry and exit* bidang longsor yaitu dari menu utama *draw* klik *slip surface* lalu pilih *entry and exit*.



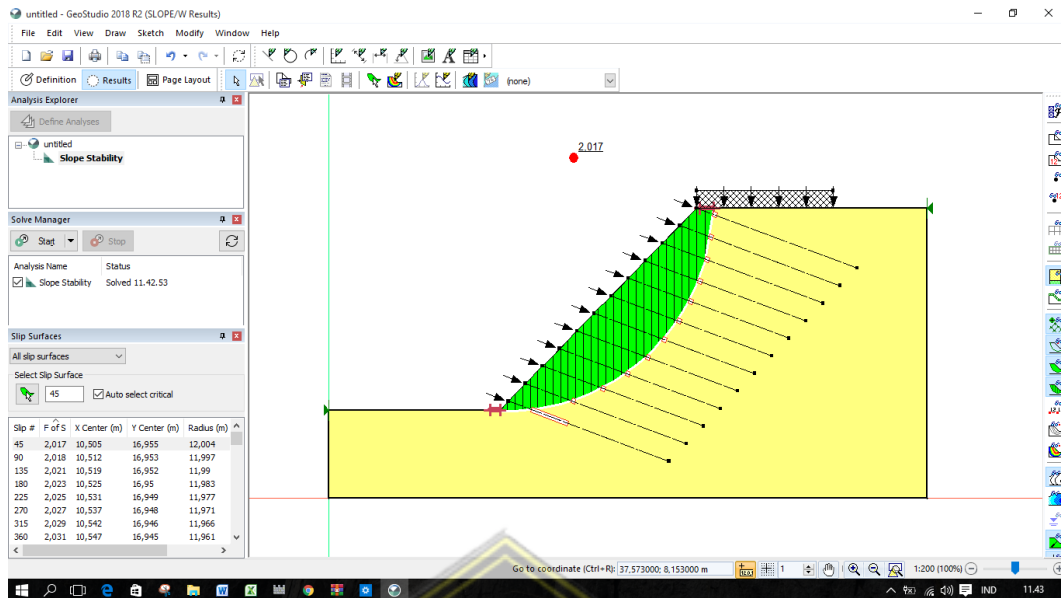
Gambar 4.33 Jendela Penggambaran Entry and Exit



Gambar 4.34 Penggambaran Entry and Exit

4.5.9 Solving The Problem

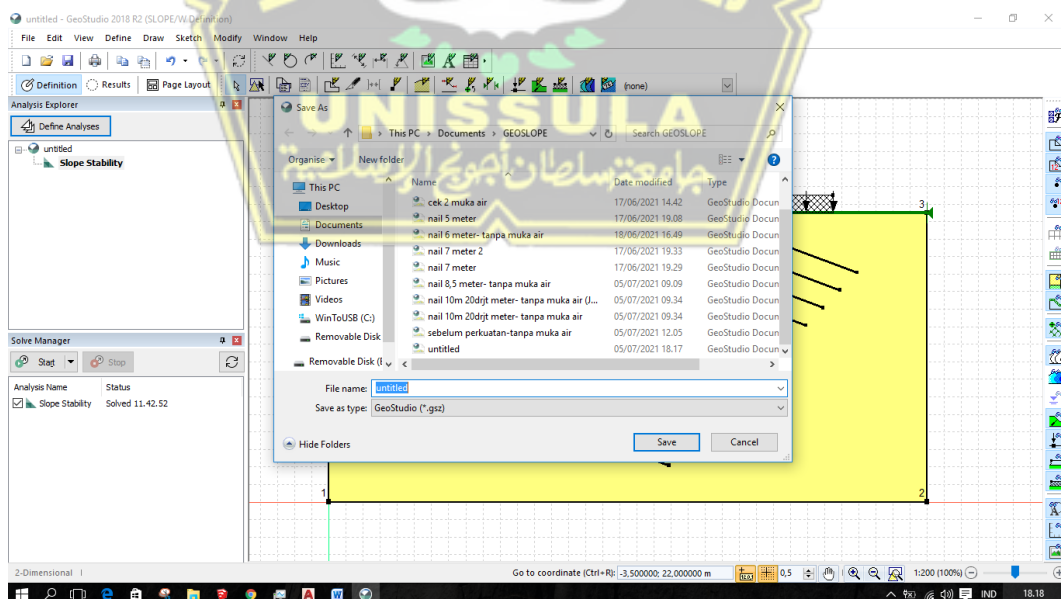
Langkah ini bertujuan untuk menghitung angka keamanan pada lereng dengan data-data yang telah diinput. Langkah untuk *solving the problem* yaitu pada *tabsheet solve manager* pilih start untuk memulai perhitungan.



Gambar 4.35 Jendela Hasil Analisis

4.5.10 Menyimpan Data

Setelah semua proses analisis selesai, hasil running program kemudian disimpan sehingga bisa dibuka ketika dibutuhkan. Langkahnya seperti berikut, yaitupada menu file utama klik *file* lalu pilih *save* dan diberi nama atau judul.



Gambar 4.36 Jendela Penyimpanan Data

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- a) Dari Perencanaan dinding penahan tanah tipe kantilever menggunakan metode *soil nailing* di Perumahan *BSB City Victoriaa Hills* Semarang didapatkan kesimpulan bahwa:

Analisis tanah pada Perumahan *BSB City Victoriaa Hills* Semarang menghasilkan data yang digunakan untuk perhitungan DPT sebagai berikut:

1. Kohesi (c) = 1,57 kN/m
 2. Gamma tanah (γ) = 22,65 kN/m³
 3. Sudut geser tanah (ϕ) = 27,238 °
 4. Presentase jenis tanah : clay (3,18%), silt (28,92%), sand (66,10%), gravel (1,80%)
- b) Desain dinding penahan tanah kantilever dengan ketinggian 11,5 m menghasilkan lebar 5,75 m dan ketebalan tumit tapak (*heel*) sebesar 1,15 m.
- c) Hasil perhitungan dari analisis DPT kantilever dan kekuatan *soil nailing*
1. Analisis stabilitas guling pada DPT kantilever dengan perhitungan manual mempunyai nilai faktor aman sebesar 0,65 pada stabilitas penggulingan, stabilitas geser sebesar 0,49 dengan daya dukung tanah sebesar 1,39. Nilai tersebut termasuk nilai yang tidak aman karena kurangnya nilai *safety factor* dari yang telah ditetapkan yaitu 1,5.
 2. Analisis stabilitas guling pada DPT kantilever menggunakan aplikasi *Plaxis* dengan SF sebesar 1,2403. Nilai tersebut termasuk nilai yang tidak aman.

3. Analisis lereng tanpa perkuatan dengan perhitungan manual memiliki nilai faktor aman sebesar 0,85 dan 0,42 dengan program geoslope. Nilai0nilai tersebut termasuk nilai yang tidak aman.
4. Karena kurangnya nilai *safety factor* dari yang telah ditetapkan. Setelah diberikan perkuatan nail untuk lereng dari kemiringan 45° didapatkan angka keamanan (FS) 3,3 untuk lereng perhitungan manual ini menggunakan metode baji (*Wedge*), sedangkan perkuatan *soil nailing* dengan program *Geoslope* diperoleh angka keamanan sebesar 2,32 pada lereng 45° .

5.2 Saran

Penulis bermaksud untuk memberikan beberapa saran untuk rekan-rekan dalam melakukan analisis perhitungan DPT yaitu :

- a) Merubah ketinggian dari jenis DPT dengan jenis yang sama serta merubah pengaruh ketinggian DPT terhadap stabilitas gaya guling, geser dan daya dukung tanah.
- b) Ditambahkan perhitungan stabilitas lereng secara keseluruhan (global)
- c) Dilakukan perhitungan awal untuk memeriksa jarak antar *nail* yang lebih rapat untuk mengetahui jarak *nail* yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

A, Tanjung & Y, Afrisa, 2016, *Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Penangga pada Tebing Sungai Lematang Kabupaten Lahat Sumatera Selatan*, Politeknik Negeri Sriwijaya.

Bina Marga (1983)

Byrne et al.1998. Properti Baja Ulir

Carlos A. Lazarte, Ph.D., P.E, et al. 2003. *GEOTHECNICAL ENGINEERING*

CIRCULAR NO. 7 (Soil Nail Walls). FHWA0-IF-03-017. Maryland: GeoSyntec Consultants.

Carlos A Lazarte,. Elias, V., Espinoza, R.D., And Sabatini, P.J. 2013. *Soil Nailing Walls Geotechnical Engineering Circular*. Federal Highway Administration.Wangshington,DC.

Chasanah, Uswatun, 2012, *Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Software Geostudio Slope/W 2012 Studi Kasus Daerah Wisata Kabupaten Pesawaran Lampung*, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret.

Fajar, Ramadhani, 2016, *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever Menggunakan Program Plaxi*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Giroud, J.P.. and Noiray. 1981. Design Of Geotectile Reinforced Unpaved Roads. Journal of the geotechnical Eng.

Hatwan Fardilla, 2018, *Perencanaan Dinding Penahan Sebagai Alternatif Penahan Longsor pada Pangkal Jembatan*, Universitas Lampung.

Hardiyatmo, Hary Christady, 2006, *Mekanika Tanah I*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Indrawahjuni, Herlien. 2011. *Mekanika Tanah II*. Malang: Penerbit Bargie Media.

Jamin, M, 2005, *Pengaruh Tekanan Overburden Terhadap Tahanan Gesek Dinding Tiang Pada Tanah Pasir*, Tesi, Program Pascasarjana. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Juran, Ilan. 1990. *Nailed-Soil Retaining Structures Design and Practice*. Transportation Research Record 1119.

Juran, Ilan & Elias, Victor. 1990. *Ground Anchors dan Soil Nails in Retaining Structure*. Foundation Engineering Handbook.Chapter 26.

Kumalasari,Vitriana, 2012. *Analisa Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program Geoslope*.UNS

Kusuma, R.I; Mina, Eden & Ikhsan, Ismaul, 2016, *Tinjauan Sifat Fisis dan Mekanis Tanah*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Pemhub No14 (2007)

Ramadhani S, 2010, *Analisis Dinding Penahan Tipe Gravitasi Pada Lokasi Bukit BTN Teluk Palu Permai*, Teknik Sipil Universitas Tadulako, Palu..

Sahara, Marlina, 2014, *Kajian Kemiringan Lereng Dan Curah Hujan Terhadap Tingkat Kerawanan Longsor Di Kecamatan Pekucen KabupatenBanyumas*. Skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Program Studi Geografi, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto.

Sukirman Silvia, 1993, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova.

SNI 03,1997. Klasifikasi Kemiringan Lereng

Van Zuidam, R. A. 1985. *Aerial Photo – Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smith Publisher, The Hague, ITC.



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Intan Mekar Bendhari C. (30201700085)
 Rananta Agustina (30201700151)
 Laporan Tugas : Tugas Akhir
 Judul : Perencanaan Dinding Penahan Tanah
 Tipe Kantilever dan Perkuatan Lereng
 Menggunakan Metode *Soil Nailing* di
 Perumahan BSB City Victoria Hills
 Semarang

Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	15/4/2021	- Perbanyak materi pada studi pustaka dan perbanyak sumber jurnal - Perbaiki flow chart pada metodologi penelitian sesuai kebutuhan	<i>Meyne</i>
2.	24/4/2021	- Perbaiki desain struktur DPT - Tambahkan uraian penelitian uji tanah pada Bab II - Revisi Rumusan masalah dan Tujuan	<i>Meyne</i>

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
3.	10/5/2021	- Perbaiki Perhitungan DPT Pada Bab I - Tambahkan urutan, cara Kerja, hasil dan foto dari Penelitian uji tanah secara lengkap dan rinci Pada Bab I - Revisi isi flow chart Pada Bab II	Meine
4.	15/6/2021	Langgkahn Perhitungan Soil Nailing	Meine
5.	9/7/2021	- Bab 3 metode Penelitian, langkah Penelitian dijelaskan detail spt urutannya Pada bagian alir - Analisis standar DPT kantiler, data tanah diambil dari hasil Penelitian di lab - Dihitung dan digambar letak NAIL, diameter NAIL, jarak NAIL	Meine
6.	16/7/2021	Ditua Maaju seminar & Aes	Meine



LEMBAR ASISTENSI

Nama : Intan Mekar Bendhari C.

(30201700085)

Rananta Agustina

(30201700151)

Laporan Tugas : Tugas Akhir

Judul : Perencanaan Dinding Penahan

Tanah Tipe Kantilever dan

Perkuatan Lereng Menggunakan

Metode Soil Nailing di

Perumahan BSB City Victoria

Hills Semarang

Dosen Pembimbing II: Dr. Abdul Rochim, ST. MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
01.	$\frac{28}{07}$ 2021	Revisi - Latar belakang - Rumusan Masalah - Tujuan	
02.	$\frac{25}{05}$ 2021	- hal. 4 beri satuan pada koefisien - hal. 7 berapa kadar air berdasarkan grafik gambar 4.9	
03.	$\frac{02}{06}$ 2021	- Perbaiki dan samakan penulisan sumber - Perbaiki rumusan masalah dan tujuan - Penulisan rumus direvisi dan disamakan	
04.	$\frac{10}{06}$ 2021	- Lebar Distribusi beban DPT. U19 Perbaiki - Nilai phi dikurangi nilainya: phi (2/3) - $Cd = c \cdot ad$... Nilai ad cari dari grafik c vs ad	
05.	$\frac{28}{06}$ 2021	- Buat tabel untuk summary nilai phi - Gambar 4.9 tidak sesuai perhitungan - Cara penggambaran diagram lateral tanah salah	
06.	09 Juli 2021	- Nilai c mempengaruhi diagram lateral Bisa nju Seminar TA	

Ace

PERENCANAAN DINDING PENAHAN TANAH TIPE KANTILEVER DAN PERKUATAN LERENG MENGGUNAKAN METODE SOIL NAILING DI PERUMAHAN BSB CITY VICTORIA HILLS SEMARANG

ORIGINALITY REPORT

21 %

SIMILARITY INDEX

19 %

INTERNET SOURCES

1 %

PUBLICATIONS

11 %

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Sultan Agung Islamic University

Student Paper

5 %

2

www.scribd.com

Internet Source

4 %

3

repository.unissula.ac.id

Internet Source

2 %

4

sipil.studentjournal.ub.ac.id

Internet Source

2 %

5

123dok.com

Internet Source

1 %

6

dspace.uii.ac.id

Internet Source

1 %

7

eprints.uny.ac.id

Internet Source

<1 %

8

repository.its.ac.id

Internet Source

<1 %

09/08 / 2021

Dr. Abdul Rochim

Submitted to Universitas Muria Kudus

9	Student Paper	<1 %
10	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
11	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
12	repository.unpar.ac.id Internet Source	<1 %
13	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
14	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
15	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
16	eprints.itenas.ac.id Internet Source	<1 %
17	misbahulbadr.blogspot.com Internet Source	<1 %
18	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
19	core.ac.uk Internet Source	<1 %
20	es.scribd.com Internet Source	<1 %

21	id.123dok.com Internet Source	<1 %
22	repository.polimdo.ac.id Internet Source	<1 %
23	repository.unmuhjember.ac.id Internet Source	<1 %
24	www.e-jurnal.ukrimuniversity.ac.id Internet Source	<1 %
25	spmi.poltekba.ac.id Internet Source	<1 %
26	triwahyukuningsih.wordpress.com Internet Source	<1 %
27	repository.unika.ac.id Internet Source	<1 %
28	Submitted to UIN Walisongo Student Paper	<1 %
29	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1 %
30	ojsmhs.poltekba.ac.id Internet Source	<1 %
31	teknoaldebran.blogspot.com Internet Source	<1 %
32	www.webapoteket.dk Internet Source	<1 %

33	ftp.unicamp.br Internet Source	<1 %
34	journal.eng.unila.ac.id Internet Source	<1 %
35	eprints.iain-surakarta.ac.id Internet Source	<1 %
36	eprintslib.ummgl.ac.id Internet Source	<1 %
37	fandi-akbar.blogspot.com Internet Source	<1 %
38	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %
39	jurnal.untad.ac.id Internet Source	<1 %
40	repozitorij.svkst.unist.hr Internet Source	<1 %
41	digilib.uns.ac.id Internet Source	<1 %
42	ejurnal.untag-smd.ac.id Internet Source	<1 %
43	riananddrey50.blogspot.com Internet Source	<1 %



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

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

DOSEN PENGUJI
SEMINAR TUGAS AKHIR

Hari
Tanggal
Jam

Jum'at
23 Juli 2021
09.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Menggunakan
Metode Soil Nailing Di Perumahan BSB CITY Victoria Hills Semarang

1	Intan Mekar Bendhari C	30201700085	1	
2	Rananta Agustina	30201700151	2	

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Ir. H. Soedarsono,MSI	1
2	Dr. Abdul Rochim,ST,MT	2
3	Lisa Fitriyana,ST,M.Eng	3

Semarang, 23 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng
NIK. 210216089



**JUDUL TUGAS AKHIR
DALAM BAHASA INGGRIS**

Hari
Tanggal
Jam

Jum'at
23 Juli 2021
09.00 WIB

Judul Tugas Akhir

Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Menggunakan
Metode Soil Nailing Di Perumahan BSB CITY Victoria Hills Semarang
0

JUDUL TUGAS AKHIR DALAM BAHASA INGGRIS

PLANNING OF CANTILEVER TYPE OF SOIL RETAINING WALLS AND
SLOPE REINFORCEMENT USING SOIL NAILING METHOD IN BSB CITY
VICTORIA HILLS HOUSING SEMARANG

1	Intan Mekar Bendhari C	30201700085	1	
2	Rananta Agustina	30201700151	2	

Pembimbing Tugas Akhir

NO	NAMA	TANDA TANGAN
1	Dr. Ir. H. Soedarsono,MSI ✓	1
2	Dr. Abdul Rochim,ST,MT	2

Semarang, 23 Juli 2021
Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Alhyar, ST, M. Eng
NIK. 210216089



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

Nomor : 11 / A.2 / SA - T / VII / 2021

Pada hari ini, Jum'at Tanggal 23 Juli 2021 telah dilaksanakan

Seminar Tugas Akhir, dengan peserta sebagai berikut :

1 Nama	Intan Mekar Bendhari C	30201700085
2 Nama	Rananta Agustina	30201700151

Judul TA Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Menggunakan
Metode Soil Nailing Di Perumahan BSB CITY Victoria Hills Semarang
0

Dengan Hasil

Baik dengan beberapa koreksi
dan dosen penguji
:

Demikian Berita Acara Seminar Tugas Akhir ini dibuat untuk diketahui dan penggunaan seperlunya.

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. H. Soedarsono,MSI ✓

Dosen Pembimbing II

Dr. Abdul Rochim,ST,MT

Dosen Pembimbing

Lisa Fitriyana,ST,M.Eng ✓

Mengetahui ,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

M Rusli Ahyar,ST,M.Eng



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM : Intan Meekar B.T / 20201700085, Raniha Agutina / 20201700151
Hari / Tanggal : Jum'at / 23 Juli 2021
Judul TA : Perencanaan Dinding Perahan Tanah Tipe Kantilever dan Perkuatan Lereng
Menggunakan Metode Soil Nailing Di Perumahan BJB City Cluster Victoria Hills
Semarang

NO	
1	
2	
3	
4	
5	

DOSEN PENGUJI

Handwritten signature



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM

Intan Mekar B.c / 30201900085, Rananta Agustinia / 302019000151

Hari / Tanggal

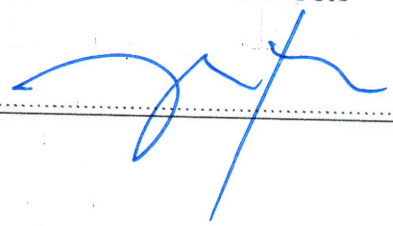
Jum'at / 23 Juli 2021

Judul TA

Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan
Perkuatan Lereng Menggunakan Metode Sori Nailing Di Perumahan BSD City
Cluster Victoria Hills Semarang

NO	
1	Bagian berita acara Jabatan akademik kedua dosen Lektor Kepala, Pada berita acara tabel kolom nomor tidak urut dan tanggal belum diisi sama.
2	Cembar Pernyataan keaslian dibuat sama lembar bebas plagiasi untuk susunan nama dan nim. Pada daftar isi Pasukan tulisan tidak nabrak halaman.
3	Abstrak : 3 Paragraf, Paragraf # 1 dilambatkan tujuan studi, Paragraf # 2 Metodenya - bahan dan alat yang dipakai didetailkan, Paragraf # 3 Hasilnya.
4	Judul Direvisi antara Kantilever 'Dan' Perkuatan Sori Nailing.
5	Daftar Pustaka banyak ditulis di atas tapi kenyataannya di Bab 1 - V tidak ada sumber referensinya (ini tidak boleh)

DOSEN PENGUJI





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

Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax (024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa / NIM

Inan Mekar B.C / 302070008, Raranta Agustina / 302070015

Hari / Tanggal

Jum'at / 23 Juli 2021

Judul TA

Perencanaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever dan Pertentangan Lereng
Menggunakan Metode Seli Kaling Di Perumahan BAB City Cluster Victoria
Hills Semarang

NO	
1	Perbaiki Penulisan Sumber pada gambar
2	Lengkapi Penomoran rumus pada BAB II
3	Pada Power Point tambahkan detail material tanah dari aplikasi Plaxis
4	Beri Judul gambar pada bagian akhir BAB III
5	
DOSEN PENGUJI	



YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)
Jl. Raya Kaligawe Km.4 Semarang 50112 Telp. (024) 6583584 (8 Sal) Fax.(024) 6582455
email : informasi@unissula.ac.id web : www.unissula.ac.id

FAKULTAS TEKNIK

Bismillah Membangun Generasi Khaira Ummah

SEMINAR TUGAS AKHIR
MAHASISWA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG

Hari : Jum'at
Tanggal : 23 Juli 2021
Tempat :

NO	NAMA	NIM	TANDA TANGAN
1			1
2			2
3			3
4			4
5			5
6			6
7			7
8			8
9			9
10			10
11			11
12			12
13			13
14			14
15			15
16			16
17			17
18			18
19			19
20			20

MENGETAHUI

DOSEN PENGUJI 	DOSEN PENGUJI 
--	---