TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH (STUDI KASUS : JALAN LINGKAR UTARA TEGAL)

(ANALYSIS OF SLOPE STABILITY WITH RETAINING WALLS)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

FAUZI ADIYATMA

155111199

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2021

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH (STUDI KASUS : JALAN LINGKAR UTARA TEGAL)
(*ANALYSIS OF SLOPE STABILITY WITH RETAINING WALLS*)

Disusun oleh :
Fauzi Adiyatma
NIM : 15511199

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal **4 April 2022**
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Akhmad Marzuko,Ir., M.T	**Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.**	**Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T.,M.Eng**
NIK:885110107	**NIK:045110407**	**NIK:135111101**

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

(Sri Amini Yuni Astuti, S.T.,M.T)
NIK:135111101

a

BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan sesungguhnya Tugas Akhir yang saya buat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil adalah hasil dari karya sendiri. Ada beberapa hal yang saya kutip dari berbagai karya milik orang lain, namun itu sifatnya adalah sebagai pedoman dan acuan literasi yang jelas dalam Tugas Akhir ini. Pengutipan yang dilakukan juga telah menyertakan nama dan atau sumber yang elas sesuai kaidah penulisan yang berlaku. Apabila dikemudian hari Tugas Akhir saya secara kesuluruhan meniru karya orang lain, maka saya siap menerima sanksi sesuai peraturan perundang – undangan yang berlaku

Yogyakarta, September 2021

Yang

membuat pernyataan

Fauzi Adiyatma

(15 511 199)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam selalu dilimpahkan kepada junjungan Rasulullah SAW, keluarga, sahabat, serta pengikut beliau hingga yaumul akhir.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik dalammenyelesaikan studi tingkat Strata Satu (S1) di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, banyak hambatan yang dihadapi penulis. Tetapi berkat saran, dorongan serta semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan hal tersebut penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Akhmad Marzuko, Ir.,M.T.selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan banyak masukan dan bimbingan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T.,M.T. dan Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak, S.T.,M.Eng selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang telah memberikan banyak masukan dan bimbingan.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni A, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil,Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Seluruh dosen, pengajar, laboran, asisten, serta staff dan karyawan FakultasTeknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telahmemberikan banyak ilmu serta memfasilitasi penulis selama masa kuliah.
5. Bapak dan Ibu penulis, Bapak Sujatna dan Ibu Sri Murwani, yang selalu memberikan doa, dukungan, serta semangat tiada henti hingga selesainya tugas akhir.

6. Teman-teman penulis, Imam, Hendra, yang selalu membantu, memberi dukungan dan motivasi agar saya segera menyelesaikan masa studi

Saya berharap agar penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, September 2021

Yang membuat pernyataan

Fauzi Adiyatma

(15 511 199)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
DAFTAR NOTASI xiv
ABSTRAK xvi
ABSTRACT xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 4
1.4. Batasan Penelitian 4
1.5. Keaslian Penelitian 4
1.6. Manfaat penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1. Umum 6
2.2. Referensi Penelitian 6
2.2.1. Stabilitas Lereng Yang Sudah Diberi Perkuatan 6
2.2.2. Angka Keamanan 7
2.2.3. Angka Keamanan dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah 8
2.2.4. Penurunan Tanah 8
2.3. Perbandingan Penelitian Terdahulu 9
BAB III LANDASAN TEORI 13
3.1. Tanah 13
3.2. Klasifikasi Tanah 14

3.2.1. Sistem Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System) 15
3.2.2. Sistem Klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials Classification 13
3.3. Parameter Tanah 17
3.4. Data Sekunder 22
3.5. Pembebanan 29
3.6. Kapasitas Dukung Tanah 32
3.7. Dinding Penahan Tanah (DPT) 35
3.7.1. Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah (DPT) 36
3.7.2. Tekanan Tanah Lateral dan Tegangan Efektif 38
3.7.3. Stabilitas Dinding Penahan 41
3.8. Pondasi 44
3.8.1. Pondasi Tiang Pancang 45
3.8.2. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang 45
3.9. Plaxis 48
3.9.1. Prosedur Pengoperasian Plaxis 49
BAB IV METODE PENELITIAN 59
4.1. Tinjauan Umum 59
4.2. Lokasi peelitian 59
4.3. Tahapan Penelitian 60
4.4. Analisis dan Permodelan Plaxis 60
4.4.1. Parameter Tanah 60
4.4.2. Dinding Penahan Tanah 60
4.5. Pengoperasian Plaxis 63
4.5.1. Plaxis Input 63
4.5.2. Plaxis Calculation 65
4.5.3. Plaxis Output 66
BAB V ANALSIS DAN PEMBAHASAN 67
5.1. Data Perhitungan Stabilitas 67
5.2. Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah 68
5.2.1. Kontrol Stabilitas Guling dan Geser 72

5.2.2. Kontrol Daya Dukung Tanah 73
5.3. Kontrol Kekuatan Pondasi 75
5.3.1. Tahanan Aksial Tiang Pondasi 75
5.3.2. Tahanan Lateral Tiang Pondasi 81
5.3.3. Perhitungan Kekuatan Pondasi 84
5.4. Kondisi Umum Proyek 87
5.5. Data Parameter Tanah 88
5.6. Data Beban 88
5.7. Data Dinding Penahan Tanah 90
5.8. Data Pondasi Mini Pile 90
5.9. Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Perkuatan Dinding Penahan Tanah dengan Plaxis 8.6 90
5.10. Pembahasan 102
5.10.1. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan DPT Perhitungan Manual 102
5.10.2. Analisis Daya Dukung Mini Pile 103
5.10.3. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan DPT Menggunakan Plaxis 8.6 103
BAB VI PENUTUP 104
6.1. Kesimpulan 104
6.2. Saran 104
DAFTAR PUSTAKA 106
LAMPIRAN 109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah pada STA 4+675 – 5+050 3
Gambar 1. 2 Tampak Atas Dinding Penahan Tanah pada STA 4+675 – 5+050 3
Gambar 3. 1 Keadaan Kondisi Tanah Eksisting pada STA 4 + 675 14
Gambar 3. 2 Kondisi Tanah Setelah Timbunan pada STA 4 + 675 14
Gambar 3. 3 Sistem Klasifikasi dalam Tanah Unified 13
Gambar 3. 4 Diagram dalam Fase Tanah 17
Gambar 3. 5 Potongan Melintang Jalan pada STA 4+800 22
Gambar 3. 6 Peta Zonasi Gempa di Kawasan Indonesia Bagian Barat 31
Gambar 3. 7 Keruntuhan Geser pada Umumnya 33
Gambar 3. 8 Keruntuhan Geser Lokal 34
Gambar 3. 9 Keruntuhan Geser pada Saat Penetrasi 34
Gambar 3. 10 Dinding Penahan Tanah pada Jenis Kantilever 36
Gambar 3. 11 Potongan pada Dinding Penahan Tanah 37
Gambar 3. 12 Dinding Penahan Tanah Pada Proyek 37
Gambar 3. 13 Tekanan Tanah Lateral pada Saat Diam 39
Gambar 3. 14 Tekanan Tanah pada Saat Aktif 39
Gambar 3. 15 Tekanan Tanah Lateral pada Saat Pasif 40
Gambar 3. 16 Pola pada Kelompok Tiang 46
Gambar 3. 17 Titik Nodal dan Titik Tegangan 48
Gambar 3. 18 Pengaturan pada Global-Lembar-Tab Proyek 50
Gambar 3. 19 Pengaturan pada Global-Lembar-Tab Dimensi 50
Gambar 3. 20 Jendela Utama dari Program Masukan 51
Gambar 3. 21 Gambar pada Toolbar 52
Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian pada Jalan Lingkar Utara Brebes-Tegal 59
Gambar 4. 2 Flowchart Pengoperasian pada Plaxis 61
Gambar 4. 3 Flowchart dalam Pelaksanaan Penelitian 62
Gambar 4. 4 Pengaturan pada Global-Lembar-Tab Proyek 63
Gambar 4. 5 Pengaturan pada Global-Lembar-Tab Dimensi 64

Gambar 4. 6 Kondisi Model Setelah Ditimbun dan Diberi Perkuatan DPT 66
Gambar 5. 1 Potongan Melintang Dinding Penahan Tanah 68
Gambar 5. 2Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah 69
Gambar 5. 3 Hasil SPT dan Pondasi 79
Gambar 5. 4 Dimensi pada Pondasi 85
Gambar 5. 5 Skets DPT pada Proyek Lingkar Utara Brebes – Tegal 88
Gambar 5. 6 Potongan Melintang pada Jalan 88
Gambar 5. 7 Grafik Hubungan antara Percepatan dan Waktu 89
Gambar 5. 8 Peta Zonasi Gempa di Indonesia 89
Gambar 5. 9 Permodelan Lereng dengan Perkuatan DPT 91
Gambar 5. 10 General Meshing Lereng dengan Perkuatan DPT 92
Gambar 5. 11 Tekanan Air Pori Lereng dengan Perkuatan DPT 93
Gambar 5. 12 Tegangan pada Lereng dengan Perkuatan DPT 94
Gambar 5. 13 Tahapan Kalkulasi pada Lereng dengan Perkuatan DPT 95
Gambar 5. 14 Tegangan pada Lereng dengan Perkuatan DPT Setelah di Beri Beban 95
Gambar 5. 15 Hasil Deformed Mesh Pemodelan Perkuatan DPT Akibat Beban Merata 96
Gambar 5. 16 Hasil Deformed Mesh Pemodelan Perkuatan DPT Akibat Beban Gempa 97
Gambar 5. 17 Penurunan tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Tanah Dengan Perkuatan DPT Akibat Beban Merata 98
Gambar 5. 18 Total Displacement Dengan Perkuatan DPT Akibat Beban Merata 98
Gambar 5. 19 Penurunan tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Tanah Dengan Perkuatan DPT Akibat Beban Gempa 99
Gambar 5. 20 Total Displacement Dengan Perkuatan DPT Akibat Beban Gempa 100
Gambar 5. 21 Safety Factor dengan Perkuatan DPT Tanpa Beban Gempa 100
Gambar 5. 22 Safety Factor dengan Perkuatan DPT dengan Beban Gempa 101
Gambar 5. 23 Grafik Penurunan dalam Perkuatan Dinding Penahan Tanah 101

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu 10
Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi dalam AASHTO 13
Tabel 3. 2 Perkiraan Tanah dan Modulus Elastis 20
Tabel 3. 3 Hubungan Jenis Tanah dengan Nilai Poisson Ratio 21
Tabel 3. 4 Ketentuan untuk Berat Jenis 23
Tabel 3. 5 Ketentuan pada Angka Pori 24
Tabel 3. 6 Ketentuan pada Koefisien Permeabilitas 25
Tabel 3. 7 Ketentuan Pada Modulus Elastisitas 26
Tabel 3. 8 Ketentuan Pada Angka Poisson 27
Tabel 3. 9 Ketentuan pada Kohesi 28
Tabel 3. 10 Ketentuan pada Sudut Geser Dalam 29
Tabel 3. 11 Koefisien Jenis Gempa 31
Tabel 3. 12 Periode Ulang dan Percepatan Gempa 31
Tabel 3. 13 Data pada Beban Lalu Lintas 32
Tabel 3. 14 Ketentuan pada Faktor Keamanan Lereng 44
Tabel 5. 1Data Mekanika Tanah 67
Tabel 5. 2Data Beban Gempa 68
Tabel 5. 3Berat Sendiri pada Dinding Penahan Tanah 69
Tabel 5. 4Beban Gempa pada Dinding Penahan Tanah 70
Tabel 5. 5 Tekanan Tanah aktif pada Dinding Penahan Tanah 71
Tabel 5. 6 Tekanan Tanah Pasif pada Dinding Penahan Tanah 71
Tabel 5. 7Rekapitulasi Gaya-Gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah 72
Tabel 5. 8Koefisien Daya Dukung Terzaghi 73
Tabel 5. 9Nilai Daya Dukung Terzaghi 74
Tabel 5. 10Data Pondasi pada Dinding Penahan Tanah 74
Tabel 5. 11Data Bor Log pada Tanah di Bawah Dinding Penahan Tanah 75
Tabel 5. 12 Data Bahan pada Pondasi 75
Tabel 5. 13 Perhitungan Tahanan Gesek pada Tiang Mini Pile 77

Tabel 5. 14 Hasil Pengujian SPT 80
Tabel 5. 15Rekapitulasi Tahanan Aksial pada Pondasi Mini Pile 81
Tabel 5. 16 Kohesi Rata-Rata di Sepanjang Pondasi Mini Pile 83
Tabel 5. 17 Rekapitulasi Tahanan Lateral pada Pondasi Mini Pile 84
Tabel 5. 18 Data Dimensi Pondasi 84
Tabel 5. 19 Data Beban Pada Pondasi Mini Pile 85
Tabel 5. 20 Data Susunan Tiang Pondasi 85
Tabel 5. 21 Data Parameter Tanah untuk Input Plaxis 87
Tabel 5. 22 Data pada Beban Lalu Lintas 88
Tabel 5. 23 Parameter pada Dinding Penahan Tanah 90
Tabel 5. 24 Parameter Pondasi Mini Pile 90

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1	Time Schedule	**Error! Bookmark not defined.**
Lampiran 1. 2	Hasil Data Pengujian N-SPT	**Error! Bookmark not defined.**
Lampiran 1. 3	Parameter Tanah Lapisan 1	110
Lampiran 1. 4	Parameter Tanah Lapisan 2	111
Lampiran 1. 5	Parameter tanah Lapisan 3	112
Lampiran 1. 6	Parameter Tanah Lapisan 4	113
Lampiran 1. 7	Parameter Tanah Lapisan 5	114
Lampiran 1. 8	Parameter Tanah Lapisan 6	115
Lampiran 1. 9	Parameter Tanah Lapisan 7	116
Lampiran 1. 10	Parameter Tanah Semua Lapisan	118
Lampiran 1. 11	Parameter Tanah Semua Lapisan	119
Lampiran 1. 12	Potongan Melintang Sta 4+800	109
Lampiran 1. 13	Data Mini Pile	121

DAFTAR NOTASI

SF = Safety Factor

F'c = Kuat Tekan (Mpa)

Ws = Berat butiran padat (Kg)

Ww = Berat air (Kg)

Vs = Volume butiran padat (m^3)

Vw = Volume air (m^3)

Va = Volume udara (m^3)

w = Kadar air (%)

e = Angka pori

Gs = Berat spesifik atau berat jenis

γ = Berat volume tanah (T/m^3)

γw = Berat volume tanah jenuh air (T/m^3)

γsat = Berat jenuh (T/m^3)

E = Modulus Young

V = Poisson ratio

c = Kohesi (T/m^2)

φ = Sudut geser (^{o})

S = Kekuatan geser

μ = Tegangan air pori

LL = Batas cair

PI = Indeks plastis

N' = Gaya normal efektif

W = Berat total (kN)

N = Gaya normal total pada dasar

U = Tekanan air pori pada pusat dasar (kN/m^2)

L = Panjang (m)

σ = Gaya geser (Ton)

N = Gaya normal pada sisi

Qp = Kapasitas dukung ujung tiang (kN/m^2)

Qs = Kapasitas dukung selimut tiang (kN/m^2)

Qc = Tahanan ujung (kN/m^2)

Ap = Luas penampang tiang (m^2)

JHL = Jumlah hambatan lekat

k = Keliling (m)

Wp =Berat tiang (kN/m^3)

Qu = Kapasitas dukung tiang (kN/m^2)

P = Beban yang bekerja (kN/m^2)

Qijin = Kapasitas dukung ijin tunggal (kN/m^2)

s = Jarak pusat ke pusat tiang (m)

D = Diameter tiang (m)

Qg = Beban maksimum kelompok tiang (kN/m^2)

n = Jumlah tiang

Q = Beban yang bekerja (kN/m^2)

Sta. = Station

MC = Mohr Couloumb

Ka = Koefisien tanah aktif

Kp = Koefisien tanah pasif

Ke = Koefisien Gempa

ad = Percepatan Gempa Rencana (cm/dt^2)

n = Koefisien jenis tanah n

m = koefisien jenis tanah m

ac = Percepatan kejut dasar (cm/dt^2)

z = Faktor Geografis

ΣV = Jumlah gaya vertikal

f = Koefisien gesek bangunan dengan tanah dasar

ΣH = Jumlah gaya horizontal

ΣMT = Jumlah momen tahan

ΣMG = Jumlah momen guling

ABSTRAK

Proyek Lingkar Utara Brebes-Tegal Sta 4+800 terletak di Provinsi Jawa Tengah. Pada salah satu proyek ini terdapat timbunan yang akan menjadi jalan Lingkar Utara Brebes-Tegal. Timbunan ini akan menjadi lereng, dan perlu dilakukan analisis pada lereng tersebut dengan menggunakan perkuatan DPT.

Perkuatan yang digunakan pada lereng tersebut yaitu adalah perkuatan menggunakan Dinding Penahan Tanah. Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan DPT dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual, setelah dilakukan perhitungan manual kemudian dicek dengan menggunakan bantuan software PLAXIS 8.6. Analisis ini dilakukan dengan cara menghitung secara manual stabilitas DPT untuk mengetahui nilai SF pada DPT. Tahap kedua dilakukan perhitungan daya dukung guna mengetahui berapa tiang pondasi yang dibutuhkan oleh DPT, setelah dilakukan perhitungan stabilitas didapatkan DPT perlu menggunakan pondasi. Perhitungan pondasi dilakukan dengan perhitungan manual. Selanjutanya tahap akhir yaitu dengan menggunakan bantuan software PLAXIS 8.6 untu mengetahui apakah lereng akan *collapse* atau tidak, dan dapat mengetahui penurunan, dan angka aman.

Tahap pertama adalah analisis perhitungan secara manual stabilitas DPT diperoleh dua SF yaitu SF terhadap guling sebesar 0,666 , dan SF terhadap geser sebesar 0,555. Hasil ini belum memenuhi syarat SF yaitu lebih dari 1,2, maka perlu dilakukan analisis. Tahap kedua yaitu perhitungan daya dukung minimum diperoleh nilai 552,129 kN/m^2 dimana lebih dari 0 sehingga daya dukung tanah terhadap DPT dinyatakan aman dan hasil daya dukung maksimum diperoleh 852,874 kN/m^2 hasil ini lebih besar daripada daya dukung ultimit sebesar 65,61866 kN/m^2 , oleh karena itu dibutuhkan perkuatan tiang pancang. Selanjutnya tahap ketiga dilakukan perhitungan analisis daya dukung tiang yang diperoleh dari hasil perhitungan daya dukung *mini pile* koefisien defleksi tiang sebesar 11,8 , karena perhitungan momen minimum yang diperoleh sebesar 12,57 kNm lebih kecil dari momen maksimum sebesar 715,894 kNm maka *mini pile* dinyatakan aman untuk perkuatan DPT, lalu diperoleh perhitungan gaya aksial maksimum sebesar 173,49kN hasil ini kurang dari hasil perhitungan tahanan aksial tiang sebesar 279 kN, maka *mini pile* dinyatakan aman untuk perkuatan DPT, terakhir yaitu perhitungan tahanan lateral tiang pondasi 14 kN, hasil ini lebih besar daripada perhitungan gaya lateral kombinasi dua arah sebesar 10,03 kN maka *mini pile* termasuk aman untuk perkuatan DPT. Tahap terakhir yaitu perhitungan dengan menggunakan bantuan software PLAXIS 8.6 diperoleh SF tanpa beban gempa sebesar 1,686 dengan penurunan 0,301 m dan SF dengan beban gempa sebesar 1,665 dengan penurunan 0,361 m.

Kata kunci : Angka Aman, Dinding Penahan Tanah, Pondasi, PLAXIS 8.6, Penurunan Tanah

ABSTRACT

The Brebes-Tegal North Ring Project Sta 4+800 is located in Central Java Province. In one of these projects there is an embankment that will become the Brebes-Tegal North Ring Road. This embankment will become a slope, and it is necessary to analyze the slope using RTW reinforcement.

The reinforcement used on the slopes is reinforcement using Soil Retaining Walls. Slope stability analysis with DPT reinforcement was carried out using manual calculations, after manual calculations were carried out then checked using PLAXIS 8.6 software. This analysis was carried out by manually calculating the stability of DPT to determine the value of SF in DPT. The second stage is calculating the carrying capacity to find out how many foundation piles are needed by DPT, after calculating the stability, it is found that DPT needs to use a foundation. Calculation of the foundation is done by manual calculations. Then the final stage is to use the help of the PLAXIS 8.6 software to find out whether the slope will collapse or not, and can find out the decline, and the safe number.

The first stage is the analysis of the manual calculation of the stability of the DPT obtained two SFs, namely the SF against overturning of 0.666, and SF against shear of 0.555. This result does not meet the SF requirement, which is more than 1.2, it is necessary to do an analysis. The second stage is the calculation of the minimum bearing capacity, the value is 552.129 kN/m2, which is more than 0 so that the bearing capacity of the soil against DPT is declared safe and the maximum bearing capacity is 852.874 kN/m2. This result is greater than the ultimate bearing capacity of 65.61866 kN/m2. Therefore, pile reinforcement is needed. Furthermore, in the third stage, the analysis of the carrying capacity of the pile is calculated, which is obtained from the calculation of the carrying capacity of the mini pile, the pile deflection coefficient is 11.8, because the minimum moment calculation obtained is 12.57 kNm which is smaller than the maximum moment of 715,894 kNm, the mini pile is declared safe. for DPT reinforcement, then the calculation of the maximum axial force of 173.49kN is less than the calculation of the axial resistance of the pile of 279 kN, then the mini pile is declared safe for DPT reinforcement, the last is the calculation of the lateral resistance of the pile foundation 14 kN, this result is greater than the calculation of the two-way combined lateral force of 10.03 kN, the mini pile is considered safe for DPT reinforcement. The last stage is the calculation using the PLAXIS 8.6 software, obtained SF without earthquake load of 1.686 with a decrease of 0.301 m and SF with an earthquake load of 1.665 with a decrease of 0.361 m.

***Keywords** : Safe Score, Retaining Wall, Foundation, PLAXIS 8.6, Soil Subsidence.*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Secara umum permukaan tanah dibagi menjadi dua yaitu permukaan tanah yang horizontal dan tidak horizontal (miring). Pada permukaan tanah yang tidak horizontal ini dapat membentuk sudut tertentu, inilah yang disebut lereng. Lereng dapat juga terbentuk dari perbedan elevasi antara tempat yang satu dengan tempat yang lain. Perbedaan elevasi tersebut dapat mengakibatkan kelongsoran lereng.

Pengertian longsoran, longsoran (*landslide*) dengan gerakan tanah (*mass movement*) mempunyai kesamaan. Untuk mendapatkan pengertian longsoran perlu penjelasan keduanya. Gerakan tanah adalah berpindahannya massa tanah/ batu dari tempat semula. Longsoran sebenarnya merupakan bagian dari gerakan tanah. Longsoran terjadi karena pada permukaan tanah yang tidak horizontal komponen gravitasi akan cenderung menggerakan tanah kebawah, jika komponen gravitasi terlalu besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat di kembangkan tanah bidang longsornya akan terlampaui, sehingga akan terjadi longsoran.

Wilayah Indonesia terletak di daerah iklim tropis dengan dua musim hujan dan panas dengan ciri-ciri perubahan cuaca, suhu, dan arah angin yang ekstrim. Kasus tanah longsor di Indonesia sering terjadi, karena kondisi iklim digabungkan dengan bentuk topografi permukan wilayah Indonesia yang beragam. Tanah longsor akan berdampak buruk bagi daerah permukiman yang berada disekitar lereng. Banyak infrastuktur yang akan terkena kerusakan akibat tanah longsor, sehingga diperlukan penanggulangan yang tepat, baik penanggulangan sebelum bencana ataupun sesudah, agar mengurangi kerugian-kerugian yang diakibatkan tanah longsor.

Jalur Pantai Utara (Pantura) adalah salah satu jalur Nasional di pulau Jawa. Jalur Pantura menghubungkan antar kota di pulau Jawa, salah satunya kota Tegal dan Brebes. Salah satu jalur Pantai Utara (Pantura) untuk menghubungkan kota

Tegal menuju kota Brebes adalah Lingkar Utara Brebes. Proyek lingkar utara brebes ini sudah dilaksanakan dari tahun 2010.

Setelah mangkrak selama 10 tahun pembangunan jalan lingkar Brebes—Tegal menggunakan anggaran APBN senilai Rp223 miliar dikerjakan oleh kontraktor PT Adhi Karya (Persero) Tbk. Pengerjaan proyek jalan ini ditargetkan tuntas atau selesai 100 persen pada akhir Desember 2020. Jalan nasional ini dirancang sepanjang 17 kilometer, pembangunannya dibagi menjadi empat zona yang dikerjakan secara *parallel*. Zona satu terdapat pekerjaan *stressing* dan pemasangan girder jembatan. Zona dua ada persiapan kliring, zona tiga ada penimbunan tanah dan zona empat ada persiapan material tanah untuk pembangunan jembatan Kemiri dan Kaligangsa. Kementrian PUPR melalui Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VII Semarang Jawa Tengah Direktorat Jenderal Bina Marga juga membangun tujuh jembatan. Lima jembatan yang telah dibangun yakni jembatan Siderpa, Pemali, Sigeleng, Bugel, dan Pancarawis. Sedangkan dua jembatan yang belum dibangun yakni jembatan Kaligangsa dan Kemiri. (Sumber : TribunJateng 2019).

Peningkatan aksesibilitas serta konektivitas jaringan infrastruktur jalan bertujuan untuk memberikan kelancaran, keselamatan, keamanan, juga kenyamanan perjalanan pengendara. Akses jalan yang semakin baik akan menunjang perekonomian masyarakat di kawasan sekitar. Untuk itu, pembangunannya akan terus dilanjutkan dengan tetap memperhatikan protokol physical dan social distancing untuk pencegahan penyebaran Covid-19, misal, pelaksanaan dengan tenaga kerja yang fit, terbatas jumlahnya, dan tetap menjaga jarak aman. Pekerjaan jalan nasional ini ditargetkan tuntas atau selesai 100 persen pada akhir Desember 2020. Proyek perkuatan Dinding Penahan Tanah dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2

Gambar 1. 1 Perencanaan Dinding Penahan Tanah pada STA 4+675 – 5+050

(Sumber : Laporan Bulanan PT Adhi Karya, 2018)

Gambar 1. 2 Tampak Atas Dinding Penahan Tanah pada STA 4+675 – 5+050

(Sumber : Laporan Bulanan PT Adhi Karya, 2018)

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut ini.

1. Bagaimana angka keamanan stabilitas lereng dengan Dinding Penahan Tanah?
2. Bagaimana stabilitas dengan perkuatan Dinding PenahanTanah?
3. Bagaimana nilai angka keamanan lereng pada Dinding Penahan Tanah dengan *mini pile*?
4. Bagaimana nilai angka keamanan lereng pada Dinding Penahan Tanah dengan mini pile dan penurunnya dengan menggunakan program Plaxis 8.6?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas,maka tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui angka keamanan pada stabilitas Dinding Penahan Tanah.
2. Mengetahui stabilitas pada lereng dengan perkuatan Dinding Penahan Tanah.
3. Mengetahui angka keamanan pada Dinding Penahan Tanah dengan *mini pile*
4. Mengetahui angka keamanan Dinding Penahan Tanah dengan menggunakan program Plaxis 8.6.

1.4. Batasan Penelitian

Batasan penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut ini.

1. Lokasi studi kasus pada proyek jalan Lingkar Utara Brebes-Tegal.
2. Analisis stabilitas lereng dihitung dengan menggunakan program Plaxis 8.6 dengan model 2D.
3. Konstruksi yang digunakan untuk perkuatan lereng adalah Dinding Penahan Tanah
4. Data tanah digunakan dari hasil uji di laboraturium dan di lapangan.
5. Beban gempa yang diperhitungkan untuk wilayah Brebes

1.5. Keaslian Penelitian

Dari segi keaslian penelitian, penelitian sejenis sudah pernah dilakukan dengan judul Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geotekstil pada Lereng. Namun perkuatan yang dipakai berbeda. Penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini adalah Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Pada Lereng (Studi Kasus Jalan Lingkar Utara Brebes-Tegal).

1.6. Manfaat penelitian

Dari hasil yang diperoleh nanti diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut ini.

1. Menambah pengetahuan bagi pembaca mengenai perhitungan stabilitas lereng dengan menggunakan program Plaxis 8.6.
2. Menambah pengetahuan bagi pembaca tentang perkuatan Dinding Penahan Tanah.
3. Dapat dipakai sebagai acuan dalam perencanaan di lapangan yang memiliki tipikal kemiripan dengan lereng, proyek jalan Lingkar Utara Brebes-Tegal.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Istilah tanah dalam pengertian teknik secara umum di definisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Braja M Das, 1988).

2.2. Referensi Penelitian

Pada penelitian ini juga menggunakan pustaka penelitian-penelitian yang pernah dilaksanakan sebelumnya antara lain sebagai berikut ini.

2.2.1. Stabilitas Lereng Yang Sudah Diberi Perkuatan

Lereng geometri lama yang sudah dihitung faktor amannya, jika faktor aman <1,25 maka akan memerlukan perkuatan, dalam penelitian Nurrahman (2019) lereng diubah bentuk geometrinya dengan dinding penahan tanah sehingga kemiringannya akan berubah. Setelah itu lereng akan diberikan perkuatan geotekstil.

Dari penelitian didapatkan nilai angka aman lereng asli tanpa beban gempa 1,1789, sedangkan pada lereng asli dengan beban gempa didapatkan nilai angka aman 1,1436. Berdasarkan kedua nilai angka aman tersebut <1,25. Maka lereng dianggap labil dan tidak aman, oleh karena itu dilakukan penggantian geometri pada lereng yang diubah kemiringannya menjadi 27º. Nilai angka aman untuk lereng geometri baru tanpa beban gempa didapatkan 1,5709, sedangkan pada lereng geometri baru dengan beban gempa didapatkan angka aman 1,5156. Lereng geometri baru diperkuat dengan perkuatan geotekstil, didapatkan angka aman tanpa beban gempa 1,7831, dengan beban gempa didapatkan angka aman 1,7541.

Menurut Ratih, dkk (2000) Faktor keamanan lereng dengan menggunakan terasiring, dan diberikan perkuatan geotekstil akan berbeda nilainya dengan yang tidak menggunakan terasiring maupun perkuatan geotekstil

Dari penelitian Ratih, dkk (2000) didapatkan kontrol stabilitas lereng pada lereng tanpa terasiring untuk sudut kemiringan lereng 45°, 60°, 75° didapatkan faktor keamanan 0.4097; 0.209; 0.2198. Pada lereng dengan terasiring untuk sudut kemiringan lereng 45°, 60°, 750 didapatkan faktor keamanan: 0.496; 0.437; 0.321. Dari nilai faktor aman yang didapat penggunaan terasering akan meningkatkan nilai faktor aman akan tetapi tidak sebesar peningkatannya dengan perkuatan geotekstil

2.2.2. Angka Keamanan

Menurut Hafidz (2018) Faktor keamanan yang didapatkan dengan perhitungan menggunakan program plaxis, yaitu beban sendiri, beban gempa, beban kendaraan. Setelah dilakukan perhitungan dengan program plaxis maka angka aman menunjukan <1,5 sehingga memperlukan perkuatan.

Dari penelitian Hafidz (2018) didapatkan hasil analisis stabilitas lereng asli dengan kemiringan sudut 27° tanpa perkuatan geotekstil menggunakan program Plaxis versi 8.2 didapat nilai angka aman akibat beban sendiri sebesar 1,383, beban kendaraan sebesar 1,345 dan beban gempa sebesar 1,231. nilai angka aman ini tidak memenuhi syarat angka aman < 1,5.

Hasil analisis kedua yaitu didapatkan analisis stabilitas lereng asli dengan menggunakan perkuatan geotekstil didapatkan nilai angka aman akibat beban sendiri sebesar 1,793, akibat beban sendiri dan beban kendaraan sebesar 1,79, akibat beban sendiri, beban kendaraan dan beban gempa sebesar 1,789. nilai aman ini memenuhi syarat angka aman > 1,5.

Hasil analisis ketiga yaitu stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan program Plaxis Versi 8.2 didapat nilai angka aman, akibat beban sendiri sebesar 1,873, akibat beban sendiri dan beban kendaraan sebesar 1.81, akibat beban sendiri, beban kendaraan dan beban gempa sebesar 1,792. nilai aman ini memenuhi syarat angka aman> 1,5.

2.2.3. Angka Keamanan dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah

Eva (2019) melakukan penelitian untuk menentukan faktor aman pada sungai pabelan. Menghitung faktor aman dengan menggunakan program Plaxis 8.6 dan metode Fellenius. Setelah mengetahui angka aman > 1,5 dapat mengetahui apakah lereng perlu perkuatan atau tidak, dalam kasus ini sungai pabelan menggunakan perkuatan dinding penahan tanah dan steel sheet pile.

Dari penelitian Eva (2019) didapatkan hasil angka aman lereng tanah asli didapatkan (SFTanpa Gempa=1.1049, SFDengan Gempa=1,0932). Sedangkan hasil dengan Fellenius didapatkan (SF=0.8613). Hasil perhitungan dinding penahan tanah kantilever beton bertulang dengan Plaxis 8.6 didapatkan (SFTanpa Gempa=1.8716, SF Dengan Gempa =1.2730) sedangkan dengan perhitungan manual didapatkan (SFGeser = 3.1527, SFGuling = 3.7738, SFDaya dukung = 3.2651, qmaks = 299.281250 kN/m2 ,qmin = 132.498531 kN/m2). Sedangkan hasil perhitungan steel sheet pile didapatkan (SFTanpa gempa= 1.5734, SFDengan gempa=1.3067). Dan hasil dengan Fellenius didapatkan (SF= 1.6953). Hal ini membuktikan bahwa dalam lereng dalam sungai pabelan memerlukan perkuatan yaitu dengan perkuatan dinding penahan tanah dan steel sheet pile

2.2.4. Penurunan Tanah

Penelitian Nizar (2020) menunjukan penurunan tanah juga dapat berubah nilainya dengan melakukan timbunan tanah dan perkuatan geotekstil.

Dari penelitian Nizar (2020) diperoleh Angka penurunan tanah pada timbunan tanah asli tanpa perkuatan geotekstil dengan muka air 20 m dengan tinggi 10,5 m ; 8,4 m; 6,3 m; 4,2 m; 2,1 m adalah collapse; 0,278; 0,249; 0,162; 0,105. Angka penurunan tanah pada timbunan tanah asli tanpa perkuatan geotekstil muka air 18 m dengan tinggi 10,5 m ; 8,4 m; 6,3 m; 4,2 m; 2,1 m adalah 0,43; 0,255; 0,238; 0,127; 0,0983. Setelah diperkuat dengan perkuatan geotekstil angka penurunan tanah pada timbunan tanah asli dengan muka air 20 m dengan tinggi 10,5 m ; 8,4 m; 6,3 m; 4,2 m; 2,1 m adalah 0,243; 0,267; 0,245; 0,158; 0,0965. Sedangkan muka air 28 m dengan tinggi 10,5 m ; 8,4 m; 6,3 m; 4,2 m; 2,1 m adalah 0,421; 0,246; 0,232; 0,122; 0,0964.

Penurunan pada tanah dapat disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya yaitu dengan perkuatan yang digunakan pada tanah tersebut. Semakin baik perkuatan yang digunakan maka penurunan tanah yang terjadi akan semakin kecil.

2.3. Perbandingan Penelitian Terdahulu

Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Ratih, dkk (2000)	Hafidz (2018)	Eva (2019)	Nurrahman(2019)	Nizar (2020)	Fauzi (2021)
Judul Penelitian	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Pada Jalan Tol Seksi C Semarang	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Menggunakan Perkuatan Geotekstil	Analisis Perkuatan Tanah Dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang Dan Dinding Turap Baja	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Menggunakan Perkuatan Geotekstil dan Turap Beton Menggunakan Program Plaxis 8.6	Analisis Stabilitas Timbunan Tanah dengan Perkuatan Geotekstil menggunakan Program Plaxis 8.6	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Perkuatan Tanah
Lokasi	Lereng pada Jalan Tol Seksi C Semarang dengan Sta 0 + 839.	Jalan Tol Semarang Solo Sta 2+200	Sungai Pabelan Sta.+100	Jalan Ponorogo-Trenggalek	Jalan Tol Balikpapan-Samarinda	Lingkar Utara Brebes-Tegal
Tipe Perkuatan	Perkuatan Geotekstil dan Terasering	Perkuatan Geotekstil	Perkuatan Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang dan Dinding Turap Baja	Perkuatan Geotekstil dan Turap Beton	Perkuatan Geotekstil	Perkuatan Dinding Penahan Tanah
Metode	Analisa numerik dan dibandingkan dengan metode empiris.	Analisis dengan perkuatan geotekstil menggunakan *software Plaxis* untuk kestabilan lereng.	Analisis dengan perhitungan manual, yaitu stabilitas internal dan eksternal serta perhitungan	Analisis menggunakan *software Plaxis* dengan metode elemen	Analisis stabilitas menggunakan *software* untuk mendapatkan nilai SF. Sementara pada timbunan yang	Metode Numerik dan dibandingkan dengan *software*

Peneliti	Ratih, dkk (2000)	Hafidz (2018)	Eva (2019)	Nurrahman(2019)	Nizar (2020)	Fauzi (2021)
			dengan *software* untuk kestabilan lereng.	hingga untuk kestabilan lereng	collapse menggunakan perhitungan manual yaitu metode fellenius.	
Hasil Analisis	- Faktor keamanan suatu lereng dipengaruhi oleh berbagai hal, kemiringan lereng tersebut (a), panjang perkuatan (L), kuat tarik ijin perkuatan (Ta), dan spasi vertikal (Sv). -Pada sudut kemiringan yang sarna (n), adanya perkuatan lereng akan - Faktor keamanan suatu lereng dipengaruhi oleh berbagai hal, kemiringan lereng tersebut (a), panjang perkuatan (L),	-Lereng geometri baru tanpa perkuatan geotekstil (sudut 27°) maupun lereng geometri baru dengan perkuatan geotekstil (sudut 27°) dapat dijadikan sebagai alternative untuk mengatasi kelongsoran yang terjadi pada lereng.	- Berdasarkan analisis menggunakan dinding penahan tanah dan sheet pile masih masuk dalam syarat longsor yaitu 20-40 cm untuk dinding penahan. - Variasi profil baja untuk sheet pile dapat menggunakan tipe yang lain selain tipe larsen dengan menggunakan	-Faktor aman lereng asli dengan ataupun tanpa beban gempa -Faktor aman lereng geometri baru dengan beban gempa ataupun tanpa beban gempa -Faktor aman lereng geometri baru dengan perkuatan Geotekstil dan Turap beton baik dengan beban Gempa	-Mengetahui angka aman timbunan tanah asli tanpa perkuatan geotekstil -Mengetahui angka aman timbunan tanah aslimenggunakan perkuatan geotekstilsebanyak 2 lapis dengan variasi jumlah lapisan geotekstil Mengetahui besar penurunan tanah antara timbunan tanah aslidengan	-Mengetahui faktor aman lereng, baik lereng tanpa perkuatan ataupun lereng dengan perkuatan, dengan adanya beban.

Peneliti	Ratih, dkk (2000)	Hafidz (2018)	Eva (2019)	Nurrahman(2019)	Nizar (2020)	Fauzi (2021)
	kuat tarik ijin perkuatan (Ta), dan spasi vertikal (Sv). -Pada sudut kemiringan yang sarna (n), adanya perkuatan lereng akan meningkatkan faktor keamanan. -Geotekstil baru akan berfungsi sebagai perkuatan lereng		panjang sheet pile yang sama atau lebih panjang dengan perkuatan angker.	ataupun tanpa beban gempa	tanah asli yang telah diperkuat geotekstil	

(Sumber : Ratih,dkk (2000), Hafidz (2018), Eva (2019); Nurrahman (2019), Nizar (2020), Fauzi (2021))

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1. Tanah

Bagian ini akan membahas mengenai tanah beserta parameternya yang digunakan sebagai dasar analisis pada bab selanjutnya.

Tanah dalam bidang mekanika tanah dimaksudkan untuk mencakup semua bahan dari tanah lempung (clay) sampai berangkal (batu-batu yang besar). Tanah juga dapat diartikan sebagai himpunan mineral, bahan organic, dan endapan-endapan yang *relative* lepas (loose), yang terletak diatas batuan dasar (bedrock). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organic, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel –partikel dapat berisi udara, air ataupun keduanya. Tanah terjadi karena proses pelapukan. Proses pembentukan secara fisik yaitu karena pengaruh erosi, angin, air, perubahan suhu mengubah batuan menjadi partikel kecil-kecil. Sedangkan proses secara kimia terjadi karena oksigen, karbondioksida dan air. Tanah yang masih berada ditempat asalnya disebut tanah residual dan yang sudah berpindah disebut tanah terangkut (Hardiyatmo,2002).

Tanah digolongkan dalam beberapa bagian, golongan batu kerikil dan pasir dikenal sebagai kelas bahan-bahan yang berbutir kasar atau bahan-bahan tidak kohesiv, sedang golongan lanau dan lempung dikenal sebagai kelas bahan yang berbutir halus atau bahan yang kohesif. Keadaan kondisi tanah dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2

Gambar 3. 1 Keadaan Kondisi Tanah Eksisting pada STA 4 + 675

(Sumber : Laporan Bulanan PT Adhi Karya , 2018)

Gambar 3. 2 Kondisi Tanah Setelah Timbunan pada STA 4 + 675

(Sumber : Laporan Bulanan PT Adhi Karya , 2018)

3.2. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci.

Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Walaupun saat ini terdapat berbagai sistem klasifikasi tanah, tetapi tidak ada satupun dari sistem-sistem tersebut yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat tanah yang sangat bervariasi. (Das, 1995).

Menurut Hardiyatmo (2002) Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu Unified Soil Classification System dan AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi tanah dari Sistem Unified mula pertama diusulkan oleh Casagrande (1942), kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (United State Bureau of Reclamation). Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan oleh berbagai organisasi konsultan geoteknik.

3.2.1. Sistem Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System)

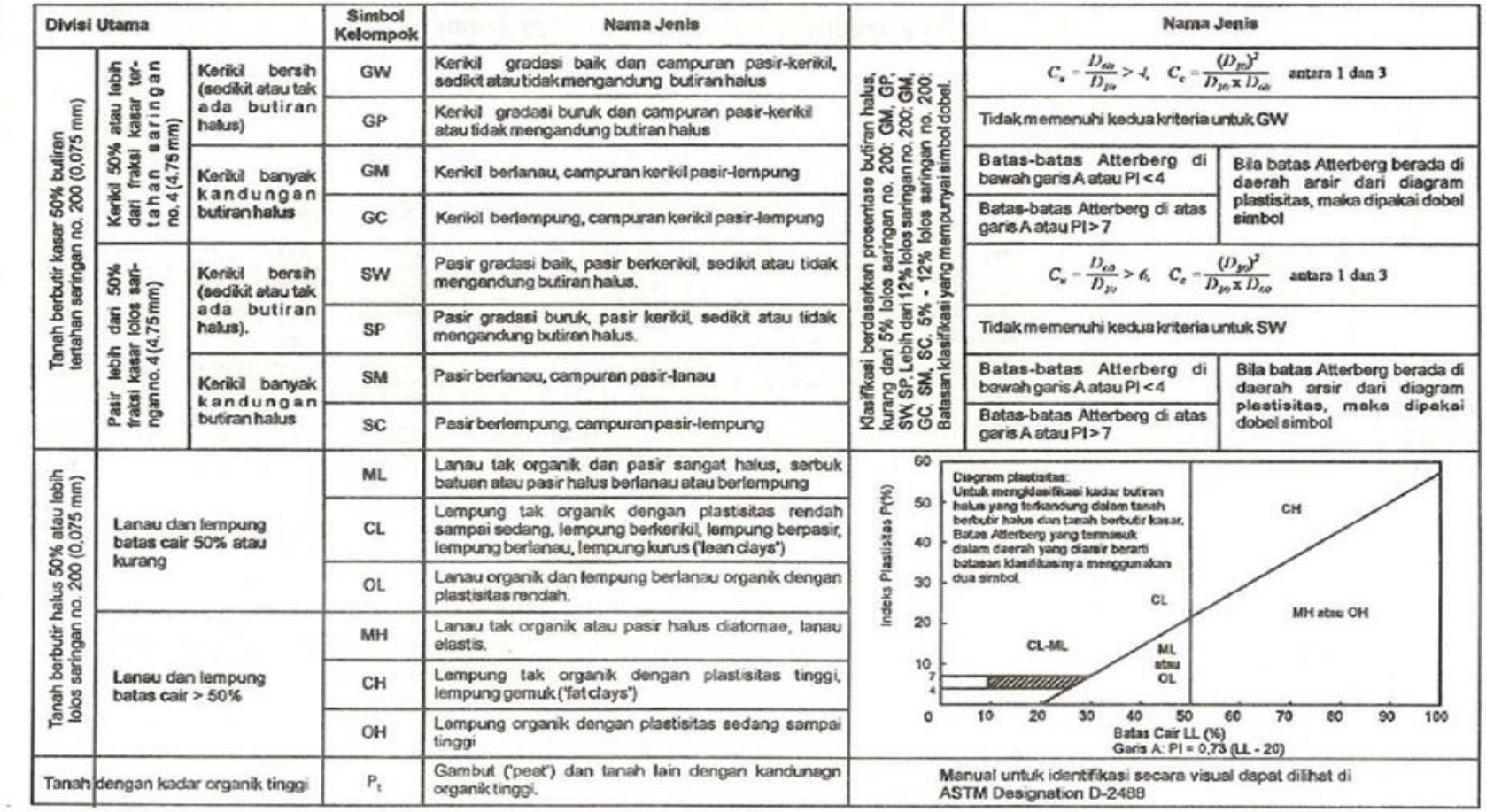
Menurut Hardiyatmo (2002) pada Sistem Unified, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomer 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomer 200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam Gambar 3.3. Simbol-simbol yang digunakan tersebut adalah

G = kerikil (gravel)
S = pasir (sand)
C = lempung (clay)
M = lanau (silt)
O = lanau atau lempung organic (organic silt or clay)
Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (peat and highly organic soil)
W = gradasi baik (well-graded)

P = gradasi buruk (poorly-graded)

H = plastisitas tinggi (high-plasticity)

L = plastisitas rendah (low-plasticity)



Gambar 3. 3 Sistem Klasifikasi dalam Tanah Unified

(Sumber:Hardiyatmo, 2002)

3.2.2. Sistem Klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials Classification

Sistem klasifikasi AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials Classification) berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, subbase dan subgrade. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut. Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi AASHTO, dapat dilihat dalam Tabel 3.1(Hardiyatmo, 2002).

Tabel 3. 1 Sistem Klasifikasi dalam AASHTO

Klasifikasi Umum	**Material granuler (<35% lolos saringan no.200)**										
	A-1		**A-3**	**A2**				**A-4**	**A-5**	**A-6**	**A-7**
Klasifikasi Kelompok	**A-1-a**	**A-1-b**		**A-2-4**	**A-2-5**	**A-2-6**	**A-2-7**				**A-7-5/A-7-6**
Analisis Saringan (% lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
SIfat fraksi lolos saringan no.40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks	Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min	
Indeks kelompok (G)	0	0	0	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks			
TIpe material yang pokok pada umumnya	Pechan batu, kerikil dan pasir	Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir	Tanah berlanau	Tanah berlempung						

Klasifikasi Umum	**Material granuler (<35% lolos saringan no.200)**										
	A-1		**A-3**	**A2**				**A-4**	**A-5**	**A-6**	**A-7**
Klasifikasi Kelompok	**A-1-a**	**A-1-b**		**A-2-4**	**A-2-5**	**A-2-6**	**A-2-7**				**A-7-5/A-7-6**
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik	Sedang sampai buruk									

(Sumber:Hardiyatmo, 2002)

Catatan :

Kelompok A-7 dibagi tas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

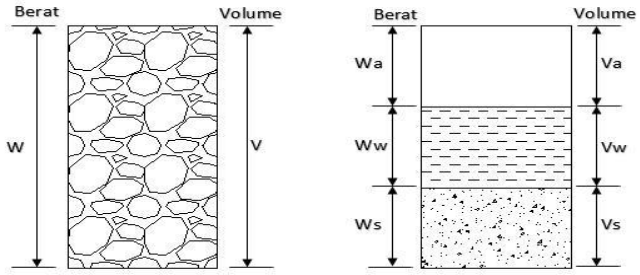
Untuk PL>30, Klasifikasinya A-7-5;

Untuk PL<30, klasifikasinya A-7-6,

Np = nonplastis

3.3. Parameter Tanah

Berdasarkan Hardiyatmo (2002), tanah dapat terdiri dari beberapa bagian. Dalam tanah yang kering, tanah memiliki dua bagian yaitu butiran tanah dan udara. Pada tanah jenuh, tanah memiliki dua bagian yaitu butiran tanah dan air. Sedangkan pada tanah tidak jenuh, tanah memiliki tiga bagian yaitu butiran tanah, udara dan air. Bagian-bagian tersebut dapat dilihat pada diagram fase ditunjukkan pada Gambar 3.4 Berikut. Potongan melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3. 4 Diagram dalam Fase Tanah

(Sumber: Hadiyatmo, 2002)

Berdasarkan gambar tersebut dapat dibentuk persamaan dengan Persamaan 3.1

$$W = Ws + Ww \quad (3.1)$$

Dengan :

W = berat volume

w_s = berat butiran padat

w_w = berat air

Dan untuk mencari nilai void pada tanah dapat dilihat pada Persamaan 3.2 dan 3.3

$$V = Vs + Vw + Va \quad (3.2)$$

$$Vv = Vw + Va \quad (3.3)$$

Dengan :

w_s = berat butiran padat

w_w = berat air

v_s = volume butiran padat

v_w = volume air

v_a = volume udara

1. Kadar air (w)

Kadar air adalah perbandingan antara berat air (Ww), dengan berat butiran padat (Ws) dalam tanah, nilai kadar air dinyatakan dalam persen. Kadar air dapat dinyatakan dengan persamaan 3.4

$$w(\%) = \frac{Ww}{Ws} \times 100 \qquad (3.4)$$

Dengan :

w_s = berat butiran padat

w_w = berat air

2. Angka pori (e)

Angka pori adalah perbandingan antara volume rongga (Vv) dengan volume butiran (Vs). biasanya juga dinyatakan dengan decimal, dapat dinyatakan dengan persamaan 3.5

$$e = \frac{Vv}{Vs} \qquad (3.5)$$

Dengan :

V_s = volume butiran padat

V_v = volume rongga

3. Berat spesifik atau berat jenis (specific gravity) tanah (Gs)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air, pada temperature 4ºC, dapat dinyatakan dengan persamaan 3.6

$$Gs = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.6)$$

Dengan :

γ_s = berat jenis padat

γ_w = berat jenis air

4. Berat volume air (γw)

Berat volume air dapat dinyatakan dengan persamaan 3.7

$$\gamma w = \frac{Gs\gamma w(1+w)}{1+e} \quad (3.7)$$

Dengan :

γ_s = berat jenis padat

γ_w = berat jenis air

e = angka pori

5. Berat volume tanah jenuh air (γsat)

Berat jenuh (γsat), (s=100%) dinyatakan dengan Persamaan 3.8

$$\gamma sat = \frac{\gamma w(Gs+e)}{1+e} \quad (3.8)$$

Dengan :

γ_s = berat jenis padat

γ_w = berat jenis air

e = angka pori

6. Modulus young

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari triaxial test. Umumnya modulus elastisitas (E) ditentukan dari uji triaksial kondisi undrained, dan nilai E ditentukan dari pendekatan kemiringan kurva tegangan-regangan yang diambil pada setengah dari beban ultimit aksial.

Nilai modusulus elastisitas (E) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti terlihat pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 Perkiraan Tanah dan Modulus Elastis

Macam Tanah	**E(kN/m^2)**
LEMPUNG	
Sangat lunak	300-3000
Lunak	2000-4000
Sedang	4500-5000
Keras	7000-20000
Berpasir	30000-42500
PASIR	
Berlanau	5000-20000
Tidak padat	10000-25000
Padat	50000-100000
PASIR DAN KRIKIL	
Padat	80000-200000
Tidak padat	50000-140000

Macam Tanah	E(kN/m^2)
LANAU	2000-20000
LOESS	15000-60000
CADAS	140000-1400000

(Sumber : Bowles 1977)

7. Poisson Ratio

Nilai *poisson ratio* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan permuaian lateral. Nilai poisson ratio dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti yang terlihat pada Tabel 3.3

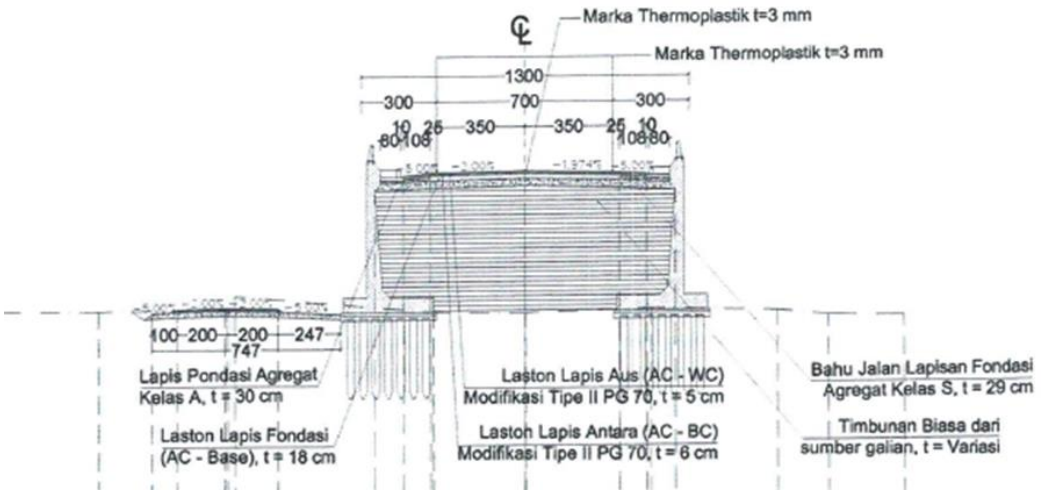
Tabel 3. 3 Hubungan Jenis Tanah dengan Nilai Poisson Ratio

Macam Tanah	V
Lempung jenuh	0,40 – 0,50
Lempung tak jenuh	0,10 – 0,50
Lempung berpasir	0,20 – 0,30
Lanau	0,30 – 0,35
Pasar padat	0,20 – 0,40
Pasar kasar (e= 0,4 – 0,7)	0,15
Pasar halus (e= 0,4 – 0,7)	0,25
Batu	0,10 – 0,40
Loesss	0,10 – 0,30
Beton	0.15

(Sumber: Bowles 1977)

8. Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Nilai ini didapat dari pengujian Triaxial Test dan Direct Shear Test.



Gambar 3. 5Potongan Melintang Jalan pada STA 4+800

(Sumber : Dokumen Laporan Bulanan PT Adhi Karya (persero), 2018)

3.4. Data Sekunder

Dalam analisis lereng Dinding Penahan Tanah data-data lain yang belum dimiliki dan dibutuhkan dalam analisis menggunakan Plaxis Versi 8.6 ditetapkan dengan korelasi berdasarkan jenis tanah pada grafik bor log.

1. Berat jenis

Berat jenis diperoleh berdasarakan korelasi nilai-nilai berat jenis pada keadaan asli di lapangan dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh Terzaghi (1947) dalam(Hardiyatmo,2002). Tabel nilai-nilai berat jenis pada keadaan asli di lapangan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 4 Ketentuan untuk Berat Jenis

No	Jenis tanah	Berat jenis	
		Min	Max
1	Kerikil	2,65	2,68
2	Pasir	2,65	2,68
3	Lanau tak organik	2,62	2,68
4	Lempung organik	2,58	2,65
5	Lempung tak organik	2,68	2,75
6	Humus	1,37	1,37
7	Gambut	1,25	1,80

(Sumber:Hardiyatmo,2002)

2. Angka pori

Angka pori lereng sta.100 diperoleh berdasarakan korelasi nilai-nilai angka pori pada keadaan asli di lapangan dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh Terzaghi (1947) dalam buku Mekanika Tanah 1 (Hardiyatmo,2002). Tabel nilai-nilai angka pori pada keadaan asli di lapangan dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 5 Ketentuan pada Angka Pori

No	Jenis tanah	*E*
1	Pasir seragam, tidak padat	0,85
2	Pasir seragam, padat	0,51
3	Pasir berbutir campuran, tidak padat	0,67
4	Pasir berbutir campuran, padat	0,43
5	Lempung lunak sedikit organik	1,90
6	Lempung lunak sangat organik	3,00

(Sumber:Hardiyatmo,2010)

3. Berat volume tanah jenuh air

Berat volume tanah jenuh air lereng diperoleh dari hasil perhitungan berdasarkan rumus mencari berat volume tanah jenuh air pada Persamaan 3.10.

$$\gamma sat = \frac{\gamma w(Gs+e)}{1+e} \quad (3.10)$$

4. Berat volume tanah jenuh kering

Berat volume tanah kering sempurna lereng diperoleh dari hasil perhitungan berdasarkan rumus mencari berat volume tanah kering sempurna pada Persamaan 3.11.

$$\gamma unsat = \frac{(\gamma w\ .Gs)}{1+e} \quad (3.11)$$

5. Koefisien permeabilitas

Koefisien Permeabilitas diperoleh berdasarakan korelasi nilai-nilai koefisien permeabilitas pada keadaan asli di lapangan dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh Carter dan Bentley (1991) dalam buku (Das,1995). Tabel nilai-nilai koefisien permeabilitas pada keadaan asli di lapangan dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 6 Ketentuan pada Koefisien Permeabilitas

No	*Descriptions*	Min(m/s)	Max(m/s)
1	*Silty gravels, silty sandy gravels*	5×10^{-8}	5×10^{-6}
2	*Alluvial sand and gravel*	4×10^{-4}	$0{,}004 \times 10^{-3}$
3	*Silty sands*	1×10^{-8}	5×10^{-6}
4	*Clayey sands*	$5{,}5 \times 10^{-9}$	$5{,}5 \times 10^{-8}$
5	*Inorganic clays, silty clays, sandy clays of slight plasticity*	5×10^{-9}	1×10^{-6}
6	*Inorganic clays, silty clays, sandy clays of lowplasticity*	5×10^{-10}	5×10^{-8}
7	*Organic silt, organic silty clays*	5×10^{-9}	1×10^{-7}
8	*Compacted silt*	7×10^{-10}	7×10^{-8}
9	*Compacted clay*	-	7×10^{-9}
10	*Peat and other highly organic soils*	-	-

(Sumber: Carter, M. and Bentley, S, P. 1991)

6. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas lereng sta.100 diperoleh berdasarakan korelasi nilai-nilai modulus elastisitas pada keadaan asli di lapangan dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh Hardiyatmo (2010). Tabel nilai-nilai modulus elastisitas pada keadaan asli di lapangan dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 7 Ketentuan Pada Modulus Elastisitas

No	Jenis Tanah	E (Kg/cm2)	
		Min	Max
1	Lempung sangat lunak	3	30
2	Lempung lunak	20	40
3	Lempung sedang	45	90
4	Lempung berpasir	300	425
5	Pasir berlanau	50	200
6	Pasir tidak padat	100	250
7	Pasir padat	500	1000
8	Lanau	20	200
9	Cadas	1400	14000

(Sumber: Carter dan Bentley, 1991)

7. Angka poison

Angka Poison diperoleh berdasarakan korelasi nilai-nilai angka poisson pada keadaan asli di lapangan dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh Hardiyatmo (2010). Tabel nilai-nilai angka poisson pada keadaan asli di lapangan dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3. 8 Ketentuan Pada Angka Poisson

No	Jenis Tanah	V	
		min	max
1	Lempung jenuh	0,4	0,50
2	Lempung tak jenuh	0,1	0,30
3	Lempung berpasir	0,2	0,30
4	Lanau	0,3	0,35
5	Pasir padat	0,2	0,40
6	Pasir tidak padat	0,15	0,15
7	Pasir halus	0,25	0,25
8	Batu	0,1	0,40
9	Loess	0,1	0,30

(Sumber:Hardiyatmo,2003)

8. Kohesi

Kohesi diperoleh berdasarakan korelasi nilai-nilai kohesi pada keadaan asli di lapangan dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh Carter dan Bentley (1991) dalam buku Mekanika Tanah (Das,1995). Tabel nilai-nilai kohesi pada keadaan asli di lapangan dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 9 Ketentuan pada Kohesi

No	*Description*	*Cohesion (kPa)*
1	*Silty gravels, silty sandy gravels*	0
2	*Clayey gravels, clayey sandy gravels*	20
3	*Silty sands*	22
4	*Silty sands compacted*	20
5	*Clayey sands*	5
6	*Clayey sands compacted*	74
7	*Inorganic silt, silty or clayey fine sands, with slight plasticity*	7
8	*Inorganic clays*	11
9	*Peat and other high organic soils*	-

(Sumber: Carter dan Bentley, 1991)

9. Sudut geser dalam

Sudut geser dalam diperoleh berdasarakan korelasi nilai-nilai sudut geser dalam lereng pada keadaan asli di lapangan dari berbagai jenis tanah yang disarankan oleh Carter dan Bentley (1991) dalam buku (Das,1995). Tabel nilai-nilai sudut geser dalam pada keadaan asli di lapangan dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3. 10 Ketentuan pada Sudut Geser Dalam

No	*Description*	*Friction Angel (°)*	
		Min	**Max**
1	*Silty gravels, silty sandy gravels*	30	40
2	*Clayey gravels, clayey sandy gravels*	28	35
3	*Silty sands loose*	27	33
4	*Silty sands dense*	30	34
5	*Clayey sands*	30	34
6	*Clayey sands compacted*	-	31
7	*Inorganic silt, silty or clayey fine sands, with slight plasticity*	27	41
8	*Inorganic clays*	17	31
9	*Peat and other highl organic soils*	-	-

(Sumber: Carter dan Bentley, 1991)

10. Sudut dilatasi

Sudut dilatasi tergantung pada kerapatan dan sudut geser nya. Pada umumnya sudut dilatasi yaitu 30˚. Pada tanah pasir biasanya sudut dilatasinya 0˚. Untuk tanah lain sudut dilatasi dapat dilihat pada Persamaan 3.12 berikut ini.

$$\Psi = \varphi - 30^{\circ} \quad (3.12)$$

3.5. Pembebanan

1. Beban Gempa

Tujuan utama mencari data gempa ialah untuk mendapatkan koefisien gempa sehingga bisa mendapatkan beban gempa terhadap bangunan sesuai dengan Persamaan 3.13 berikut

$$E = Ke \times W \quad (3.13)$$

Keterangan :

E = beban gempa (Ton)

Ke = koefisien Gempa

W = berat sendiri bangunan (Ton)

Sedangkan, koefisien gempa (Ke) dihitung sesuai Persamaan 3.14 berikut.

$$Ke = ad / g \quad (3.14)$$

Percepatan gempa rencana (ad) diatas didapat dengan Persamaan 3.15 berikut.

$$ad = n \times (ac \times z) m \quad (3.15)$$

Keterangan :

Ke = koefisien Gempa

ad = percepatan Gempa Rencana (cm/dt^2)

n = koefisien jenis tanah n (darri tabel)

m = koefisien jenis tanah m (dari tabel)

ac = percepatan kejut dasar (cm/dt^2) (dari tabel)

z = faktor Geografis (dari Gambar)

koefisien jenis gempa dapat dilihat pada Tabel 3.11, periode ulang percepatan gempa dapat dilihat pada Tabel 3.12, peta persebaran gempa di Indonesia dapat diliha dalam gambar 3.6

Jenis	n	m
Batu	2,76	0,71
Diluvium	0,87	1,05
Aluvium	1,56	0,89
Aluvium lunak	0,29	1,32

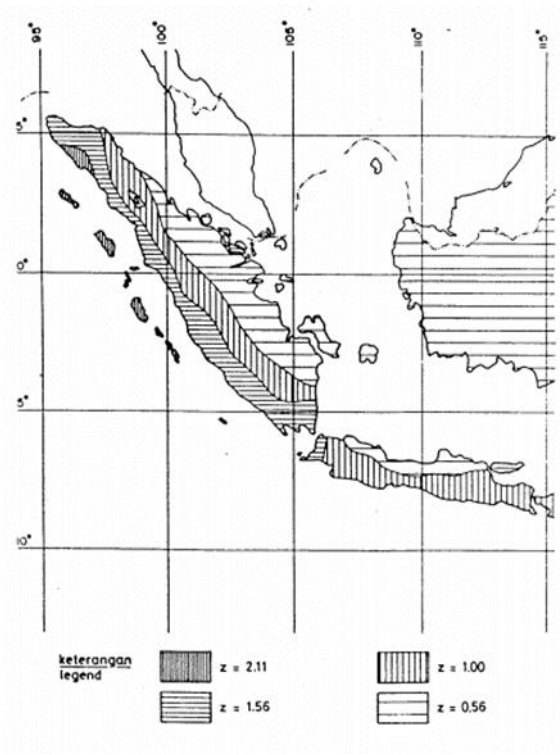
Tabel 3. 11 Koefisien Jenis Gempa

(Sumber: Standar Perencanaan Irigasi)

Periode ulang *) Tahun	a_c*) (gal = cm/dt^2
20	85
100	160
500	225
1000	275

(Sumber: Standar Perencanaan Irigasi)

Tabel 3. 12 Periode Ulang dan Percepatan Gempa



Gambar 3. 6Peta Zonasi Gempa di Kawasan Indonesia Bagian Barat

2. Beban Lalu Lintas

Beban-beban yang bekerja pada lereng tersebut adalah beban perkerasan,beban lalu lintas dan beban gempa. Data-data yang tertera pada data beban dapat dilihat pada Tabel 3.13 berikut ini.

Tabel 3. 13 Data pada Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m2)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
		<10.000	12
Sekunder	Arteri	>20.000	15
		<20.000	12
	Kolektor	>6000	12
		<6000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

3.6. Kapasitas Dukung Tanah

Kapasitas dukung tanah yaitu kemampuan tanah untuk menahan beban diatasnya agar tidak mengalami keruntuhan dan penurunan yang terjadi memenuhi syarat. Perhitungan kapasitas dukung tanah dibebankan pada kapasitas dukung ijin yaitu tekanan maksimum yang dapat dibebankan pada tanah dibagi faktor aman. Dalam perancangan fondasi terdapat 2 persyaratan berdasarkan (Hardiyatmo:2002) yaitu :

Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah harus dipenuhi.

Penurunan fondasi harus masih dalam batas-batas toleransi. Khususnya penurunan yang tidak seragam harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

Sehingga kapasitas dukung ultimit dapat didefinisikan seperti Persamaan 3.15.

$$Qu = Pu/A \qquad (3.15)$$

Keterangan :

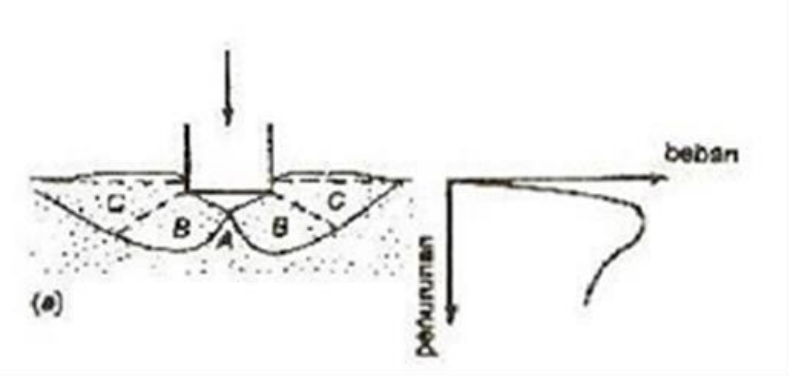
qu = kapasitas dukung ultimit (KN/m^2)

Pu = Beban Ultimit (KN)

A = Luas beban (m^2)

Mekanisme keruntuhan Pondasi berdasarkan hasil uji model, Vesic pada tahun 1983 yang termuat dalam (Hardiyatmo,2002) membagi menjadi 3 macam yaitu sebagai berikut.

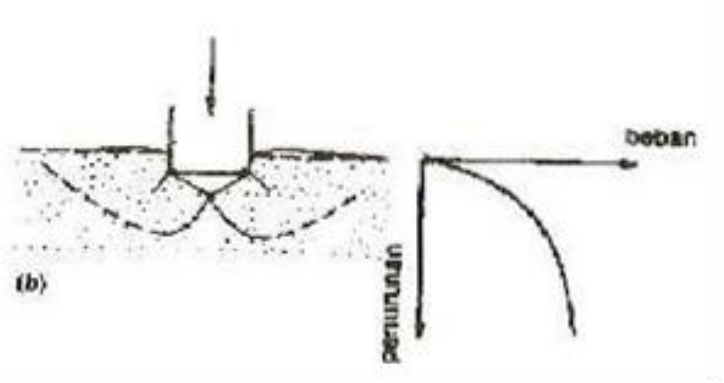
1. Keruntuhan geser umum yaitu keruntuhan fondasi terjadi menurut bidang runtuh yang dapat diidentifikasi dengan jelas. Dimana terjadi dalam waktu yang relatif mendadak diikuti dengan penggulingan Fondasi. Gambar keruntuhan geser umum dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7Keruntuhan Geser pada Umumnya

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

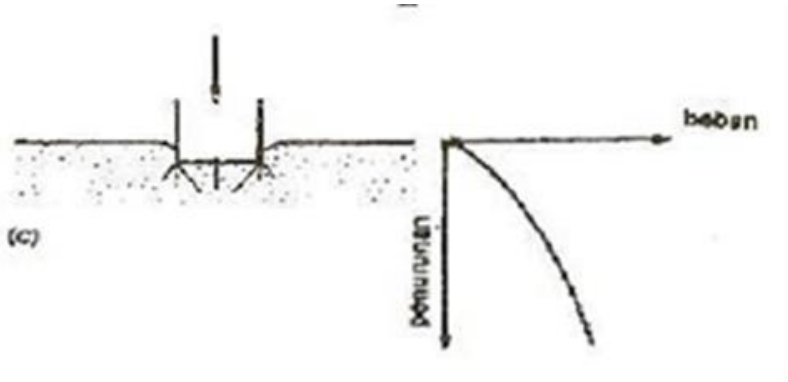
2. Keruntuhan geser lokal yaitu keruntuhan fondasi dimana bidang runtuh tidak mencapai permukaan tanah sehingga fondasi tenggelam akibat bertambahnya beban pada kedalaman yang relatif dalam yang menyebabkan tanah didekatnya mampat dan tanah mengalami sedikit penggembungan dan tidak terjadi penggulingan fondasi. Gambar keruntuhan geser lokal dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Keruntuhan Geser Lokal

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

3. Keruntuhan Penetrasi yaitu keruntuhan yang dimana akibat beban, fondasi hanya menembus dan menekan tanah ke samping yang menyebabkan pemampatan tanah didekat fondasi. Keruntuhan ini hanya menyebabkan tanah menyisih. Gambar keruntuhan geser penetrasi dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Keruntuhan Geser pada Saat Penetrasi

(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

Dalam analisis kapasitas dukung tanah didasarkan pada teori yang berbeda yaitu:

1. Teori Terzaghi

Dalam teori Terzaghi dalam buku Mekanika Tanah 2 (Hardiyatmo,2002) keruntuhan dilakukan dengan menganggap tanah bersifat plastis dimana persamaannya didasarkan pada persamaan Mohr-Coulomb. Persamaan kapasitas dukung tanah dapat dilihat pada Persamaan 3.16.

$qu = c.Nc + \gamma.Df.Nq + 0{,}5.B.N\gamma$ (3.16)

qijin = qu/SF

Keterangan:

qu = Kapasitas dukung ultimit

c = kohesi

Df = kedalaman fondasi (m)

ɣ = berat volume tanah

Df = tekanan overburden pada dasar fondasi

Nɣ,Nq,Nc = faktor kapasitas dukung Terzaghi

SF = angka aman

Perhitungan daya dukung maksimum dan minimum dapat dilihat pada persamaan 3.17 dan persamaan 3.18

qmax =Σv/B (1 + 6e / B) (3.17)

qmin =Σv/B (1 - 6e / B) (3.18)

Keterangan:

Σv = jumlah gaya geser(Ton)

B = lebar pondasi(m)

e = eksentrisitas guling

3.7. Dinding Penahan Tanah (DPT)

Dinding penahan adalah struktur yang dibangung dengan tujuan menahan atau memberikan kekangan lateral satu sisi untuk tanah atau material berbutir lainnya. Material berbutir yang ditahan tersebut mendorong dinding dan cenderung

membuat dinding terguling dan tergeser. Dinding penahan digunakan dalam berbagai situasi perencanaan dimana terjadi perbedaan besar dari kemiringan tanah. Mungkin contoh yang paing jelas untuk pembaca adalah dinding penahan sepanjang jalan bebas hambatan dan jalan kereta api dengan adanya galian dan timbunan. Seringkai tembok penahan digunakan dalam lokasi ini untuk mengurangi banyaknya galian dan timbunan dan juga untuk mengurangi lebar garis sepadan jalan yang diperlukan jika tanah dibiarkan dengan kemiringan alaminya. Dinding penahan juga digunakan dalam banyak lokasi lain seperti abutmen jembatan, dinding basement, dan gorong-gorong (culvert). (Jack 2003)

3.7.1. Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah (DPT)

Dinding penahan umumnya diklasifikasikan sebagai jenis gravitasi atau kantilever dengan beberapa variasi. Dalam Proyek ini menggunakan dinding penahan kantilever, dan akan dijelaskan sebagai berikut

Gambar 3. 10 Dinding Penahan Tanah pada Jenis Kantilever

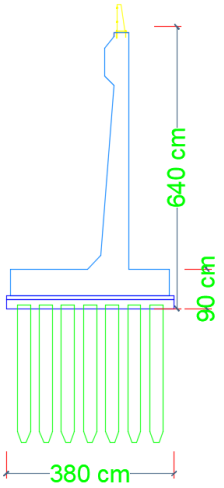
(Sumber : Jack 2003)

Dinding penahan kantilever atau variasinya adalah jenis dinding penahan yang paling umum digunakan untuk ketinggian sekitar 10 sampai dengan 25 ft. Dalam membahas dinding penahan, dinding sisi vertical disebut stem. Bagian pondasi yang tertekan kedalam tanah disebut toe , sedangkan bagian yang terangkat

disebut heel. Bagian bagian tersebut dinyatakan untuk dinding penahan kantilever dalam Gambar 3.12. Beton dan tulangannya disusun sedemikian rupa sehingga bagian dari material dibelakang dinding berikut berat beton digunakan untuk memberikan tahanan momen yang diperlukan untuk menahan momen guling. Momen tahanan ini disebut juga righting moment.

Gambar 3.13 menunjukkan potongan dinding penahan pada proyek lingkar utara Brebes – Tegal yang didapatkan dari data proyek

Gambar 3.14 dan Gambar 3.15 menunjukan kondisi pengecoran DPT



Gambar 3. 11 Potongan pada Dinding Penahan Tanah

(Sumber : Gambar Potongan Proyek Sta 4+800 PT. Adhi Karya)

Gambar 3. 12 Dinding Penahan Tanah Pada Proyek

(Sumber : Laporan Bulanan PT Adhi Karya , 2018)

3.7.2. Tekanan Tanah Lateral dan Tegangan Efektif

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur dinding penahan tanah. Besarnya tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (displacement) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanahnya. (Hardyatmo:2010)

Jenis – jenis tekanan tanah ada tiga yaitu tekanan tanah saat diam, tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Penjelasan masing-masing akan dibahas sebagai berikut:

1. Tekanan Tanah Lateral Saat diam

Tekanan tanah ini terjadi karena tekanan vertical mengalami perubahan bentuk ke arah lateral karena pengaruh rasio poisson sehingga tanah disekitarnya menahan perubahan kea rah lateral. Hal ini menyebabkan tegangan arah vertical maupun horizontal menjadi stabil dan tidak ada tegangan geser sehingga tegangan geser didefinisikan sebagai Ko dapat dilihat pada persamaan 3.19.

$$Po = Ko \times \gamma \times H \qquad (3.19)$$

Keterangan:

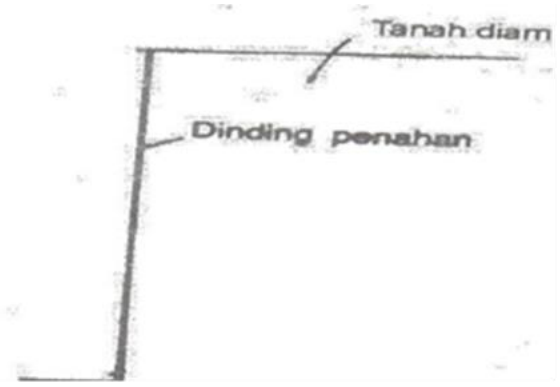
Po = tekanan tanah saat diam (kN/m),

Ko = koefisien tekanan tanah saat diam,

γ = berat volume (kN/m^3),

H = Kedalaman tanah (m).

Untuk memperjelas dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Tekanan Tanah Lateral pada Saat Diam

(Sumber : Hardiyatmo,2002)

2. Tekanan tanah aktif

Tekanan tanah ini terjadi saat tanah mengalami kegagalan saat mengalami keruntuhan, sehingga tanah bergerak keluar dari tanah urug dibelakangnya. Pada saat tanah bergerak kebawah dank e samping makan akan menekan perkuatan. Perbandingan nilai tekanan horisontaldan vertical disebut Ka. Nilai tekanan tnah aktif lebih kecil dari tekanan tanah saat diam sehingga cenderung mengurangi keseimbangan dinding penahan tanah. Sehingga tanah lateral aktif dapat dilihat pada persamaan 3.20.

$$Pa = Ka \times \gamma \times H \qquad (3.20)$$

Keterangan:

Pa = tekanan tanah aktif (kN/m),

Ka = koefisien tekanan tanah aktif,

ɣ = berat volume (kN/m3),

H = kedalaman tanah (m).

Untuk memperjelas dapat dilihat pada Gambar 3.14.

Gambar 3. 14 Tekanan Tanah pada Saat Aktif

(Sumber : Hardiyatmo,2002)

3. Tekanan tanah lateral pasif

Keadaan dimana dinding penahan mendorong tanah urug sampai mencapai kondisi runtuh. Dimana nilai tekanan tanah pasif lebih besar dari tekanan diam dan aktif yaitu Kp>Ko>Ka dapat dilihat pada persamaan 3.21.

$$Pp = Kp \times \gamma \times H \qquad (3.21)$$

Keterangan:

Pp = tekanan tanah pasif (kN/m),

Kp = koefisien tekanan tanah pasif,

ɣ = berat volume tanah (kN/m^3),

H = kedalaman tanah (m).

Untuk memperjelas dapat dilihat pada Gambar 3.15.

Gambar 3. 15 Tekanan Tanah Lateral pada Saat Pasif

(Sumber : Hardiyatmo,2002)

I.S. Dunn et all. (1992) berpendapat bahwa tegangan efektif adalah tegangan yang dialami oleh tanah akibat beban tanah diatasnya atau beban-beban struktural diatasnya yang dapat menyebabkan keruntuhan, tergantung pada cara aplikasi

beban itu dan distribusi dari tegangan-tegangan. Tegangan efektif ini merupakan tegangan yang mempengaruhi kuat geser dan perubahan volume atau penurunan tanah. Tegangan efektif dinyatakan dalam Persamaan 3.22.

$$\sigma = \frac{W}{A} = \gamma \times H \quad (3.22)$$

dengan:

σ = Tegangan efektif (kN/m^2),

W = Berat tanah total (kN),

A = Luas permukaan (m2),

ɣ = Berat volume tanah (kN/m^3).

4. Tahanan Lateral Berdasarkan Defleksi tiang Minimum (*broms)*

Tahanan lateral tiang (H) kategori tiang Panjang, dapat dilihat pada Persamaan 3.23

$$H = yo \times kh \times s / (2 \times \beta \times [e \times \beta + 1]) \quad (3.23)$$

$$\beta = (kh \times s / [4 \times \beta + 10]) 0{,}25 \quad (3.24)$$

dengan :

S = Panjang sisi tiang pondasi (m)

L = Panjang tiang pondasi (m)

Kh = modulus subgrade horizontal (kN/m3)

Ec = modulus elastis tiang

Ic = momen inersia penampang (m4)

e = jarak beban lateral terhadap muka tanah (m)

yo = defleksi tiang maksimum (m)

3.7.3. Stabilitas Dinding Penahan

Gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah yaitu berat sendiri (W), Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug (Pa), Gaya tekanan Tanah pasif total didepan dinding (Pp). Perhitungan stabilitas dinding penahan tersebut sebagai berikut:

1. Stabilitas terhadap penggeseran

Gaya- gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh gesekan tanah dengan fondasi dan tekanan tanah pasif. Perhitungan faktor aman penggeseran dapat dihitung dengan Persamaan 3.25 dan 3.26.

$$Fgs = \Sigma Rh\ \Sigma Ph \geq 1.5 \text{ untuk tanah granuler} \quad (3.25)$$

$$Fgs = \Sigma Rh\ \Sigma Ph \geq 2 \text{ untuk tanah kohesif} \quad (3.26)$$

Dengan :

Fgs = faktor keamanan terhadap penggeseran(safety factor),

ΣRh = Total gaya vertikal

ΣPh = Total gaya horizontal

2. Stabilitas terhadap penggulingan

Dinding penahan tanah dapat mengalami guling akibat dari tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug dibelakang dinding penahan dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi. Perhitungan factor aman penggulingan berdasarkan Persamaan 3.27 dan 3.28 berikut ini.

$$Fgl = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mgl} \geq 1{,}5 \text{ untuk tanah granuler} \quad (3.27)$$

$$Fgl = \frac{\Sigma Mw}{\Sigma Mgl} \geq 2 \text{ untuk tanah kohesif} \quad (3.28)$$

Dengan :

Fgl = faktor keamanan akibat penggulingan(safety factor),

ΣMw = Momen terhadap berat sendiri pondasi (kNm)

ΣMgl = Momen terhadap tekanan tanah aktif (kNm)

3. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

Persamaan untuk perhitungan stabilitas ini sama halnya dengan perhitungan persamaan untuk lapasitas dukung tanah. Sedangkan persamaan untuk factor aman berdasarkan pada Persamaan 3.29.

$$F = \frac{qw}{q} \geq 3 \quad (3.29)$$

Dengan :

F = Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

Σqw = Kapasitas dukung ultimit(kN/m^2)

Σq = Tekanan akibat beban struktur (kN/m^2)

4. Faktor keamanan

Tujuan analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor keamanan dari bidang longsor yang potensial. Faktor keamanan (safety factor) didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. Safety factor dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3.30).

$$SF = \frac{\tau}{\tau d} \quad (3.30)$$

Dengan :

SF = faktor keamanan (safety factor),

τ = kuat geser tanah yang dapat dikerahkan, dan

τd = tegangan geser tanah yang timbul akibat gaya berat tanah yang akan mengalami kelongsoran.

Bowles (1979) menjelaskan bahwa keadaan lereng berdasarkan nilai safety factor (SF) nya dapat dilihat pada Tabel 3.14.

Tabel 3. 14 Ketentuan pada Faktor Keamanan Lereng

Faktor Keamanan	Status Lereng	Intensitas Longsor
SF<1,07	Lereng Labil	Longsor sering terjadi
1,07≥SF≥1,25	Lereng Kritis	Longsor pernah terjadi
1,25≥SF	Lereng relatif stabil	Longsor jarang terjadi

(Sumber : Bowles 1979)

3.8. Pondasi

Pondasi berfungsi meneruskan beban lapisan konstruksi ke lapisan tanah yang berada dibawahnya. Perencanaan pondasi, dikatakan, memenuhi syarat jika beban yang didukung pondasi atau beban yang diteruskan pondasi, ke tanah tidak melampaui kekuatan daya dukung izin tanah yang bersangkutan. Jika kekuatan daya dukung izin tanah lebih kecil dari beban yang diterima oleh tanah tersebut. Maka kerusakan konstruksi di atas pondasi akan terjadi akibat penurunan yang berlebihan dan keruntuhan tanah.

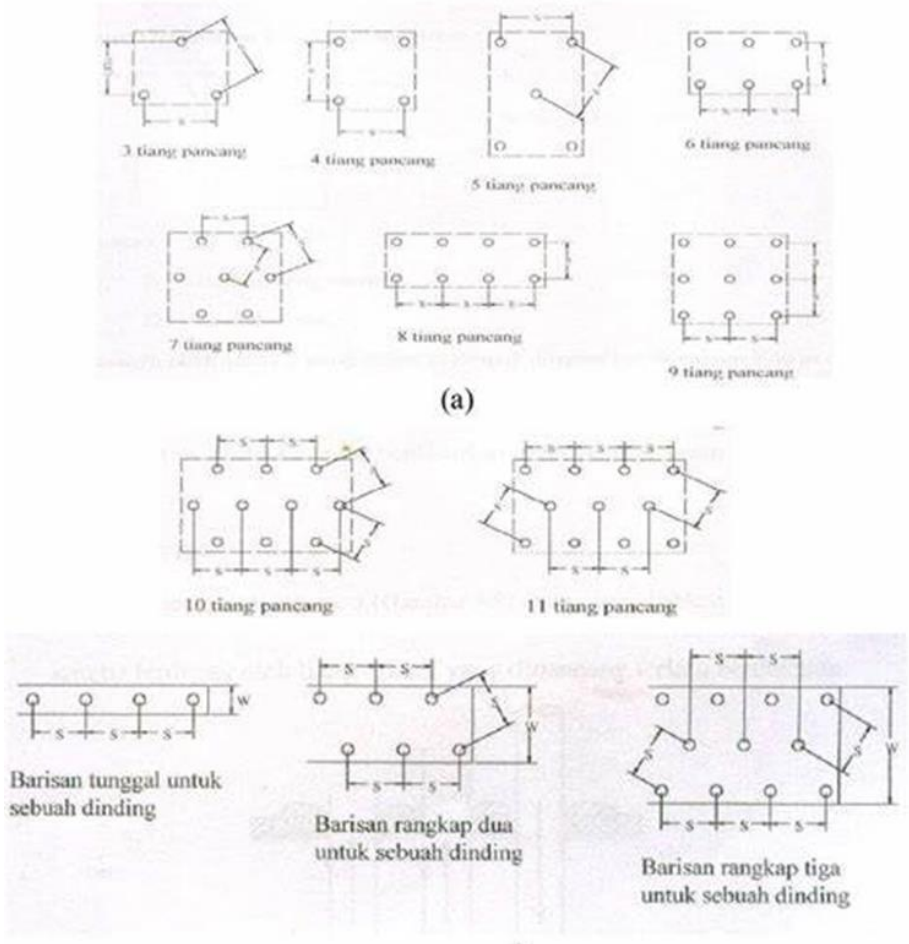
Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Tiang berfungsi meneruskan beban yang bekerja ke lapisan pendukung yang lebih kuat. Daya dukung pondasi tiang diklasifikasikan menjadi tiang dukungan ujung (point bearing piles) dan tiang dukungan gesek (friction piles). Tiang-tiang yang dimasukkan sampai ke lapisan tanah keras dianggap bahwa seluruh beban tiang dipindahkan ke lapisan keras melalui ujung tiang, sedangkan tiang gesekan mendapat daya dukung dari gesekan antara tanah dengan tiang atau gaya pelekatan antara tanah dengan permukaan badan tiang. Pada keadaan sesungguhnya sangat jarang dijumpai sebuah tiang tunggal tetapi merupakan kornbinasi sebagai kelompok atau group. Tiang yang dipancangkan ke dalam tanah akan selalu mengakibatkan perubahan dalam massa tanahnya. Perilaku kelompok tiang seeara langsung tidak dapat dianggap sama dengan perilaku tiang tunggal meskipun tiap tiang menahan beban yang sama dan terletak dalam satu lokasi.

3.8.1. Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang merupakan bagian struktur yang digunakan untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Pada umumnya tiang pancang dipancang tegak lurus kedalam tanah, tetapi apabila diperlukan untuk menahan gaya-gaya horizontal maka tiang pancang akan dipancangkan miring (batter pile). Sudut kemiringan yang dapat dicapai oleh tiang pancang tergantung daripada alat tiang pancang yang dipergunakan serta disesuaikan pula dengan perencanaannya.

3.8.2. Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Pada umumnya pondasi tiang pancang dipasang secara berkelompok. Disebut berkelompok karena tiang pancang tersebut dipasang “relative” berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu bagian dengan menggunakan pile cap. Kelompok tiang dapat dilihat pada Gambar 3.16 di bawah ini.



Gambar 3. 16 Pola pada Kelompok Tiang

(Sumber : Bowles 1991)

1. Jumlah tiang

Untuk menentukan jumlah tiang yang akan didasarkan beban yang bekerja pada fondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, maka rumus yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 3.30 berikut.

$$n = \frac{P}{Qijin} \qquad (3.30)$$

Keterangan :

P = beban yang bekerja

Qijin = kapasitas dukung ijin tunggal

2. Jarak tiang

Jarak antar tiang berdasarkan Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L. diisyaratkan dengan persamaan 3.31 dan persamaan 3.32 berikut: (Gulton, 2010).

$$S \geq 2{,}5D \tag{3.31}$$

$$S \leq 3D \tag{3.32}$$

Dengan:

S = jarak pusat ke pusat tiang

D = diameter tiang

Jarak antara dua tiang dalam kelompok diisyaratkan minimum 0,60 m dan maksimum 2,00 m. ketentuan ini berdasarkan pada pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut ini.

Bila $S < 2{,}5D$

Kemungkinan"tanah di sekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang-tiang yang dipancang terlalu berdekatan."

Terangkatnya"tiang-tiang di sekitarnya yang telah dipancang terlebih dahulu.

Bila $S > 3D$ Apabila $S > 3D$ maka tidak ekonomis, karena akan memperbesar uluruan/dimensi dari pile cap.

3. Kapasitas dukung kelompok tiang pada tanah pasir

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus pada persamaan 3.33 berikut.

$$Qg = n \times Qijin \tag{3.33}$$

Keterangan :

Qg = beban maksimum kelompok tiang

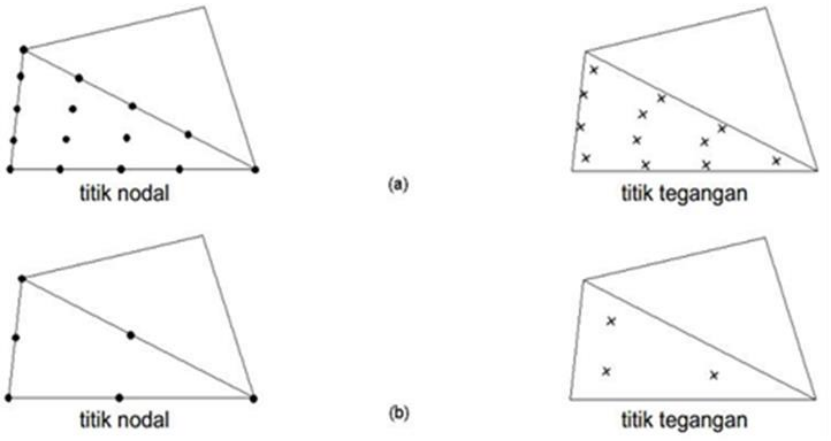
n =jumlah tiang dalam kelompok

Qijin =kapasitas dukung ijin

3.9. Plaxis

Plaxis merupakan program dengan basis metode elemen hingga yang diperuntukkan untuk analisis deformasi dan stabilitas pada bidang geoteknik. penginputan model yang sederhana memungkinkan program ini untuk memberikan elemen yang kompleks, sehingga dapat memberikan hasil perhitungan yang lebih teliti. Hasil perhitungan sendiri dilakukan berdasarkan metode numerical yang secara default telah terdapat pada program ini.

Di dalam program Plaxis, digunakan elemen segitiga dengan enam nodal dan elemen segitiga dengan lima belas nodal sebagai elemen hingga (Gambar 3.17). Elemen segitiga dengan lima belas nodal merupakan suatu elemen yang sangat akurat untuk menghasilkan kualitas tegangan tingkat tinggi dalam masalah-masalah yang sulit. Penggunaan elemen ini membutuhkan memori yang besar dan dalam perhitungan relatif lambat. Oleh karena itu, penggunaan elemen yang lebih sederhana dapat menjadi pilihan. Elemen segitiga dengan enam nodal merupakan suatu elemen yang cukup akurat yang memberikan hasil yang baik dalam deformasi standar.



Gambar 3. 17 Titik Nodal dan Titik Tegangan

(Sumber : Modul Plaxis 2017)

3.9.1. Prosedur Pengoperasian Plaxis

Prosedur pengoperasian program plaxis akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Memulai program

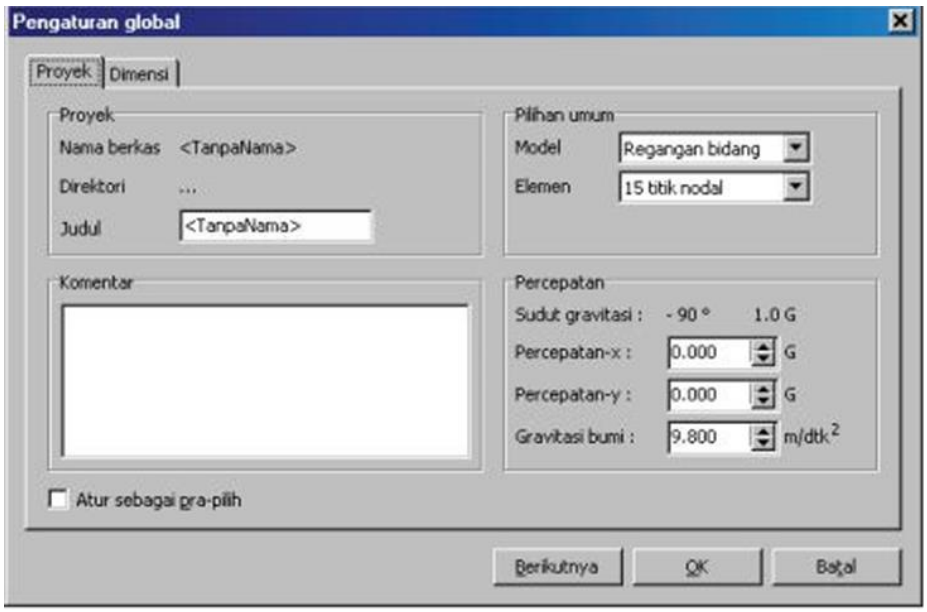
Diasumsikan bahwa program telah terinstalasi dengan menggunakan prosedur yang dijelaskan dalam informasi Umum. Disarankan untuk membuat direktori yang terpisah untuk penyimpanan berkas data. Plaxis dalam kelompok program Plaxis. Pengguna akan diminta untuk mendefinisikan permasalahan baru atau membuka proyek yang telah ada. Jika pengguna memilih untuk membuka proyek yang telah ada, program akan memberikan daftar empat buah proyek paling akhir yang pernah dibuka yang dapat dibuka secara langsung. Memilih <<<berkas lainnya>>> yang berada posisi baris paling atas dari daftar ini akan memuncukan permintaan berkas dimana pengguna dapat memilih dan membuka proyek manapun yang telah ada.

2. Membuat proyek baru

Jika sebuah proyek baru dimulai, jendela pengaturan global seperti ditunjukan dalam Gambar 3.24 akan muncul. Jendela ini terdiri dari dua lembar-tab pertama berbagai pengaturan atau proyek harus diberikan. Nama berkas belum dispesifikasikan disini, tetapi harus diberikan data menyimpan proyek. Penggunaan dapat memasukkan keterangan singkat mengenai permasalahan sebagai judul dari proyek atau deskripsi yang lebih mendetil dalam kotak komentar. Judul ini digunakan sebagai nama berkas dan akan muncul dalam setiap pengambaran keluaran. Kotak komentar merupakan tempat yang baik untuk menyimpan informasi tentang analisis. Selain itu, jenis analisis dan jenis elemen harus ditentukan disini. Suatu nilai percepatan atau percepatan, disamping persepatan gravitasi, dapat dimasukkan untuk simulasi pseudo-statik dari beban-beban dinamis.

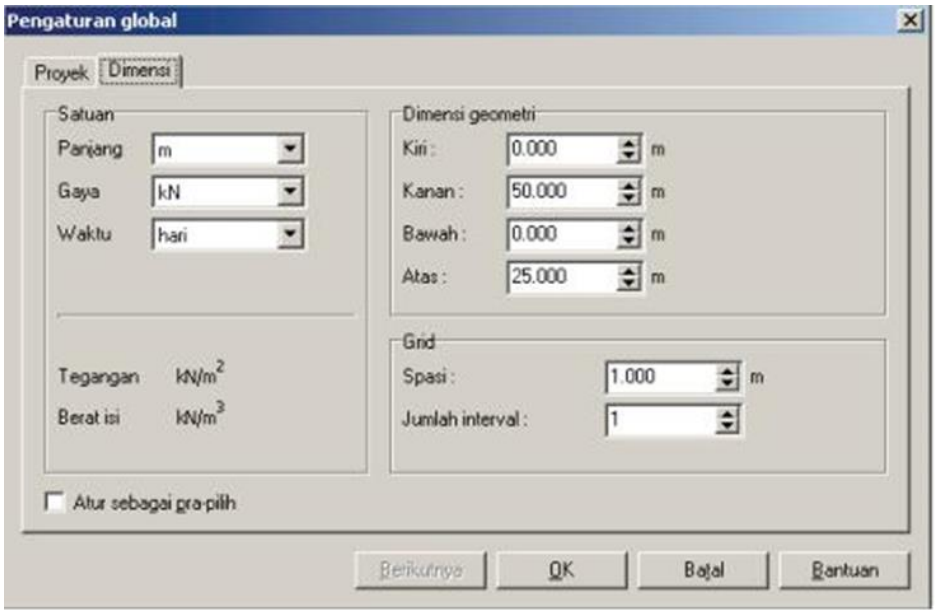
Lembar-tab kedua ditunjukan pada Gambar 3.18. Sealain satuan dasar Panjang, Gaya dan Waktu, dimensi atau ukuran minimum dari bidang gambar harus ditetapkan disini, sehingga model geometri dapat termuat dengan baik dalam

bidang gambar. Sistem sumbu global positif adalah sumbu x mengarah ke kanan, sumbu y mengarah ke atas dan sumbu z mengarah ke pengguna.



Gambar 3. 18 Pengaturan pada Global-Lembar-Tab Proyek

(Sumber : Modul Plaxis 2017)



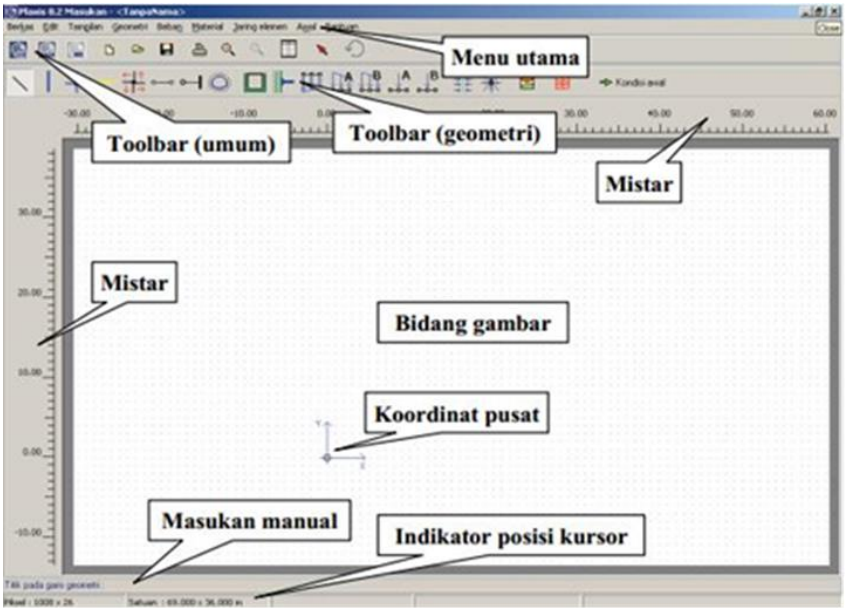
Gambar 3. 19 Pengaturan pada Global-Lembar-Tab Dimensi

(Sumber : Modul Plaxis 2017)

Model geometri 2 dimensi dalam PLAXIS dibuat dalam bidang x-y sumbu z hanya diguanakan untuk keluaran tegangan saja. Kiri dalah koordianat x terkecil dari model, Kanan adlah koordinat x terbesar dari model, Bawah adalah koordinat y terkecil dari model dan Atas adalah koordinat y terbesar dari model. Dalam praktek, bidang gambar yang terbentuk berdasarkan nilai-nilai yang diberikan akan mempunyai dimensi yang lebih besar dari pada nulai-nilai yang dimaksudkan dalam keempat spin edit tersebut. Hal ini terjadi akibat PLAXIS secara otomatis menambahkan sedikit marjin pada ukuran bidang gambar dan akibat perbedaan rasio lebar terhadap tinggi antara nilai-nilai yang dimasukan dan ukuran layar.

3. Membuat model geometri

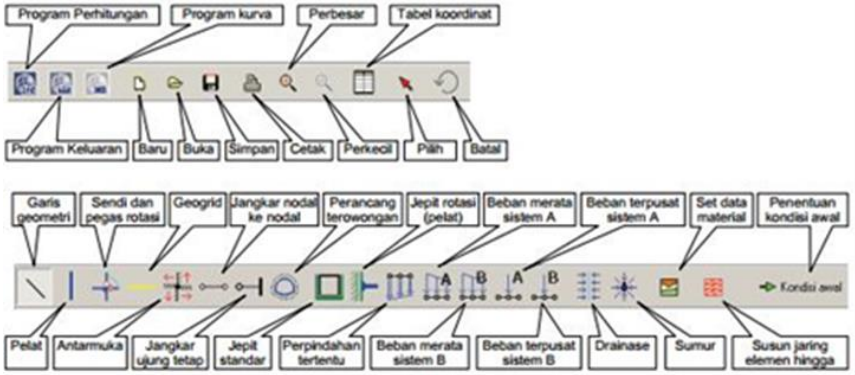
Saat pengaturan global telah diisi dan tombol <OK> di-klik, maka jendela Masukan utama akan muncul. Jendela utama ini ditunjukan pada Gambar 3.20. Bagian-bagian terpenting dari jendela utama ditunjukan dan dibahas secara singkat dibawah ini.



Gambar 3. 20 Jendela Utama dari Program Masukan

(Sumber : Modul Plaxis 2017)

Beberapa obyek diatas dapat dihilangkan dengan menonaktifkan pilihan yang bersangkutan dalam menu Tampilan.



Gambar 3. 21 Gambar pada Toolbar

(Sumber : Modul Plaxis 2017)

Untuk kedua toolbar, nama dan fungsi dari tiap tombol akan di tampilkan setelah meletakkan posisi kursor pada tombol tertentu selama kurang-lebih satu detik; sebuah petunjuk akan muncul dalam sebuah kotak berwarna kuning dibawah tombol yang bersangkutan. Petunjuk-petunjuk yang tersedia untuk kedua toolbar ditunjukan dalam Gambar 3.22. Bantuan dapat ditampilkan oleh pengguna dengan menekan tombol <F1> pada papan ketik. Bantuan ini akan menyediakan latar belakang informasi tentang bagian tertentu yang dipilih dari program.

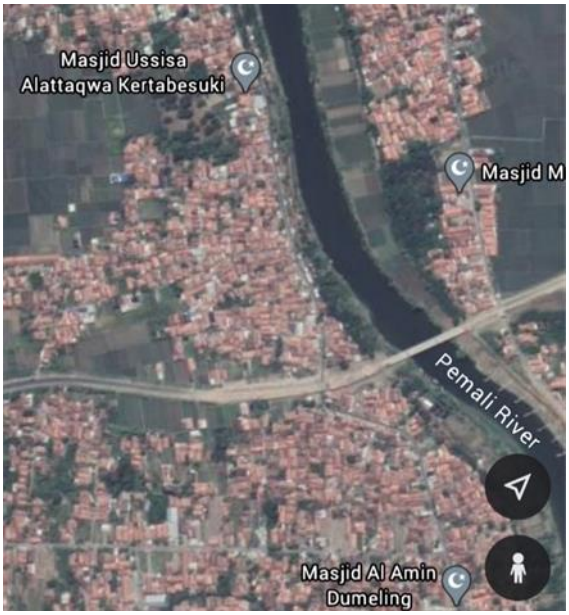
BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1. Tinjauan Umum

Penelitian yang dilakukan pada lereng sta. 4+675 – 5 +050, proyek jalan Lingkar Utara Brebes- Tegal adalah menganalisis stabilitas lereng dengan menggunakan program Plaxis versi 8.6. program Plaxis merupakan salah satu program aplikasi geoteknik yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng. Dari hasil tersebut, hasil yang didapat nanti dapt mengatasi permasalahan yang terjadi pada lereng sta 4+675 – 5+050 dan menjadi acuan dalam perencanaan di lapangan yang memiliki tipikal kemiripan lereng sta. 4+675 – 5 + 050, proyek jalan Lingkar Utara Brebes-Tegal.

4.2. Lokasi peelitian

Lokasi penelitian berada pada Sta. 4+675 – 5 +050, terdapat penyesuaian antara gambar perencanaan. Untuk lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian pada Jalan Lingkar Utara Brebes-Tegal

(Sumber : GoogIe Maps, 2020)

4.3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian data adalah metode atau cara yang digunakan untuk menyederhanakan dan mempermudah dalam memahami data yang diperoleh. Data yang didapatkan kemudian dianalisis berdasarkan tahap pengerjaannya. Pada penelitian ini, adapun tahap penelitian yang dikerjakan adalah sebagai berikut.

1. Tahap persiapan, meliputi observasi lapangan untuk menentukan konstruksi yang akan dianalisis.
2. Tahap pengumpulan data, pada tahap ini data didapatkan dari PT Adhi Karya (persero) serta peninjauan langsung ke lapangan.
3. Analisis stabilitas lereng dengan program Plaxis untuk mendapatkan angka aman (SF).
4. Analisis stabilitas dinding penahan tanah dengan Program Plaxis 8.6.
5. Pembahasan hasil analisis dengan Plaxis 8.6.
6. Kesimpulan dan saran.

4.4. Analisis dan Permodelan Plaxis

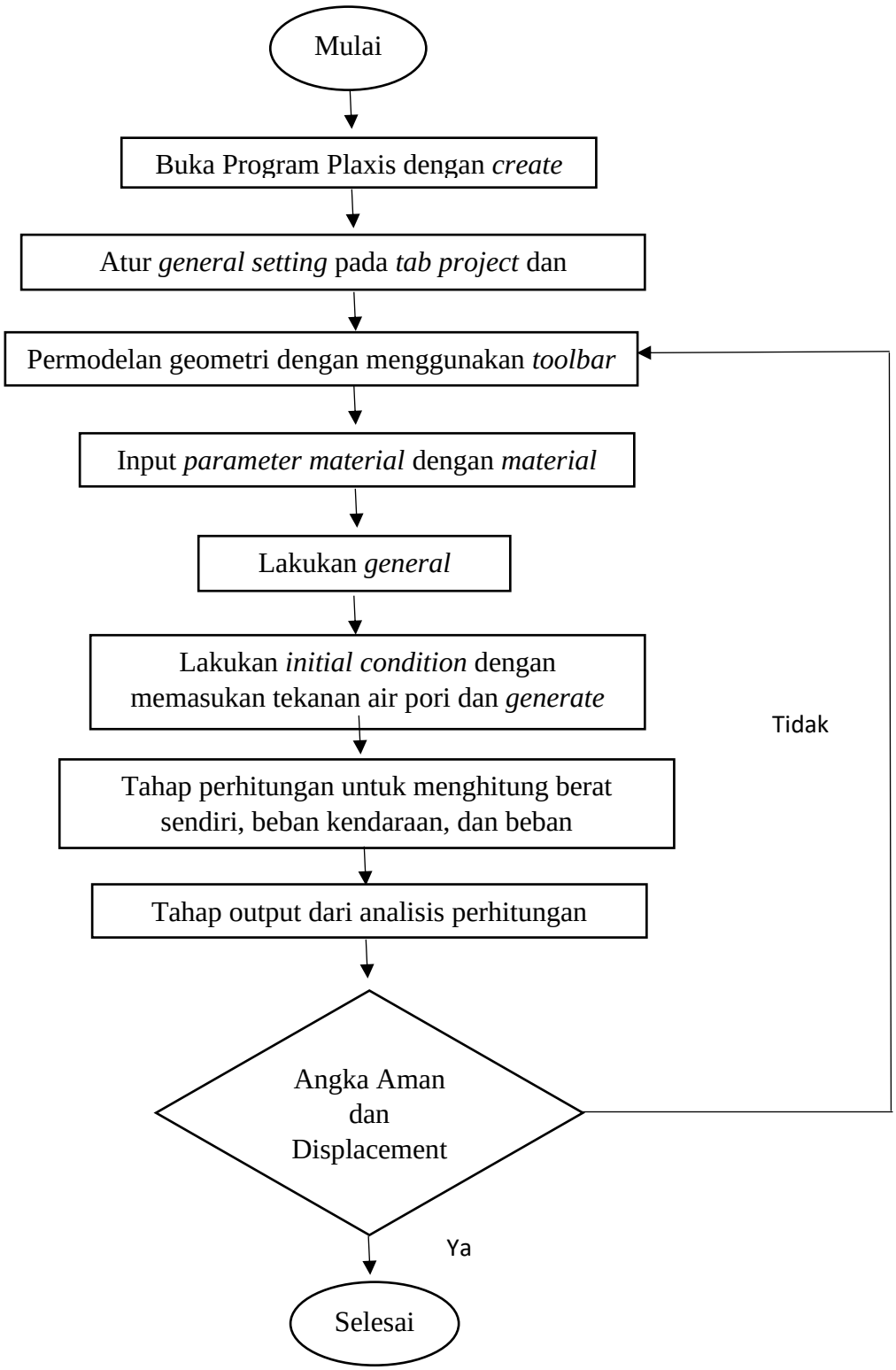
4.4.1. Parameter Tanah

Parameter tanah dalam perhitungan analisis stabilitas secara manual maupun sebagi masukan (input) pada analisis program Plaxis versi 8.6 didasarkan pada data yang didapatkan dari PT. Adhi Karya (persero) berdasarkan uji bor log dan dilakukan pendekatan Parameter tanah.

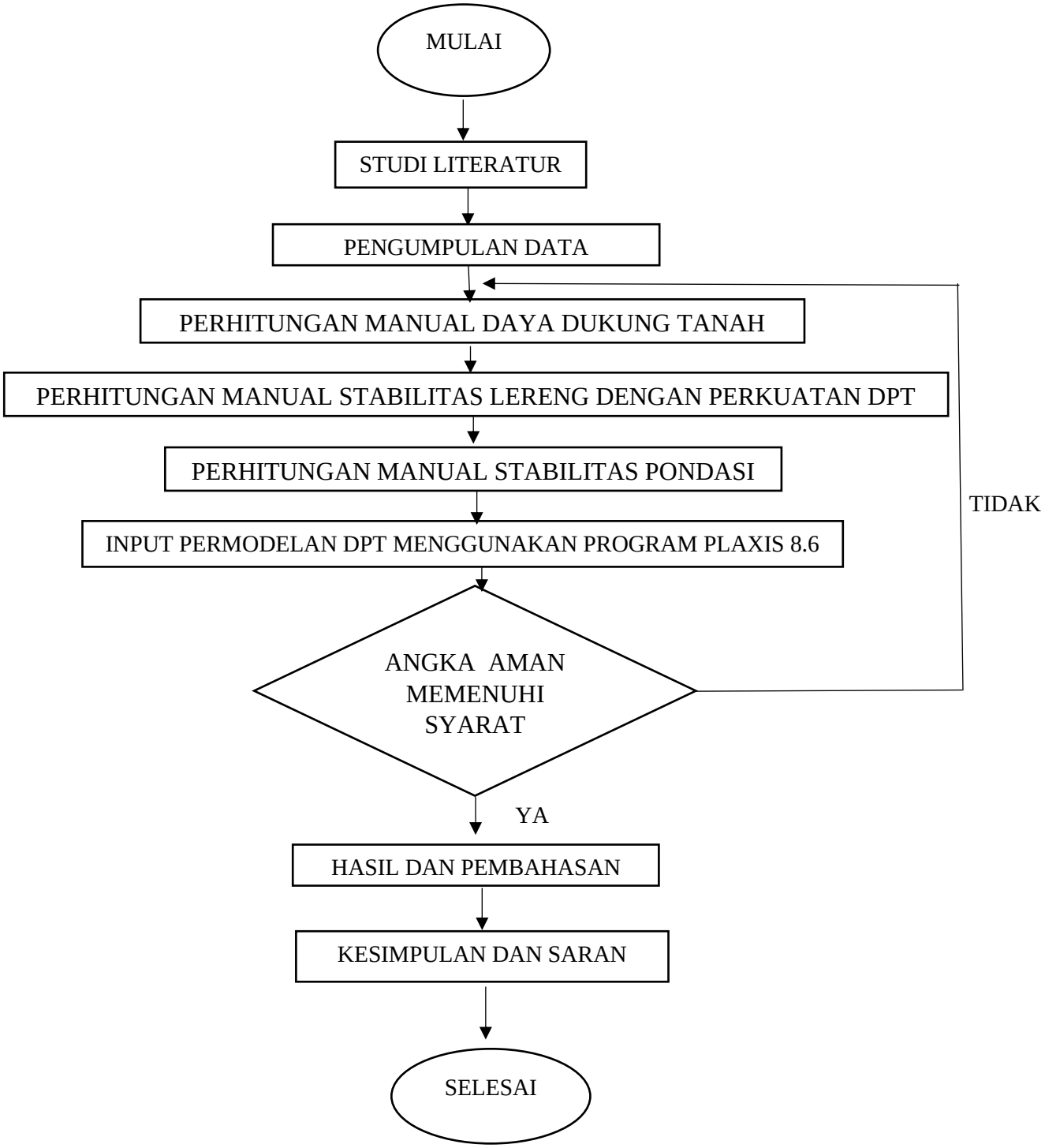
4.4.2. Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah dalam perkuatan lereng dalam proyek Jalan lingkar Utara Brebes – Tegal Sta. 4+675 – 5 +050 panjangnya 100 m.

Dari uraian diatas dapat dibuat bagan alir (flowchart). Berikut adalah flowchart pelaksanaan. Adapun gambar flowchart dapat dilihat pada Gambar 4.2. berikut ini



Gambar 4. 2 Flowchart Pengoperasian pada Plaxis



Gambar 4. 3 Flowchart dalam Pelaksanaan Penelitian

4.5. Pengoperasian Plaxis

Pengoperasian Plaxis dibagi menjadi 3 yaitu Plaxis Input, Plaxis Calculation dan Plaxis Output.

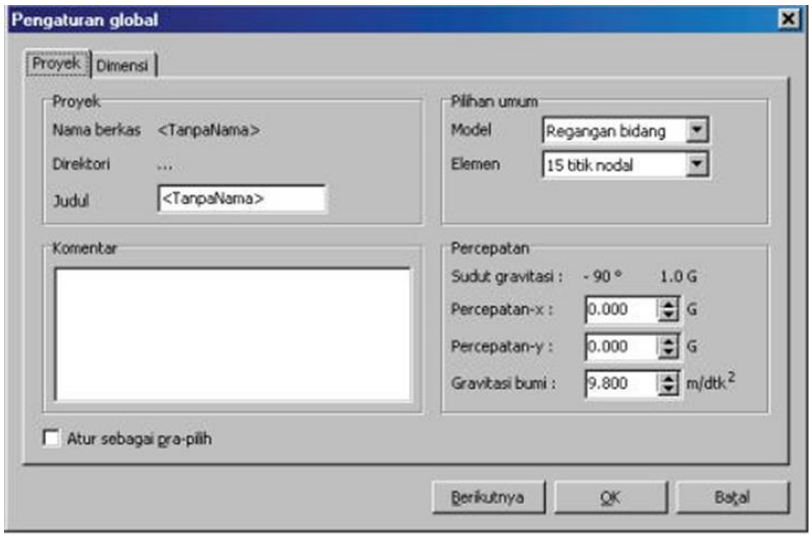
4.5.1. Plaxis Input

1. Buka program plaxis 8.6

Jalankan program Plaxis dengan klik-ganda pada ikon pogram Plaxis input. Kemudian akan muncul sebuah kotak dialog create/open project, lalu pilih new project dan klik OK untuk membuat proyek baru.

2. General Settings

Terdapat dua tab dialog dalam pengaturan global (general setting), yaitu tab project dan dimensions. Dalam lembar tab project, masukkan nama proyek yang akan dimodelkan pada kotak dialog title. Kemudian pada kotak general pilih analisis model plane strain (regangan bidang) dan pilih jenis elemen dasar 15-Node untuk analisis dengan menghasilkan tegangan dan beban runtuh yang akurat. General setting dapat dilihat pada Gambar 4.4.

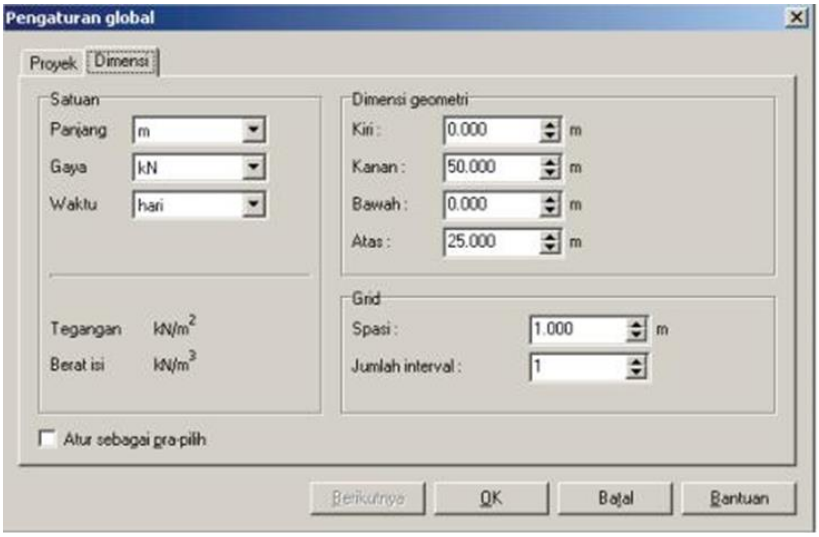


Gambar 4. 4 Pengaturan pada Global-Lembar-Tab Proyek

(Sumber : Modul Plaxis 2017)

Dalam lembar-tab *geometry dimensions*, gunakan satuan-satuan pra-pilih dalam kotak unit (*Length* = m, Force = kN, Time = day). Dalam kotak *geometry dimensions*, ukuran dari bidang gambar harus dimasukan, saat memasukan

koordinat teratas dan terbawah dari gemoetri yang kan dibuat. Plaxis akan menambahkan sebuah marjin kecil sehingga geometri akan berada didalam bidang gamabar. Masukan 0.0, 20, 0.0, 10 masing-masing pada kotak isian *left*, *right*, *bottom*, dan *top* dalam kotak dialog. Kotak Grid berisi nilai-nilai untuk mengatur spasi grid. Grid ini akan membentuk matriks titik-titikdigunakan untuk memasukkan penggambaran tepat pada grid yang telah ada saat pembuatan model. Jarak antar titik ditentukan oleh nilai spasi. Masukan 1.0 untuk *spacing* dan 1 untuk *number of intervals*. Kotak dialog Grid dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Pengaturan pada Global-Lembar-Tab Dimensi

(Sumber : Modul Plaxis 2017)

3. Permodelan Geometri

Dalam penggambaran model geometri dilakukan dengan langkah langkah sebagai berikut ini.

a. Pilih opsi *Geometry line.*

b. Klik tombol *standard fixities* pada toolbar.

c. Klik tombol Distributed load-load system A pada toolbar.

Klik pada titik awal dan titik akhir pada geometri yang menerima beban, lalu klik kanan mouse untuk mengakhiri masukan beban merata. Masukan nilai beban merata.

d. Klik Load lalu pilih Standard Earthquake boundaries untuk menempatkan beban gempa dinamis.

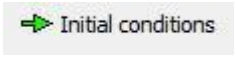
4. Input Parameter Materials

Untuk memasukan data material dapat dilakukan dengan menggunakan tombol *material sets* pada *toolbar* atau dari pilihan yang tersedia dalam menu *materials*. Pilih tombolan *material sets* pada toolbar. Lalu Pilih *new material* dan masukan parameter tanah.

5. General Meshing

Klik tombol Generate mesh pada toolbar kemudian Klik tombol <perbaharui> untuk kembali ke modus masukan geometri. Maka akan terlihat *General Mesh.*

6. Initial Condition

a. 

Klik tombol initial conditions pada toolbar.

b. Untuk tekanan air pori masukkan ketinggian muka air sungai dan muka air tanah dengan me-klik tombol phreatic level.

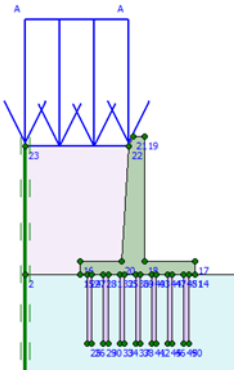
c. Klik tombol Generate initial stresses pada toolbar. Kotak dialog Ko-.

4.5.2. Plaxis Calculation

Dalam tahap kalkulasi, kita akan mencari tau berapa nilai faktor keamanan pemodelan sebelum galian dan setelah dilakukan galian. Untuk mendapatkan informasi dari analisis yang akan dilakukan, perlu ditambahkan 3 tahap tambahan setelah tahap initial.

1. Tahap Konstruksi Galian

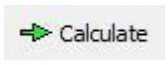
Tahap galian harus dimulai setelah tahap SF kondisi sebelum galian, calculation type yang digunakan yaitu plastic analysis. Pada tab parameters, loading input yang digunakan yaitu *staged construction*. Klik <*define*> maka akan muncul geometri dengan kondisi awal. Non-aktifkan bagian tanah yang seolah-olah akan digali dengan mengklik satu kali. Bagian tanah yang di non-aktifkan akan berubah tampilannya menjadi tidak berwarna Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Kondisi Model Setelah Ditimbun dan Diberi Perkuatan DPT

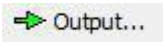
2. SF Setelah Galian

Pastikan tahap ini dilakukan setelah tahap konstruksi galian. Pada General tab sheet, pilih kalkulasi dengan tipe Phi-c-reduction. Pada tab Parameters angka pada Additional Parameters akan otomatis pada angka 100. Pada loading input box, akan terpilih Incremental multipliers lalu klik <define> untuk membuka tab Multipliers. Pada jendela multipliers periksa Msf.

3. Pastikan sebelum melakukan calculate, point of curves telah ditentukan dengan menekan tombol dengan icon . Tentukan 1 titik di dekat lokasi galian (pilih titik di bagian geometri yang tidak dibuang saat konstruksi). 

Klik Calculate.

4.5.3. Plaxis Output

Setelah tahap perhitungan selesai maka tahap selanjutnya adalah klik tombol 

untuk mengetahui hasil perhitungan Plaxis. Hasil output Perhitungan Plaxis dapat dilihat pada Bab selanjutnya yaitu Bab V.

BAB V
ANALSIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Perhitungan Stabilitas

1. Data Mekanika Tanah

Data mekanika tanah diperoleh dari serangkaian uji tanah baik dilokasi proyek maupun di laboratorium. Berikut data mekanika tanah tersebut.

Tabel 5. 1 Data Mekanika Tanah

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Berat Jenis Air (Υ_{air})	1	T/m^3
2	Berat Jenis Beton (Υ_{beton})	2,4	T/m^3
3	Berat volume Tanah (Υ')	0,860825	T/m^3
4	Specific gravity (Gs)	2,67	
5	Angka Pori, (e)	0,94	
6	Sudut Gesek Dalam, (ϕ)	5	^{o}
7	Kohesi, (c)	2,54842	T/m^2
8	Koefisien Tanah Aktif, (Ka)	0,839663	
9	Koefisien Tanah Pasif, (Ka)	1,190954	

2. Data Gempa

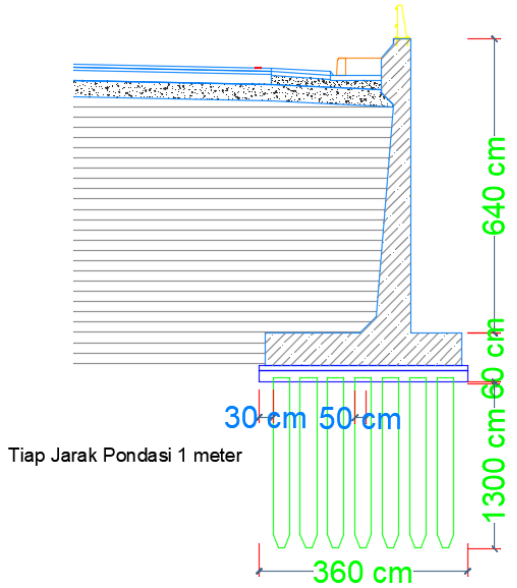
Tujuan utama mencari data gempa ialah untuk mendapatkan koefisien gempa sehingga bisa mendapatkan beban gempa terhadap bangunan.

Tabel 5. 2 Data Beban Gempa

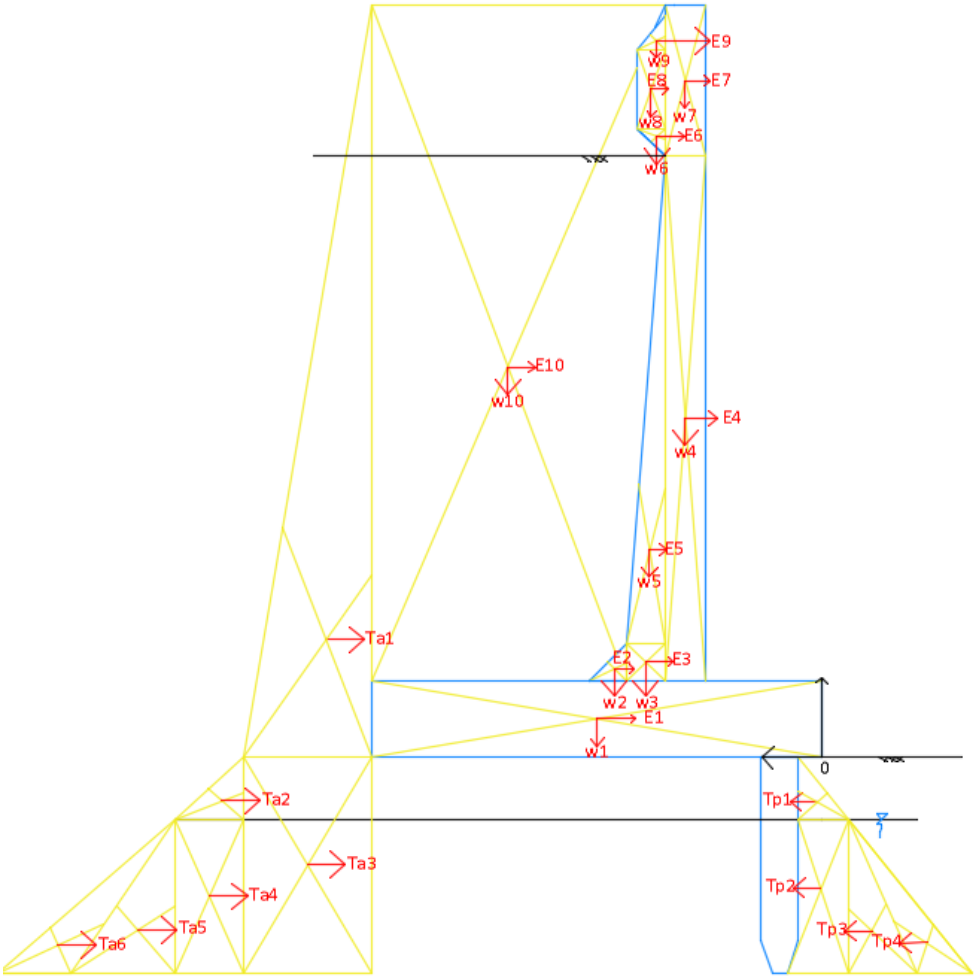
No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Faktor Geografis, (z)	1	
2	Koefisien Jenis Tanah n	1,56	
3	Koefisien Jenis Tanah m	0,89	
4	Percepatan Kejut Dasar, (a_c)	225	cm/dt^2
5	Percepatan Gravitasi, (g)	980	cm/dt^2
6	Percepatan Gempa Rencana, (a_d)	193,4492	cm/dt^2
7	Koefisien Gempa, (E)	0,197397	

5.2. Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah

Penyebab terjadinya kegagalan pelimpah akibat guling dan geser ialah gaya-gaya yang aksi lebih besar dari pada gaya-gaya yang menahan untuk mencegah terjadinya guling dan geser. Sehingga diperlukan perhitungan gaya-gaya yang bekerja terhadap pelimpah terlebih dahulu sebelum menganalisis stabilitas terhadap guling dan geser. Gaya-gaya yang bekerja pada pelimpah terdiri dari berat sendiri pelimpah, beban gempa, tekanan tanah, Ilustrasi gaya-gaya tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5. 1 Potongan Melintang Dinding Penahan Tanah



Gambar 5. 2Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah

1. Berat Sendiri Tunggal (Gaya Vertikal)

Tabel 5. 3 Berat Sendiri pada Dinding Penahan Tanah

No	Pias Gaya	Volume per 1 m lebar (m^3)	Berat Volume (T/m^3)	Berat Sendiri (Ton)	Panjang Lengan thd. Titik O (m)	Momen (Tm)
1	W1	2,16	2,4	5,184	1,8	-9,331
2	W2	0,045	2,4	0,108	1,66	-0,179
3	W3	0,093	2,4	0,223	1,41	-0,315
4	W4	1,3761	2,4	3,303	1,09	-3,600
5	W5	0,59985	2,4	1,440	1,38	1,987
6	W6	0,0242	2,4	0,058	1,32	-0,077

No	Pias Gaya	Volume per 1 m lebar (m^3)	Berat Volume (T/m^3)	Berat Sendiri (Ton)	Panjang Lengan thd. Titik O (m)	Momen (Tm)
7	W7	0,396	2,4	0,950	1,09	-1,036
8	W8	0,0726	2,4	0,174	1,36	-0,237
9	W9	0,0242	2,4	0,058	1,32	-0,077
10	W10	12,5424	0,860	10,797	2,51	-27,100
Jumlah				22,295		-39,965

2. Beban Gempa

Tabel 5. 4 Beban Gempa pada Dinding Penahan Tanah

No	Pias Gaya	Berat Sendiri (Ton)	Koef. Gempa (E)	Beban Gempa (Ton)	Panjang Lengan thd. Titik O (m)	Momen (Tm)
1	E1	5,184	0,197	1,023	0,3	0,307
2	E2	0,108	0,197	0,021	0,700	0,015
3	E3	0,223	0,197	0,044	0,75	0,033
4	E4	3,303	0,197	0,652	2,68	1,747
5	E5	1,440	0,197	0,284	1,64	-0,466
6	E6	0,058	0,197	0,011	4,92	-0,056
7	E7	0,950	0,197	0,188	5,37	1,007
8	E8	0,174	0,197	0,034	5,3	0,182
9	E9	0,058	0,197	0,011	5,68	0,065
10	E10	10,797	0,197	2,131	3,09	6,586
Jumlah				4,401		9,420

3. Tekanan Tanah Aktif

Tabel 5. 5 Tekanan Tanah aktif pada Dinding Penahan Tanah

No	Pias Gaya	kedalaman (m)	Berat volume (ϒ')	Gaya Hidrostatis (Ton)	Panjang Lengan thd. Titik O (m)	Momen (Tm)
1	Ta1	7,3	0,860	19,259	2,4333	46,864
2	Ta2	0,5	0,860	0,090	0,167	0,0150
3	Ta3	6	0,860	13,010	3	39,031
4	Ta4	5,5	0,860	10,932	2,75	30,064
5	Ta5	5,5	0,860	10,93	1,833	20,043
6	Ta6	5,5	0,860	10,932	1,833	20,043
Jumlah				65,157		156,060

Keterangan :

tekanan tanah aktif (Ka) = 0,840

tekanan tanah pasif (Kp) = 1,191

4. Tekanan Tanah pasif

Tabel 5. 6 Tekanan Tanah Pasif pada Dinding Penahan Tanah

No	Pias Gaya	kedalaman (m)	Berat volume (ϒ')	Gaya Hidrostatis (Ton)	Panjang Lengan thd. Titik O (m)	Momen (Tm)
1	Tp1	0,5	0,860	0,090	0,167	0,015
2	Tp2	5,5	0,860	10,932	2,75	30,064
3	Tp3	5,5	0,860	10,932	1,833	20,043
4	Tp4	5,5	0,860	10,932	1,833	20,043
Jumlah				32,888		70,165

Keterangan :

tekanan tanah aktif (Ka) = 0,840

tekanan tanah pasif (Kp) = 1,191

5.2.1. Kontrol Stabilitas Guling dan Geser

Pada kontrol stabilitas bangunan Dinding Penahan Tanah, akan diperiksa keamanan bangunan terhadap geser dan guling. Berkut analisis perhitungannya.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Gaya-Gaya yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

No	Gaya-Gaya DPT	Gaya Geser (Ton)		Momen (Tm)	
		Geser	Tahan	Guling	Tahan
1	Berat Sendiri		22,295		39,965
2	Beban Gempa	4,401		9,420	
3	Tekanan Tanah	65,157	32,88751516	156,060	70,165
Jumlah		69,558	55,183	165,480	110,129

1. Stabilitas Terhadap Geser

Konstruksi bangunan pelimpah tidak boleh menggeser sehingga diperiksa keamanan pelimpah terhadap gaya geser yang bekerja dengan rumus berikut.

SFGeser = (ΣVxf) / ΣH

= 55,183 x 0,7 / 69,558

= 0,555 < 1.2 (Tidak Aman Terhadap Geser)(perlu Perkuatan)

dengan :

SFGeser = faktor keamnan terhadap geser (SF > 1.2)

ΣV = jumlah gaya vertikal (gaya yang menahan)

f = koefisien gesek bangunan dengan tanah dasar

ΣH = jumlah gaya horizontal

2. Stabilitas Terhadap Guling

Konstruksi bangunan pelimpah tidak boleh terguling sehingga diperiksa keamanan pelimpah terhadap momen yang menahan harus lebih besar dari pada momen yang menggulingkan dengan rumus berikut.

SFGuling = ΣMT / ΣMG

= 110,129/165,480

= 0,666 < 1.5 (Tidak Aman Terhadap Guling) (Perlu Perkuatan)

dengan :

SFGuling = Faktor keamnan terhadap guling (SF > 1.5)

ΣMT = Jumlah momen yang menahan

ΣMG = Jumlah momen yang mengguling

3. Eksentrisitas guling

e = ((ΣMT – ΣMG) / ΣV – B/2) < B/6

= ((110,129 - 165,480) / 55,183 – 3,6/2) < 3,6/6

= -2,80304466 < 0,6

dengan :

e = eksentrisitas guling

ΣMT = Jumlah momen yang menahan

ΣMG = Jumlah momen yang mengguling

ΣV = jumlah gaya vertikal (gaya yang menahan)

B = Lebar DPT

5.2.2. Kontrol Daya Dukung Tanah

Analisis daya dukung tanah pada pelimpah menggunakan rumus Terzaghi

Tabel 5. 8 Koefisien Daya Dukung Terzaghi

No	f	N_c	N	N_q
1	0	5,71	0,00	1,00
2	5	7,30	0,50	1,60
3	10	9,60	1,20	2,70
4	15	12,90	2,50	4,40
5	20	17,70	5,00	7,40
6	25	25,10	9,70	12,70
7	30	37,20	19,70	22,50
8	35	57,80	42,40	41,40

No	f	N_c	N	N_q
9	40	95,70	100,40	81,30
10	45	172,30	297,50	173,30

Tabel 5. 9 Nilai Daya Dukung Terzaghi

ϕ	Nc	$N\gamma$	Nq
5	7,3	0,5	1,6

Tabel 5. 10 Data Pondasi pada Dinding Penahan Tanah

c(T/m^2)	ϕ$^{(o)}$	B (m)	Df (m)	γ tanah(T/m3)	Nc	Nq	$N\gamma$
2,54842	5	3,6	0,5	0,860825	7,3	1,6	0,5

f = koefisien geser antara konstruksi dengan tanah dasar

1. Daya Dukung Ultimit Terzaghi

$qu = c.Nc + \gamma.Df.Nq + 0{,}5.B.N\gamma$

=2,54842 . 7,3 + 0,861 . 0,5 . 1,6 + 0,5 .0,861 . 3,6 0,5

= 20,06686791 T/m^2

=196,8559742 kN/m^2

2. Daya Dukung Ultimit Terzaghi

qijin = qult/SF

= (20,06686791)/3

= 6,688955971 T/m^2

= 65,619 kN/m^2 SF = 3 angka aman

3. Kontrol Daya Dukung Tanah Tehadap Beban

qmax =Σv/B (1 + 6e / B)

= 55,183 /3,6 (1 + 6 . -2,80304466 / 3,6)

= 86,939 T/m^2

=852,874 > qijin (418,0088242 kN/m^2) (TIDAK AMAN)(akan ditambah perkuatan *mini pile*)

qmin = Σv/B (1 - 6e / B)

=55,183 / 3,6 (1 - 6 . -2,80304466 / 3,6)

= -56,282

= 56,282 T/m^2

= 552,1292347kN/m^2 > 0 (AMAN)

Pada perhitungan daya dukung pile diatas tidak aman, sehingga Dinding Penahan Tanah perlu ditambahkan pondasi tiang dalam hal ini mini pile untuk menambah kekuatan daya dukung tanahnya.

5.3. Kontrol Kekuatan Pondasi

Tabel 5. 11 Data Bor Log pada Tanah di Bawah Dinding Penahan Tanah

No	Kedalaman		Jenis	c_u	γ'	φ	Nilai SPT
	z_1 (m)	z_2 (m)	Tanah	(kN/m^2)	(kN/m^3)	(▫)	N
1	0,00	5,00	lempung	11,77	15,779	2	15
2	5,00	10,00	lempung	10,79	15,792	4	30
3	10,00	15,00	lempung	13,73	16,033	4	40
4	15,00	20,00	pasir	29,43	16,371	14	45
5	20,00	25,00	lempung	43,16	16,519	20	45
6	25,00	28,00	lempung	47,09	16,332	21	50
5	28,00	33,00	lempung	44,15	16,481	22	60

Tabel 5. 12 Data Bahan pada Pondasi

s (m)	L (m)	f_c' (Mpa)	w_c (kN/m^3)
0,20	13	40	24

Jenis Tiang Pondasinya yaitu Beton bertulang precast tampang persegi.

5.3.1. Tahanan Aksial Tiang Pondasi

1. Berdasarkan kekuatan bahan

   Luas penampang tiang pondasi

   A = S^2

   = 0,04 m^2

Berat tiang pondasi

Wp = A x L x Wc

=12,48 kN/m^3

Kuat tekan beton tiang pondasi

F'c = 40000 kPa

Kapasitas dukung nominal tiang pondasi

Pn =0,3 x f'c x A – 1,2 x Wp

= 465 kN

Factor reduksi kekuatan

f = 0,6

Tahanan aksial tiang pondasi

f x Pn = 279,01 kN

2. Berdasarkan data bor tanah (*Skempton*)

Tahanan ujung nominal

Pb = Ab x Cb x Nc

Ab = luas penampang ujung bawah tiang (m^2)

Cb = kohesi tanah di bawah dasar tiang (kN/m^2)

Nc = Faktor daya dukung tiang

Panjang sisi tiang pondasi

S = 0,2 m

Luas tampang tiang pondasi

Ab = s^2

= 0,04 m^2

Kohesi tanah disekitar dasar tiang

Cb = 28,59 kN/m^2

Faktor daya dukung menurut skempton

Nc = 7,3 kN

Tahanan ujung nominal tiang pondasi

Pb = Ab x Cb x Nc

= 8,348 Kn

Tahanan gesek nominal menurut skempton

Ps =∑ad x Cu x As

Ad = faktor adhesi

Cu = kohesi tanah disepanjang tiang (kN/m2)

As = luas permukaan dinding tiang (m^2)

Faktor adhesi untuk jenis tanah lempung pada tiang pondasi yang nilainya tergantung nilai kohesi tanah, menurut *Skempton* diambil

Ad = $0,2 + (0,98)^{cu}$

Panjang tiang sisi pondasi s = 0,2 m

Luas permukaan dinding segmen tiang

As = 4s x L1

L1 = Panjang segmen tiang pondasi yang ditinjau (m)

Tabel 5. 13 Perhitungan Tahanan Gesek pada Tiang Mini Pile

Kedalaman		**L1(m)**	**As(m^2)**	**cu(kN/m^2)**	**ad**	**Ps(kN)**
z1 (m)	**z2 (m)**					
0	5	5	4	11,772	0,98834	46,53894
5	10	5	4	10,792	1,004103	43,34513
10	15	5	4	13,734	0,957703	52,61236
15	20	5	4	29,43	0,751802	88,50215
20	25	5	4	43,164	0,618102	106,719
25	28	3	2,4	47,088	0,586237	66,2513
28	33	5	4	44,145	0,609897	107,6957
					∑Ps	511,665

Tahanan gesek nominal tiang =511,65

Ps = ∑ad x Cu x As

= 511,665

Tahanan nominal tiang pondasi

Pn = Pb + ∑Ps

= 520,01

Faktor reduksi kekuatan

ϕ = 0,6

Tahanan aksial tiang pondasi

ϕ x Pn = 312,01

3. Berdasarkan uji SPT (Meyerhoff)

Kapasitas nominal tiang pondasi secara empiris dari nilai N hasil pengujian SPT menurut Meyerhoff dinyatakan dengan rumus

Pn = 40 x Nb x Ab + N x As (kN)

Dan harus ≤ Pn 380 x N x Ab (kN)

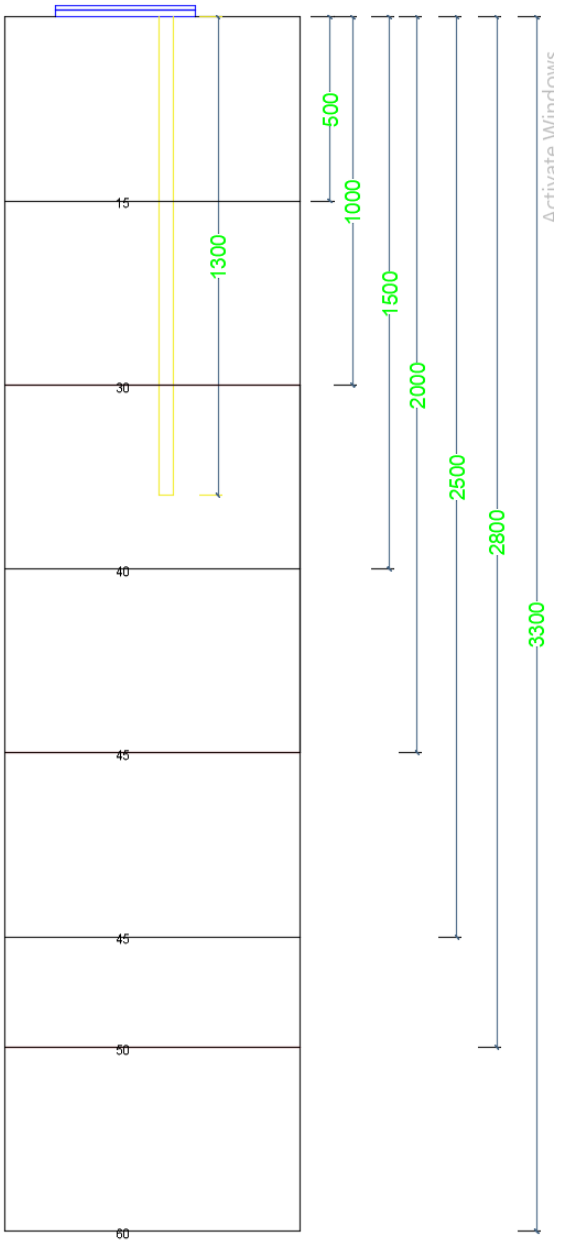
Nb = nilai SPT disekitar dasar tiang, dihitung dari 8.D diatas dasar tiang s.d 4D dibawah dasar tiang

N = nilai SPT rata-rata disepanjang tiang

Ab = luas dasar tiang (m^2)

As = luas selimut tiang(m^2)

Berdasarkan hasil pengujian SPT diperoleh data



Gambar 5. 3 Hasil SPT dan Pondasi

(Sumber : Dokumen Laporan Bulanan PT Adhi Karya , 2018)

Tabel 5. 14 Hasil Pengujian SPT

Kedalaman		Nilai SPT (N)	L1(m)	L1 * N
z1 (m)	z2 (m)			
0	5	15	5	75
5	10	30	5	150
10	15	40	5	200
15	20	45	5	225
20	25	45	5	225
25	28	50	3	150
28	33	60	5	300
Jumlah			33	1325

Nilai SPT rata-rata disepanjang tiang

N = ∑L1 x N / ∑L1

= 1325,0 / 33,0

= 40,15

Nilai SPT disekitar dasar tiang(8.D diatas dasar tiang s/d 4.D dibawah dasar tiang)

Nb =30 (tiang 13m)

Panjang sisi tiang pondasi

S = 0,2 m

Panjang tiang pondasi

L = 13 m

Luas dasar tiang pondasi

Ab = s2

=0,04 m2

Luas selimut tiang pondasi

As = 4 x s x L

= 10,4 m2

Pn = 40 x Nb x Ab + N x As

= 465,58 kN

Pn < 380 x N x Ab = 610,3 kN

Kapasitas nominal tiang pondasi

Pn = 465,58 kN

Faktor reduksi kekuatan

ϕ = 0,6

tahanan aksial tiang pondasi

Pn x ϕ = 279,35 kN

4. Rekapitulasi tahanan aksial pondasi

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Tahanan Aksial pada Pondasi Mini Pile

Uraian Tahanan Aksial tiang pondasi	f * Pn (kN)
Berdasarkan kekuatan bahan	279,01
Berdasarkan data bor tanah (*Skempton*)	312,01
Berdasarkan hasil uji SPT (*Meyerhoff*)	279,35

Tahanan diambil yang paling kecil karena diambil yang paling kritis untuk yang desain, sebagai upaya mengatasi terjadinya beban berlebih sehingga tahanan yang digunakan yang paling kecil

Daya dukung aksial terkecil

ϕ* Pn = 279,01 kN

Diambil tahanan aksial tiang pondasi

ϕ * Pn =279 kN

5.3.2. Tahanan Lateral Tiang Pondasi

1. Berdasarkan defleksi tiang maksimum (*Broms*)

Tahanan lateral tiang (H) kategori tiang Panjang, dapat dihitung dengan persamaan

H = yo x kh x s / (2 x β x [e x β+ 1])

Dengan β = (kh x s / [4 x β + 10])0,25

S = 0,2 m

L = 13 m

Kh = 31720 kN/m^3

Ec = 4700 x √(f'c) x 103

= 29725410 kN/m2

Ic = π / 64 x D4

= 0,000079 m^4

e = 0 m

yo = 0,01 m

β = (kh x D / [4 x Ec x Ic]) 0,25

= 0,90786518 m

B x L = 11,8 > 2,5 maka termasuk tiang Panjang (OK)

Tekanan lateral nominal tiang pondasi

H = yo x kh x s / (2 x β x [e x β+ 1])

= 34,94 kN

Faktor reduksi kekuatan

ϕ = 0,6

Tahanan lateral tiang pondasi

Hn x ϕ = 20,96

2. Berdasarkan momen maksimum (*Brinch Hansen*)

Kuat lentur beton tiang pondasi

Fb = 0,40 x f'c x 103

= 16000 kN/m^2

Tahanan momen

W = Ic / (s/2)

= 0,00079 m^3

Momen maksimum

My = fb x W

= 12,57 kNm

Tabel 5. 16 Kohesi Rata-Rata di Sepanjang Pondasi Mini Pile

No	Kedalaman		L1(m)	cu(kN/m2)	cu * L1(kN/m3)
	z1 (m)	z2 (m)			
1	0	5	5	11,772	58,86
2	5	10	5	10,792	53,96
3	10	15	5	13,734	68,67
4	15	20	5	29,43	147,15
5	20	25	5	43,164	215,82
6	25	28	3	47,088	141,264
7	28	33	5	44,145	220,725
Jumlah			33		906,449

Kohesi tanah rata-rata

Cu = $\sum$(Cu x L1) / $\sum$L1

= 27,4681515 kN/m^2

f = Hn / (9 x Cu x s)

f = 0,020225 x Hn

g = L – (f + 1,5 x s)

g = 12,7 – 0,02023 x Hn

g2 = 0,000409 x Hn^2 – 0,51373 x Hn + 161,29

9/4 x s x Cu = 12,361

My = Hn x (e + 1,5 x s + 0,5 x f)

My = Hn x (0,3 + 0,01011 x Hn)

My = 0,01011 x Hn2 + 0,3 x Hn

My = 9 / 4 x s x Cu x g^2

My = 0,005056 x Hn^2 – 6,35 x Hn – 1993,652

Persamaan kuadrat

0 = 0,00506 x Hn^2 -6,65 x Hn – 1993,652

Hn = 251,647 kN

f = 5,090 m

Mmax = Hn x (e + 1,5 x s + 0,5 x f)

= 715,894 kNm

Mmax > My termasuk tiang Panjang (OK)

My = Hn x (0,3 + 0,01011 x Hn)

12,57 = 0,01011 x Hn^2 + 0,3 x Hn

Persamaan kuadrat

0 = 0,01011 x Hn^2 + 0,3 x Hn – 12,57

Dari persamaan kuadrat diperoleh

Hn = 23,412 kN

Factor reduksi kekuatan

ϕ = 0,6

Tahanan lateral tiang pondasi

ϕ x Hn = 14,05 kN

3. Rekapitulasi tahanan lateral tiang

Tabel 5. 17 Rekapitulasi Tahanan Lateral pada Pondasi *Mini Pile*

No	Uraian Tahanan Lateral tiang pondasi	f * Hn (kN)
1	Berdasarkan defleksi tiang maksimum (*Broms*)	20,96
2	Berdasarkan momen maksimum (*Brinch Hansen*)	14,05

Tahanan diambil yang paling kecil karena diambil yang paling kritis untuk yang desain, sebagai upaya mengatasi terjadinya beban berlebih sehingga tahanan yang digunakan yang paling kecil

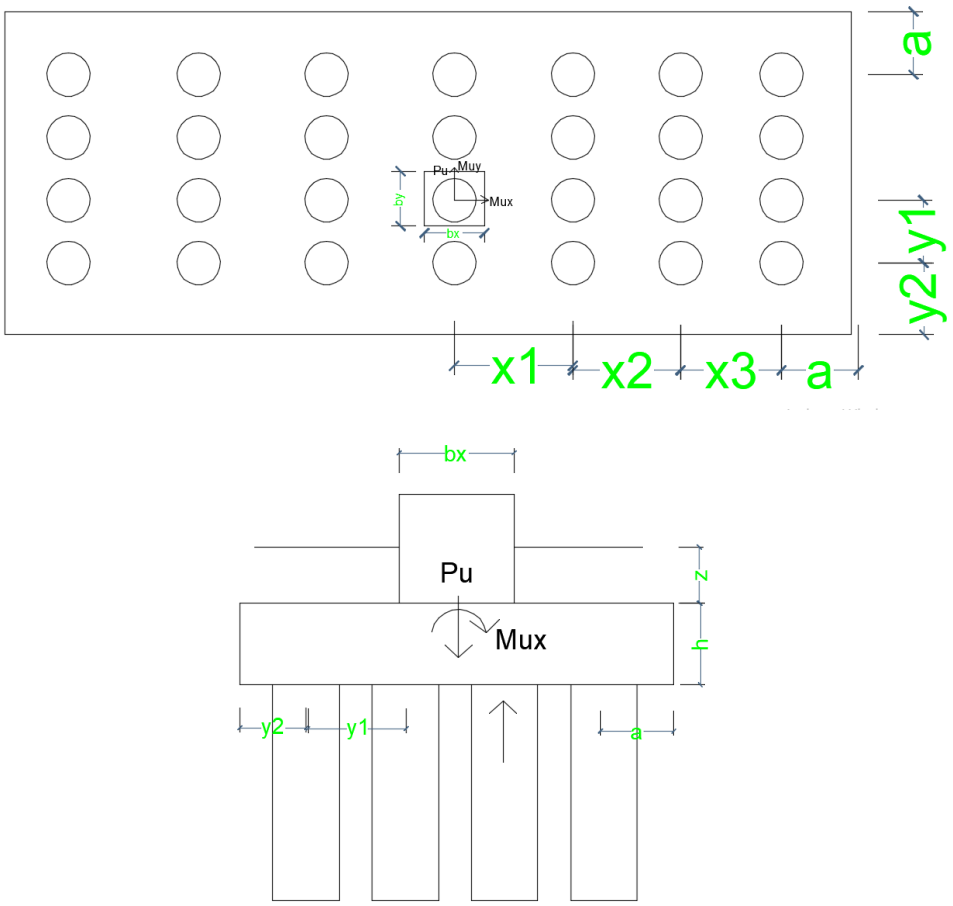
Tahanan lateral tiang terkecil = 14,05 kN

Diambil tahanan lateral tiang pondasi = 14 kN

5.3.3. Perhitungan Kekuatan Pondasi

Tabel 5. 18 Data Dimensi Pondasi

a (m)	z (m)	w_s (kN/m^3)
0,3	1	17,80



Gambar 5. 4 Dimensi pada Pondasi

Tabel 5. 19 Data Beban Pada Pondasi *Mini Pile*

Puk (kN)	Mux (kNm)	Muy (kNm)	Hux (kN)	Huy (kN)	f * Pn (kN)	f * Hn (kN)
268,16	638,12	638,12	268,16	268,16	279	14

Tabel 5. 20 Data Susunan Tiang Pondasi

No.	Jumlah (n)	x (m)	n * x2 (m^2)	No.	Jumlah (n)	y (m)	n * y2 (m^2)
1	4	-0,6	1,44	1	7	-0,25	0,4375
2	4	-0,4	0,64	2	7	0,25	0,4375
3	4	-0,2	0,16	3	7	0,25	0,4375
4	4	0	0	4	7	-0,25	0,4375

No.	Jumlah (n)	x (m)	n * x2 (m^2)	No.	Jumlah (n)	y (m)	n * y2 (m^2)
5	4	0,2	0,16	5			0
6	4	0,4	0,64	6			0
7	4	0,6	1,44	7			0

Lebar pilecap arah x

Lx = 1,8 m

Lebar pilecap arah y

Ly = 1,1 m

1. Gaya Aksial pada Tiang Pondasi

Berat tanah di atas bangunan

Ws = Lx X Ly X z X ws

= 35,24 kN

Total gaya aksial

Pu = Puk + 1.2 x Ws

= 240,95 kN

Lengan Maksimum tiang pondasi arah x terhadap pusat

Xmax = 0,6 m

Lengan Maksimum tiang pondasi arah y terhadap pusat

Ymax = 0,25 m

Lengan Minimum tiang pondasi arah x terhadap pusat

Xmin = -0,6 m

Lengan Maksimum tiang pondasi arah y terhadap pusat

Ymin = -0,25 m

Gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pondasi

Pumax = Pu / n + Muy* ymax / Sy2

= 173,49 kN

Pumin = Pu / n + Muy* ymin / Sy2

= -156,28 kN

Pumax $\leq \phi$ x Pn

173,49 kN $\leq$ 279 kN Aman (OK)

2. Gaya lateral pada tiang pondasi

Gaya Lateral arah x pada tiang

hux = Hux / n

=7,09 kN

Gaya lateral arah y pada tiang

huy = huy / n

= 7,09 kN

Gaya lateral kombinasi dua arah

humax = $\sqrt{hux^2 + huy^2)}$

=10,03 kN

Syarat :

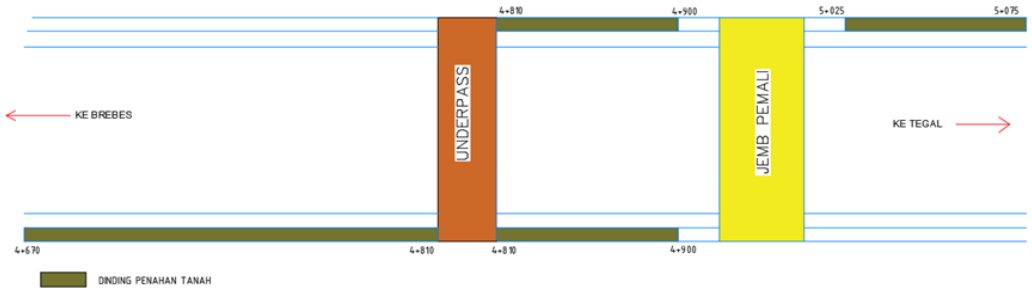
humax ≤ ϕ x Hn

10,03 kN ≤ 14 kN Aman (OK)

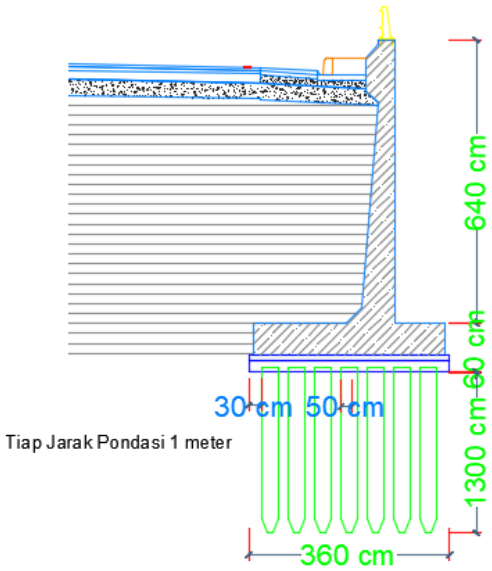
5.4. Kondisi Umum Proyek

Kondisi dinding penahan tanah tersebut berada pada Sta 4+675 – 5+050 sepanjang 100m dipisahkan oleh *underpass* dan jembatan pamali.

Tinggi lereng pada Sta.4+670 yaitu 6,4 m dari elevasi dasar. Dengan lebar jalan selebar 7 m dan bahu jalan di sisi kanan dan kiri nya masing-masing selebar 1.75 m. Pada sisi kanan dan kiri akan dilakukan perencanaan untuk menahan keruntuhan tanah pada lereng tersebut. Penahan tanah tersebut akan dianalisis menggunakan dinding penahan tanah yang terbuat dari beton mutu F'c 20 Mpa.. Analisis yang akan dilakukan untuk mengetahui faktor keamanan lereng yang diperkuat dengan Dinding penahan tanah beton.



Gambar 5. 5 Skets DPT pada Proyek Lingkar Utara Brebes – Tegal



Gambar 5. 6 Potongan Melintang pada Jalan

(Sumber : Gambar Potongan Melintang Sta 4+800 PT. Adhi Karya)

5.5. Data Parameter Tanah

Dalam perencanaan geoteknik perbaikan lereng mengacu pada data yang diperoleh dari PT. Adhi Karya (persero). Data parameter tanah dapat dilihat dalam Tabel 5.21

Tabel 5. 21 Data Parameter Tanah untuk Input Plaxis

NAMA		LAPISAN 1	LAPISAN 2	LAPISAN 3	LAPISAN 4	LAPISAN 5	LAPISAN 6	LAPISAN 7	TIMBUNAN REBACKFIL	DINDING PENAHAN TANAH(F'C 20)	BAMBU
Model	-	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC
Jenis	-	*DRAINED*	*DRAINED*	*DRAINED*	*DRAINED*	*DRAINED*	*DRAINED*	*DRAINED*	*DRAINED*	*NON PHORUS*	*NON PHORUS*
γ unsat	kN/m³	9,012	9,132	9,839	11,132	12,679	12,861	12,625	14.48	21,582	8,829
γ sat	kN/m³	15,779	15,792	16,033	16,371	16,519	16,332	16,481	17.8	21,582	3,924
Kx	m/hari	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	$1 \cdot 10^{-3}$	0	0
Ky	m/hari	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0	$1 \cdot 10^{-3}$	0	0
Eref	kN/m²	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	3400	21020000	0
v	-	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
C	kN/m²	11,772	10,792	13,734	29,43	43,164	47,088	44,145	25	387	0,0000002
ϕ	º	2	4	4	14	20	21	22	5	9	75
Ψ	º	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(Sumber : Dokumen Laporan Bulanan PT Adhi Karya)

5.6. Data Beban

1. Beban Lalu Lintas

Beban-beban yang bekerja pada lereng tersebut adalah beban perkerasan,beban lalu lintas dan beban gempa. Data-data yang tertera pada data beban dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut ini.

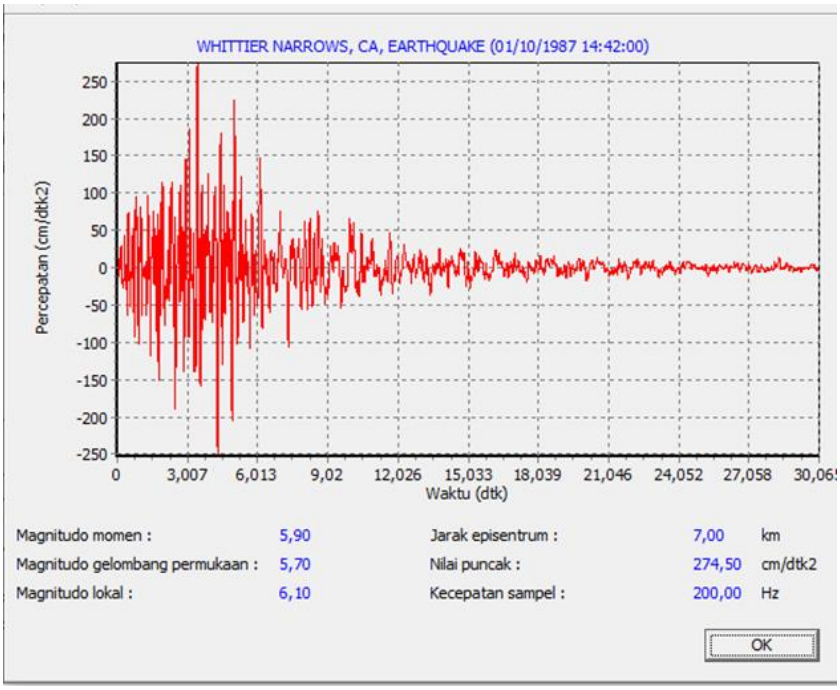
Tabel 5. 22 Data pada Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR)	Beban Lalu Lintas (kN/m2)
Primer	Arteri	Semua	15
	Kolektor	>10.000	15
		<10.000	12
Sekunder	Arteri	>20.000	15
		<20.000	12
	Kolektor	>6000	12
		<6000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2009)

2. Beban Gempa

Faktor beban gempa tetap dimasukan dalam analisis guna memperoleh hasil yang sekomprehensif mungkin. Beban gempa nantinya akan dimasukan dalam kalkulasi pada PLAXIS 8.6. Kalkulasi nantinya dikategorikan menjadi analisis dinamis dikarenakan beban gempa memiliki interval waktu, percepatan, dan sifatnya dinamis. Pada peta zonasi gempa yang diperoleh dari SNI 1726:2012 maka diperoleh percepatan gempa pada lokasi penelitian sebesar 0,3-0,7. Oleh karena itu, waktu interval yang dimasukan dalam program plaxis adalah 3 s. Berikut gambar grafik percepatan gempa dari whitter narrow california dan peta zonasi gempa Indonesia dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8.



Gambar 5. 7 Grafik Hubungan antara Percepatan dan Waktu

(Sumber: Data Gempa Whittier Narrows California, 1987)

Gambar 5. 8 Peta Zonasi Gempa di Indonesia

(Sumber: SNI 1726:2012)

5.7. Data Dinding Penahan Tanah

Dalam perencanaan geoteknik perbaikan lereng mengacu pada data yang diperoleh dari PT. Adhi Karya (persero). Data parameter Dinding Penahan Tanah dapat dilihat dalam Tabel 5.23

Tabel 5. 23 Parameter pada Dinding Penahan Tanah

Properties	**Notasi**	**Nilai**	**Satuan**
Model Material	*Model*	*Elastic Linier*	-
Tipe Material	*Type*	*Non-Porous*	kN/m
Berat Jenis Beton	g	21,582	kN/m^3
Modulus Elastisitas	E	21020000	kN/m^2
Angka Poisson	v	0,2	-
Kuat Tekan Beton	Fc’	20	Mpa

5.8. Data Pondasi Mini Pile

Dalam perencanaan geoteknik perbaikan lereng mengacu pada data yang diperoleh dari PT. Adhi Karya (persero). Data parameter pondasi *mini pile* dapat dilihat dalam Tabel 5.24

Tabel 5. 24 Parameter Pondasi Mini Pile

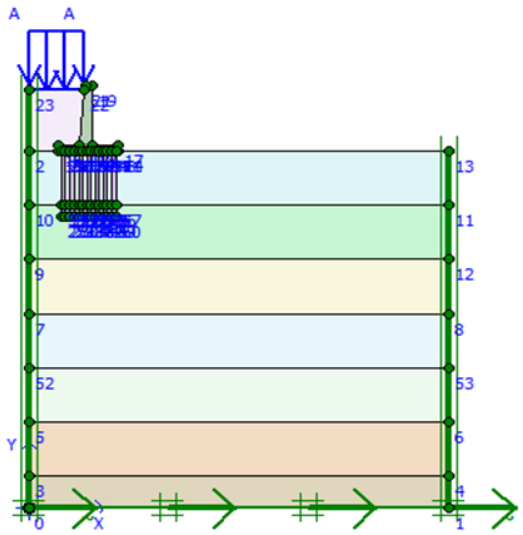
Properties	**Notasi**	**Nilai**	**Satuan**
Model Material	*Model*	*Elastic Linier*	-
Tipe Material	*Type*	*Non-Porous*	kN/m
Berat Jenis bambu	g	24	kN/m^3
Modulus Elastisitas	E	1857000	kN/m^2
Angka Poisson	v	0,15	-

5.9. Analisis Stabilitas Lereng menggunakan Perkuatan Dinding Penahan Tanah dengan Plaxis 8.6

Untuk mengetahui stabilitas dari lereng eksisting maka perlu diketahui angka keamanan (SF) lereng dan juga konsolidasi yang terjadi. Analisis terlebih dahulu dilakukan dengan menggunakan program Plaxis 8.6, apabila ditemukan kondisi

tanah kritis atau bahkan collapse maka diperlukan analisis manual lanjutan untuk mencari SF lereng eksisting.

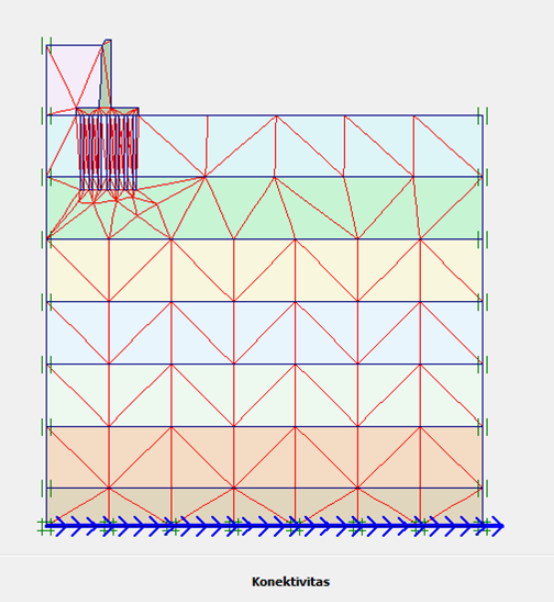
1. Permodelan lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah.



Gambar 5. 9 Permodelan Lereng dengan Perkuatan DPT

(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

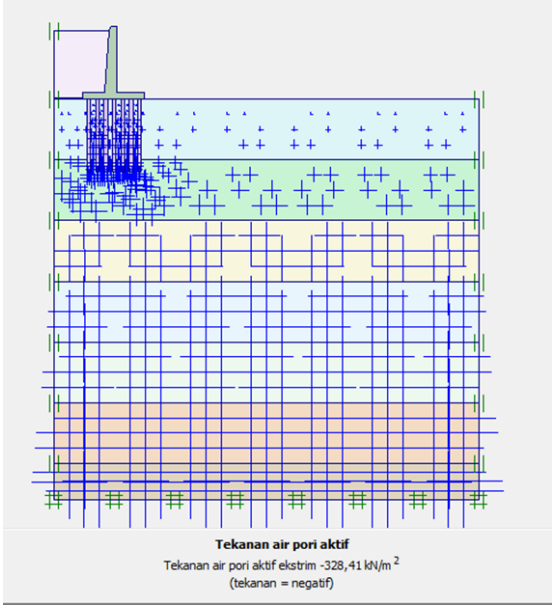
Selanjutnya adalah melakukan penggambaran *meshing* dengan tingkat ketelitian *meshing* yang digunakan adalah pada tingkat medium. Hasil penggambaran general meshing dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.



Gambar 5. 10 *General Meshing* Lereng dengan Perkuatan DPT

(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

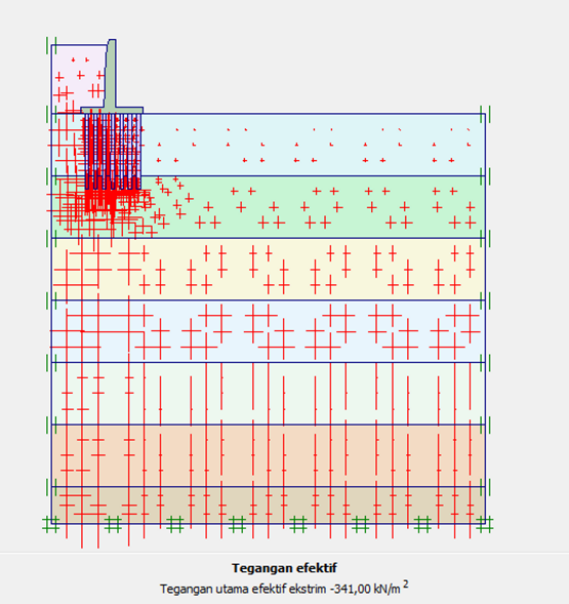
Selanjutnya adalah melakukan input tekanan air pori dengan sebelumnya menentukan tinggi muka air tanah yang dimodelkan dengan kondisi jenuh air. Hasil dari input initial stresses atau tekanan air pori dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini.



Gambar 5. 11 Tekanan Air Pori Lereng dengan Perkuatan DPT

(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

Selanjutnya akan dilanjut menghitung lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah, sebelumnya dilihat dulu tegangan yang dihasilkan dari permodelan lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah. Hasil dari tegangan efektif dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut ini.

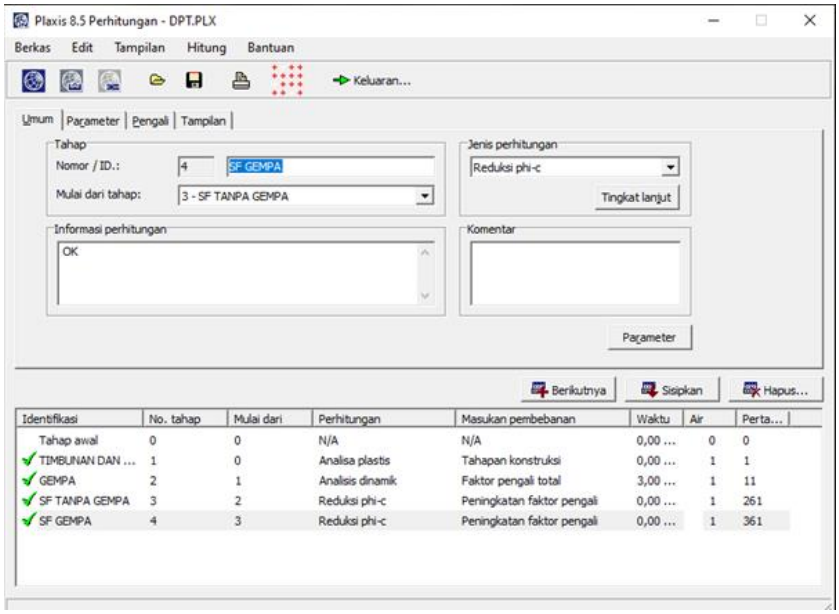


Gambar 5. 12 Tegangan pada Lereng dengan Perkuatan DPT

(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

2. Tahapan kalkulasi pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah.

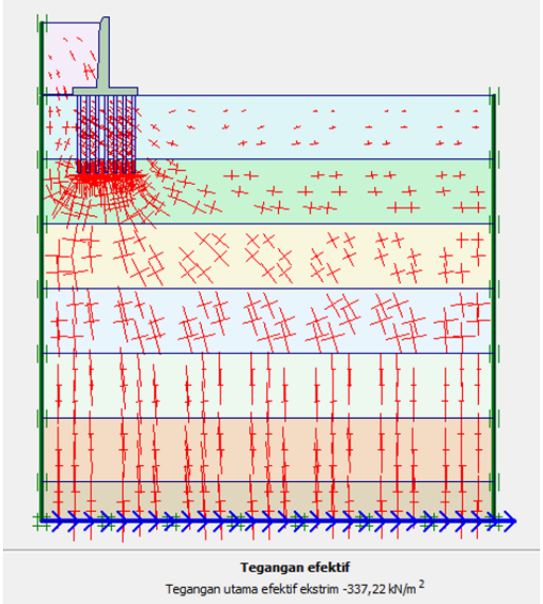
Pada hasil kalkulasi dari analisis pada lereng didapatkan hasil lereng tidak collapse. Hasil keseluruhan dari tahapan kalkulasi dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut ini.



Gambar 5. 13 Tahapan Kalkulasi pada Lereng dengan Perkuatan DPT

(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

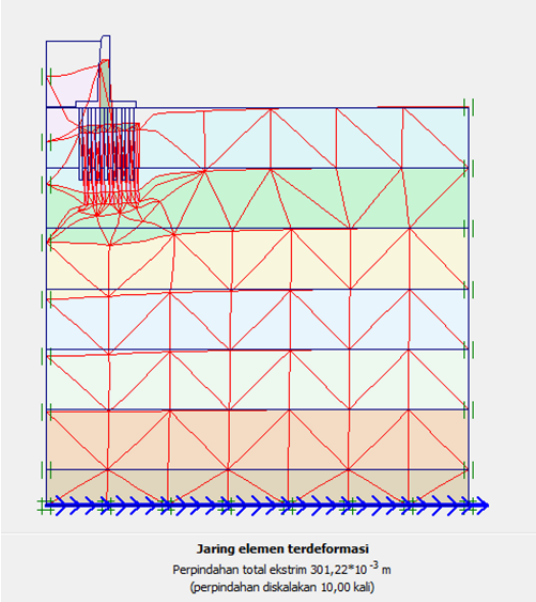
Adapun hasil dari kalkulasi yang sudah diberikan beban merata dan beban gempa adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 14 Tegangan pada Lereng dengan Perkuatan DPT Setelah di Beri Beban

(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

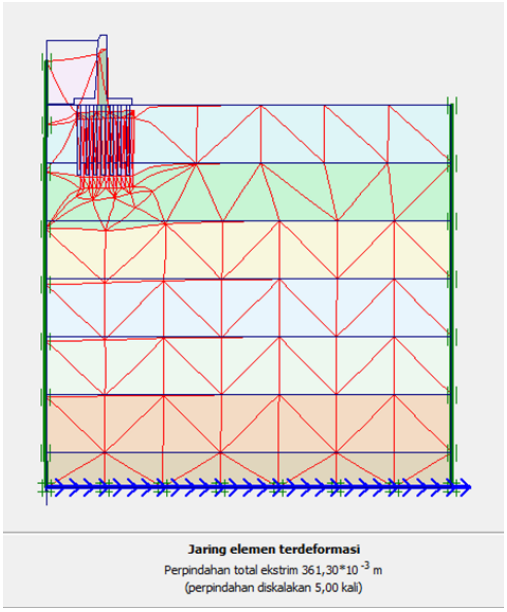
Hasil dari jaringan elemen deformasi (*deformed mesh*) analisis perhitungan Program Plaxis akibat beban timbunan dan beban merata dapat dilihat pada Gambar 5.15



Gambar 5. 15 Hasil *Deformed Mesh* Pemodelan Perkuatan DPT Akibat Beban Merata

(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

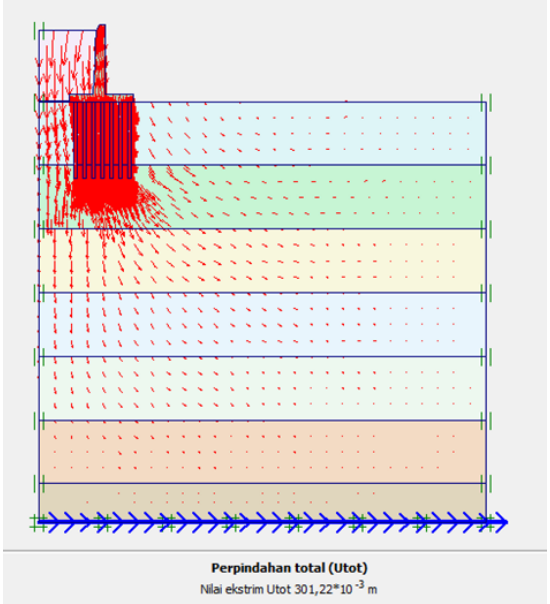
Hasil dari jaringan elemen deformasi (*deformed mesh*) analisis perhitungan Program Plaxis akibat beban Gempa dapat dilihat pada Gambar 5.16



Gambar 5. 16 Hasil Deformed Mesh Pemodelan Perkuatan DPT Akibat Beban Gempa

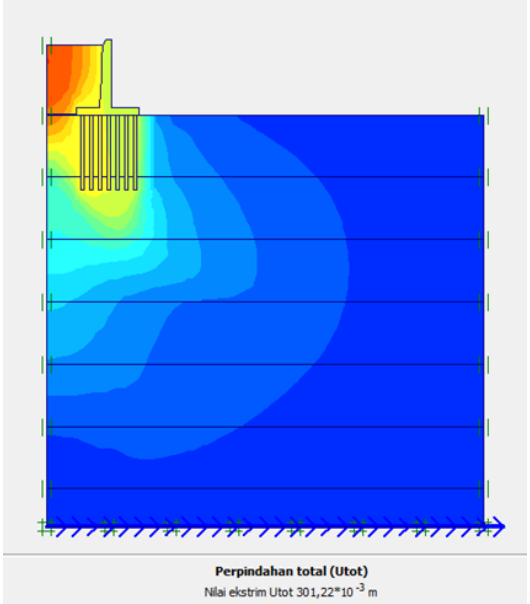
(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

Adapun hasil dari penurunan tanah analisis perhitungan Program Plaxis akibat beban timbunan dan beban merata dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18



Gambar 5. 17 Penurunan tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Tanah Dengan Perkuatan DPT Akibat Beban Merata

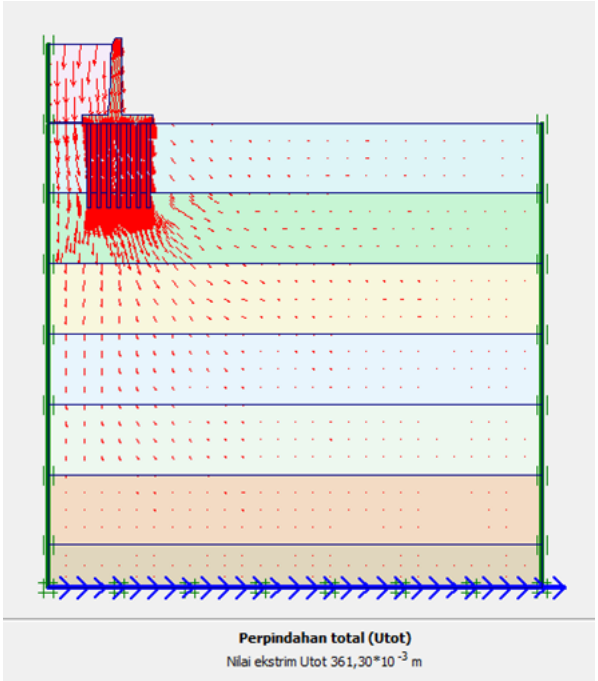
(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)



Gambar 5. 18 Total Displacement Dengan Perkuatan DPT Akibat Beban Merata

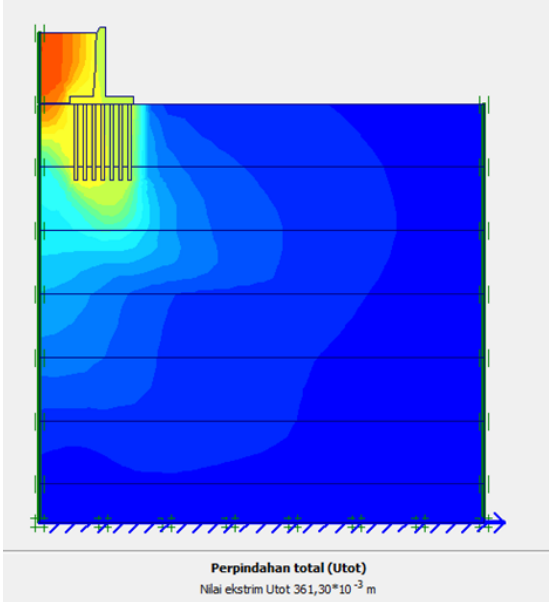
(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

Adapun hasil dari penurunan tanah analisis perhitungan Program Plaxis akibat beban gempa dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20



Gambar 5. 19 Penurunan tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Tanah Dengan Perkuatan DPT Akibat Beban Gempa

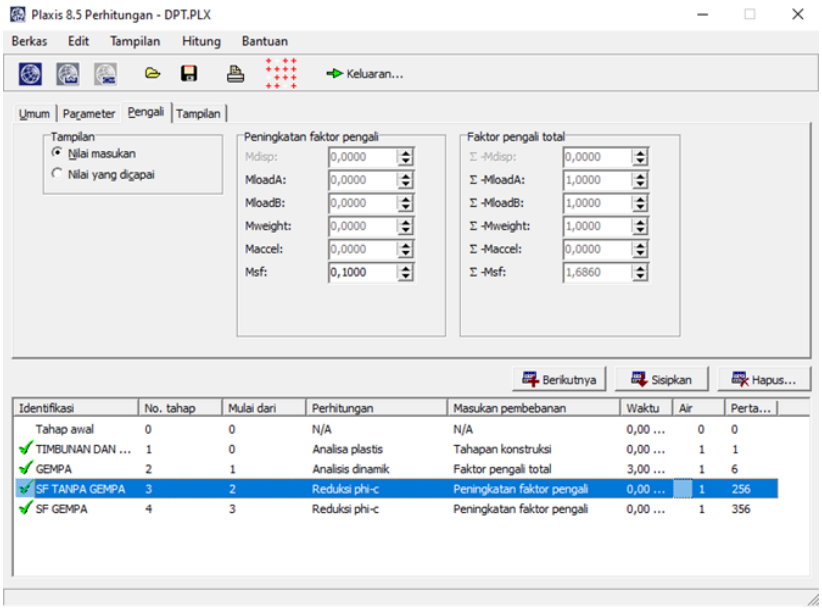
(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)



Gambar 5. 20 *Total Displacement* Dengan Perkuatan DPT Akibat Beban Gempa

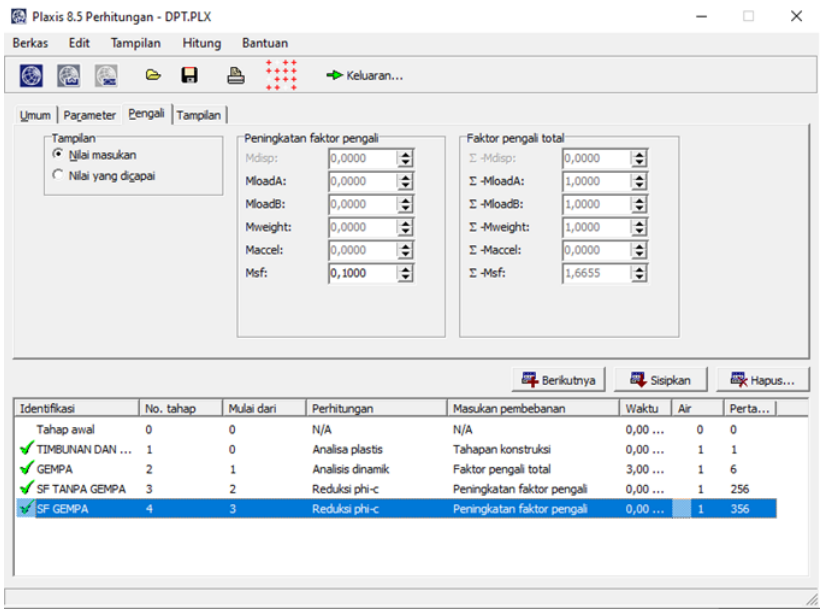
(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

Adapun hasil dari *safety factor* analisis perhitungan Program Plaxis dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Gambar 5.22



Gambar 5. 21 *Safety Factor* dengan Perkuatan DPT Tanpa Beban Gempa

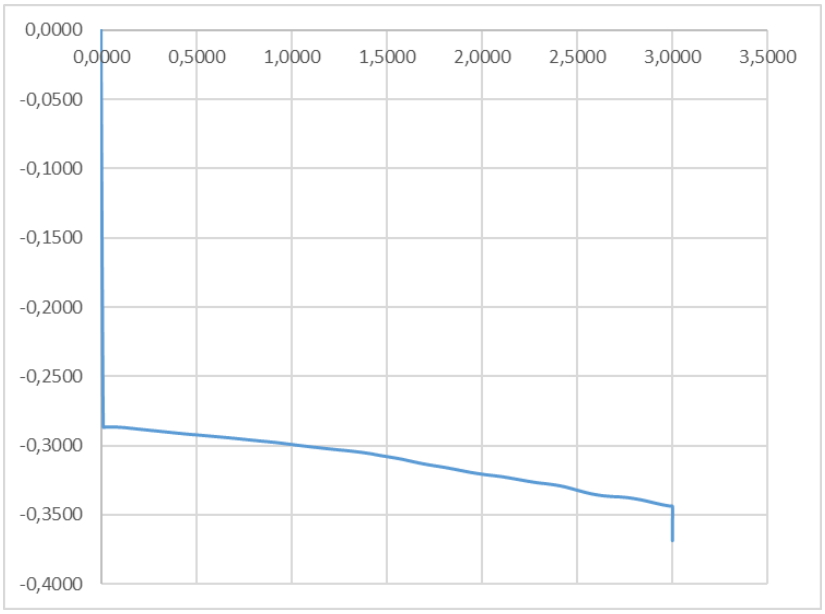
(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)



Gambar 5. 22 Safety Factor dengan Perkuatan DPT dengan Beban Gempa

(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

Grafik penurunan yang dihasilkan dari program Plaxis 8.6 dapat dilihat dalam Gambar 5.23



Gambar 5. 23 Grafik Penurunan dalam Perkuatan Dinding Penahan Tanah

(Sumber: Perhitungan pada Plaxis 8.6)

5.10. Pembahasan

Analisa yang dilakukan pada penelitian stabilitas lereng dengan perkuatan DPT bertujuan untuk mengetahui faktor aman (Safety Factor) pada lereng dan besar penurunan yang terjadi pada lereng tersebut menggunakan Program Plaxis 8.6.

Analisis dilakukan dengan metode manual dan bantuan program Plaxis 8.6. Analisis manual yang dilakukan yaitu, Perhitungan stabilitas lereng untuk mengetahui angka keamanan lereng, perhitungan stabilitas DPT untuk mengetahui keamanan terhadap geser, guling, kapasitas daya dukung tanah dan perhitungan kebutuhan tulangan pada DPT. Analisis dengan bantuan program Plaxis 8.6 digunakan untuk mengetahui angka keamanan global, konsolidasi yang terjadi serta angka kemanan terhadap faktor gempa. Secara umum program Plaxis 8.6 digunakan untuk membantu proses analisis yang membutuhkan sangat banyak iterasi dan sangat sulit jika dilakukan dengan perhitungan manual. Terakhir, parameter beban merata yang digunakan didapatkan dari akumulasi dari beban lalu lintas dan beban perkerasan dengan total 10 kN/m^2.

5.10.1. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan DPT Perhitungan Manual

Hasil stabilitas menggunakan perhitungan manual pada dinding penahan tanah digunakan untuk mengetahui angka faktor kemanan terhadap guling, geser dan kapasitas daya dukung tanah.

Hasil perhitungan yang diperoleh pada dinding penahan tanah terhadap stabilitas guling sebesar 0,895, hasil tersebut belum memenuhi syarat angka aman sebesar 1,5. Hasil terhadap stabilitas geser sebesar 0,711, hasil tersebut juga belum memenuhi angka aman sebesar 1,2, maka perlu dilakukan analisis. Hasil daya dukung ultimit diperoleh 65,61866 kN/m2. Hasil tersebut lalu digunakan untuk kontrol daya dukung, hasil daya dukung tanah minimum sebesar 490,752 T/m2, hasil tersebut telah memenuhi syarat yaitu daya dukung tanah minimum > 0. Hasil daya dukung tanah maksimum diperoleh 896,709 T/m2, hasil tersebut belum memenuhi syarat karena daya dukung ultimit > daya dukung tanah maksimum. Oleh karena itu perlu digunakan tambahan perkuatan mini pile.

5.10.2. Analisis Daya Dukung Mini Pile

Hasil dari perhitungan daya dukung mini pile didapatkan koefisien defleksi tiang yaitu 20,96 , hasil ini telah memenuhi syarat sebesar 2,5. Lalu didapatkan momen minimum sebesar 12,57 kNm dan momen maksimum sebesar 715,894 kNm, hasil dari momen tersebut telah memenuhi syarat sebagaimana momen minimum < momen maksimum. Pada gaya aksial didapatkan gaya aksial maksimum sebesar 278,87 kN, dan tahanan aksial tiang pondasi sebesar 279kN, hasil ini telah memenuhi syarat sebagaimana gaya aksial maksimum < tahanan aksial tiang pondasi. Pada gaya lateral pada tiang pondasi diperoleh tahanan lateral tiang pondasi 14 kN, dan gaya lateral kombinasi dua arah diperoleh 13,54 kN, hasil ini juga memenuhi syarat yaitu gaya lateral kombinasi dua arah < tahanan lateral tiang pondasi.

5.10.3. Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan DPT Menggunakan Plaxis 8.6

Hasil perhitungan dengan menggunakan program Plaxis 8.6 diperoleh tekanan air pori, tegangan efektif, penurunan tanah akibat perkuatan DPT, serta angka keamanan.

Hasil dari tekanan air pori akibat perkuatan DPT sebesar 328,51 kN/m2, tegangan efektif yang didapat adalah 341 kN/m2. Penurunan yang didapat tanpa beban gempa adalah 0,301 m, sedangkan penurunan yang terjadi akibat beban gempa yaitu sebesar 0,361 m. Hasil dari angka aman dari analisis stabilitas lereng dengan perkuatan DPT menggunakan plaxis 8.6 tanpa beban gempa adalah 1,686 hasil ini telah memenuhi syarat, karena angka keamanan global adalah lebih dari 1,5 , sedangkan angka aman dengan beban gempa didapatkan sebesar 1,665 hasil ini juga telah memenuhi syarat dari dari angka keamanan global yaitu lebih dari 1,5.

BAB VI
PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan analisis dengan perhitungan manual terhadap stabilitas dinding penahan tanah didapatkan hasil cek terhadap stabilitas guling memiliki SF sebesar 0,666 < 1,5 , sedangkan cek terhadap stabilitas geser memiliki SF sebesar 0,555 < 1,2, oleh karena itu perlu dilakukan analisis.
2. Berdasarkan analisis daya dukung diperoleh hasil daya dukung tanah minimum sebesar 552,129 kN/m^2 lebih besar daripada 0 sehingga daya dukung Aman. Karena Hasil daya dukung tanah maksimum diperoleh 852,874 kN/m^2 lebih besar daripada daya dukung ultimit sebesar 65,619 kN/m^2 , oleh karena itu perlu perkuatan tiang pancang.
3. Berdasarkan analisis daya dukung tiang diperoleh Hasil dari perhitungan daya dukung mini pile didapatkan koefisien defleksi tiang yaitu 11,8 , momen minimum sebesar 12,57 kNm lebih kecil daripada momen maksimum sebesar 715,894 kNm maka mini pile termasuk Aman, gaya aksial didapatkan gaya aksial maksimum sebesar 173,49 kN kurang dari tahanan aksial tiang sebesar 279 kN, maka mini pile termasuk Aman, gaya lateral pada tiang pondasi diperoleh tahanan lateral tiang pondasi 14 kN lebih besar daripada gaya lateral kombinasi dua arah diperoleh 10,03 kN maka *mini pile* termasuk aman.
4. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan bantuan software PLAXIS 8.6 diperoleh SF tanpa beban gempa sebesar 1,686 dengan penurunan 0,301 m dan SF dengan beban gempa sebesar 1,665 dengan penurunan 0,361 m..

6.2. Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan penulis pada tugas akhir ini untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Pemodelan selanjutnya dapat menggunakan program lain, seperti Geo5, Geoslope/W, dan lain-lain.
2. Menambahkan perhitungan recana anggaran biaya (RAB) pada perkuatan yang ditinjau.

DAFTAR PUSTAKA

Azis, S. dan Bagus, M. 1998. *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Dengan Pembesaran Ujung Bawah Dan Selimut Pasir Pada Tanah Lempung*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

Bowles, J.E.,1977, Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, Tokyo, Japan.

Carter, M. and Bentley, S, P. 1991. *Correlations of Soils Properties.* Pentech Press Limited. United Kingdom.

Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.

Das, B. M. 1988. *Mekanika Tanah Jilid (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik).* Erlangga. Jakarta.

Eva, Z. N. 2019. *Analisis Perkuatan Tanah Dengan Menggunakan Dinding Penahan Tanah Beton Bertulang Dan Dinding Turap Baja Dengan Program Plaxis 8.6 Pada Sungai Pabelan*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah jilid I.* Gajahmada University Press. Yogyakarta.

Hardiyatmo, H.C. 2002. *Mekanika Tanah jilid II.* Gajahmada University Press. Yogyakarta.

Hardiyatmo, H.C. 2002. *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan.* Gajahmada University Press. Yogyakarta.

Hafidz, A. B. 2018. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Menggunakan Perkuatan Geotekstil (Studi Kasus Pada Jalan Tol Semarang Solo Sta 2+200)*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Jateng, T. 2019. *Kementrian PU PR Gelontarkan Rp. 223 miliar Bangun Jalur Lingkar Utara Brebes-Tegal*. (https://jateng.tribunnews.com/2019/12/17/kementerian-pupr-gelontorkan-rp-223-miliar-bangun-jalur-lingkar-utara-brebes-tegal?page=3. Diakses pada November 2020).

Karya, P. A. 2020. Dokumen Laporan Bulanan Proyek Lingkar Utara Brebes-Tegal. Tegal.

Karya, P. A. 2020. Dokumen Potongan Melintang Proyek Lingkar Utara Brebes-Tegal. Tegal.

McCormac, Jack. C. 2003. *Desain Beton Bertulang Jilid 2 :* (https://books.google.co.id/books?id=94NLTi0dEycC&printsec=frontcover&hl=id#v=onepage&q&f=false. Diakses pada November 2020).

(Anonim) .2017. *Modul Pelatihan Plaxis Versi 8.* Plaxis. Bandung.

Nasional, B. S. 2010. Standar Perencanaan Irigasi. Jakarta.

Nasional, B. S. 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta.

Nasional, B. S. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta.

Nizar, S. I. 2020. *Analisis Stabilitas Timbunan Tanah dengan Perkuatan Geotekstil menggunakan Program Plaxis 8.6*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

Ratih, W. dan Maryanto. 2000. *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Geotekstil Pada Jalan Tol Seksi C Semarang*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

Sabrina, S. 2014. *Geologi Dan Kestabilan Lereng Berdasarkan Kriteria Runtuh Hoek & Brown Dan Mohr – Coulumb Untuk Menentukan Faktor Keamanan Derah Karanggayam Dan Sekitarnya, Kecamatan Karanggayam,*

Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah. (Tidak Diterbitkan). Universitas Pembangunan Nasional. Yogyakarta

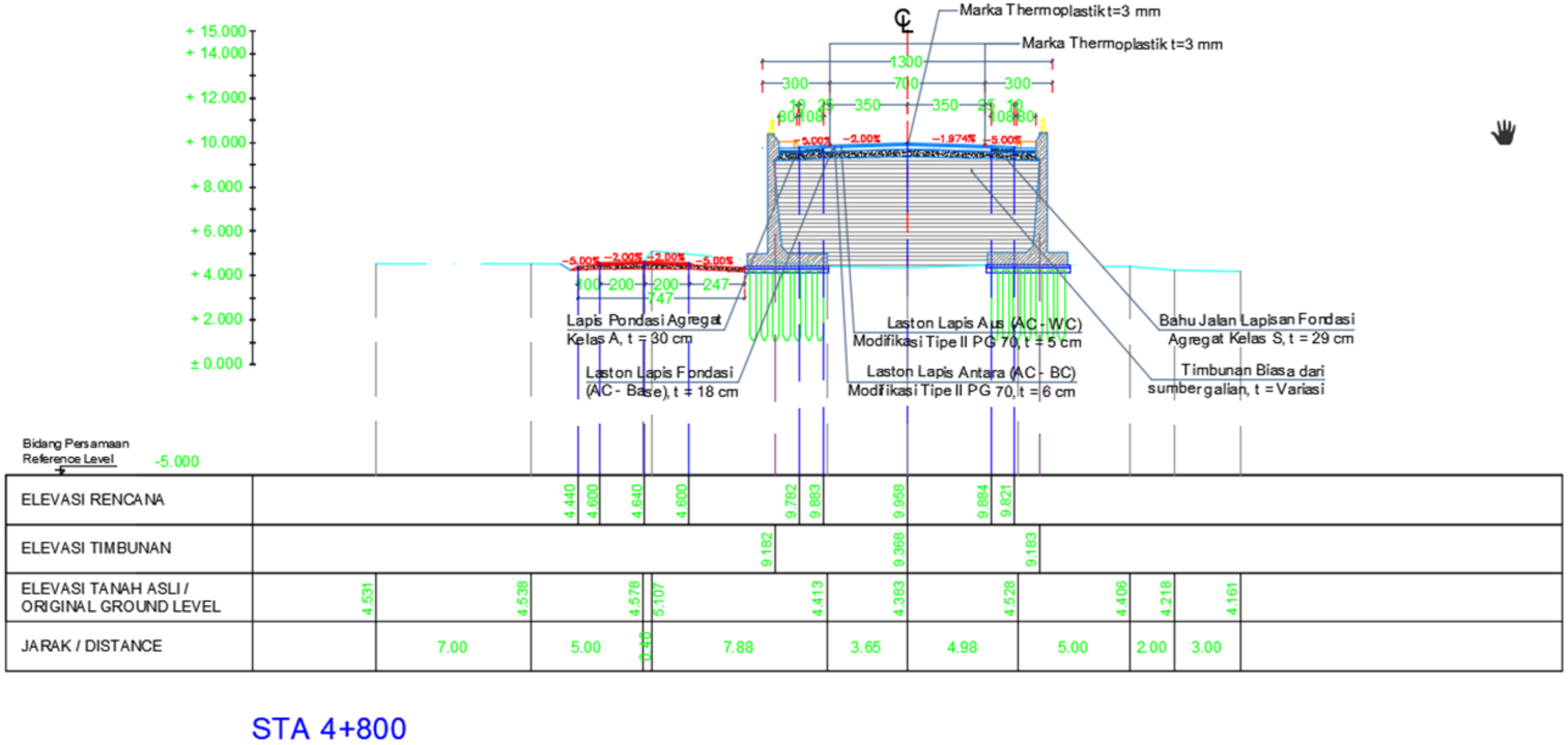
Supriyadi, M dan Yandi, S. 1996. *Perancangan Subgrade Jalan Raya pada Tanah Gambut Menggunakan Tiang Cerucuk*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta

Susi, H. dan Yohan, R. G. 2007. *Program Analisis Stabilitas Lereng*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Diponegoro. Semarang.

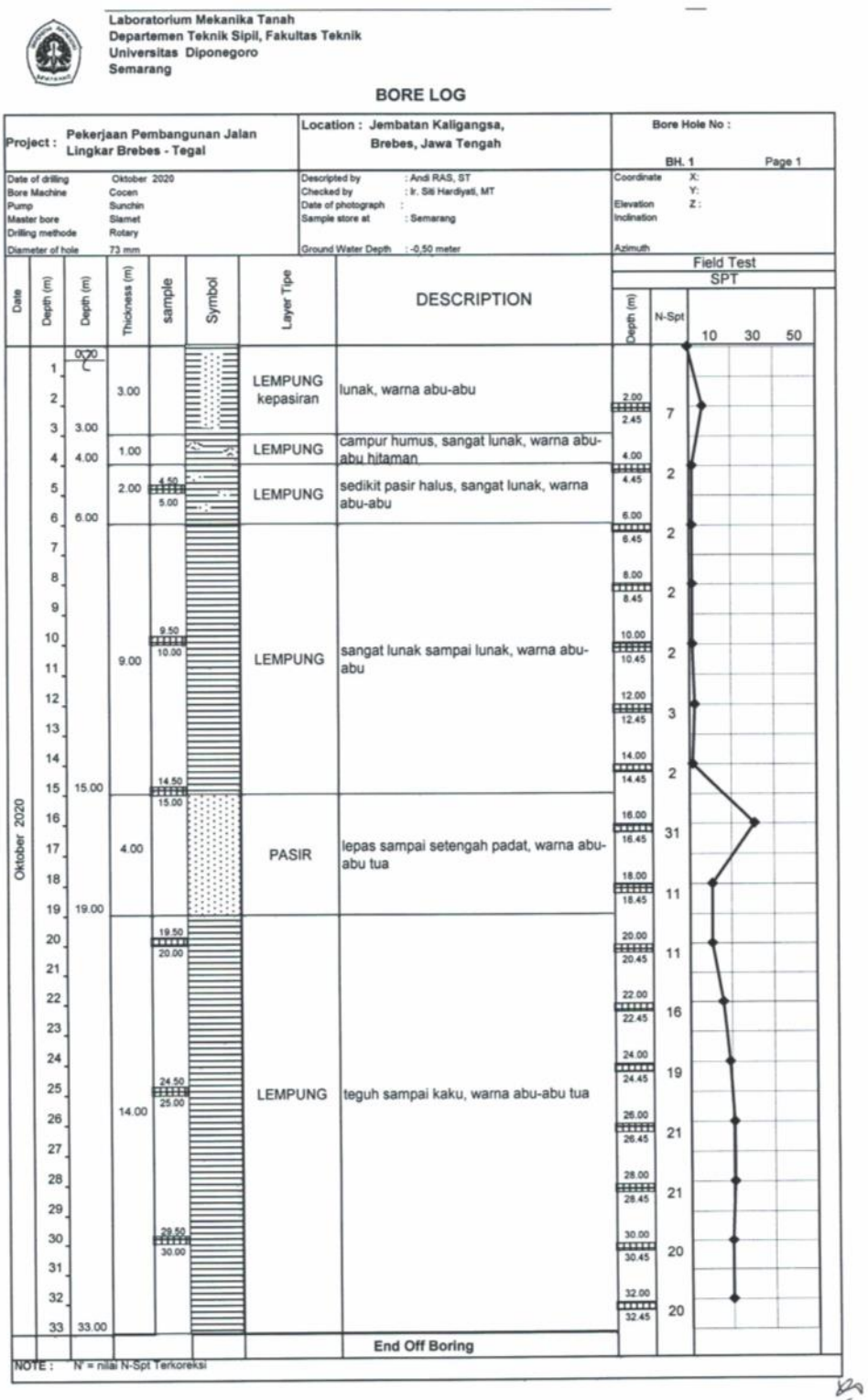
Zakaria, Z. 2009. Analisis Kestabilan Lereng Tanah, 3. (Tidak Diterbitkan). Universitas Padjadjaran. Bandung.

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1Potongan Melintang Sta 4+800



Lampiran 1. 2 Hasil Data Pengujian N-SPT



Laboratorium Mekanika Tanah
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro
Semarang

BORE LOG

Project : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal		Location : Jembatan Kaligangsa, Brebes, Jawa Tengah	Bore Hole No : BH. 1 Page 1
Date of drilling : Oktober 2020		Descripted by : Andi RAS, ST	Coordinate X: Y:
Bore Machine : Cocen		Checked by : Ir. Siti Hardiyati, MT	Elevation Z :
Pump : Sunchin		Date of photograph :	Inclination
Master bore : Slamet		Sample store at : Semarang	
Drilling methode : Rotary		Ground Water Depth : -0,50 meter	Azimuth
Diameter of hole : 73 mm			

Date	Depth (m)	Depth (m)	Thickness (m)	sample	Symbol	Layer Tipe	DESCRIPTION	Field Test SPT Depth (m)	N-Spt
Oktober 2020	1	0.00							
	2		3.00			LEMPUNG kepasiran	lunak, warna abu-abu	2.00 – 2.45	7
	3	3.00							
	4	4.00	1.00			LEMPUNG	campur humus, sangat lunak, warna abu-abu hitaman	4.00 – 4.45	2
	5		2.00	4.50 – 5.00		LEMPUNG	sedikit pasir halus, sangat lunak, warna abu-abu	6.00 – 6.45	2
	6	6.00						8.00 – 8.45	2
	7							10.00 – 10.45	2
	8							12.00 – 12.45	3
	9							14.00 – 14.45	2
	10		9.00	9.50 – 10.00		LEMPUNG	sangat lunak sampai lunak, warna abu-abu	16.00 – 16.45	31
	11							18.00 – 18.45	11
	12							20.00 – 20.45	11
	13							22.00 – 22.45	16
	14							24.00 – 24.45	19
	15	15.00		14.50 – 15.00				26.00 – 26.45	21
	16							28.00 – 28.45	21
	17		4.00			PASIR	lepas sampai setengah padat, warna abu-abu tua	30.00 – 30.45	20
	18							32.00 – 32.45	20
	19	19.00							
	20			19.50 – 20.00					
	21								
	22								
	23								
	24								
	25		14.00	24.50 – 25.00		LEMPUNG	teguh sampai kaku, warna abu-abu tua		
	26								
	27								
	28								
	29								
	30			29.50 – 30.00					
	31								
	32								
	33	33.00					End Off Boring		

NOTE : N' = nilai N-Spt Terkoreksi

Lampiran 1. 3 Parameter Tanah Lapisan 1

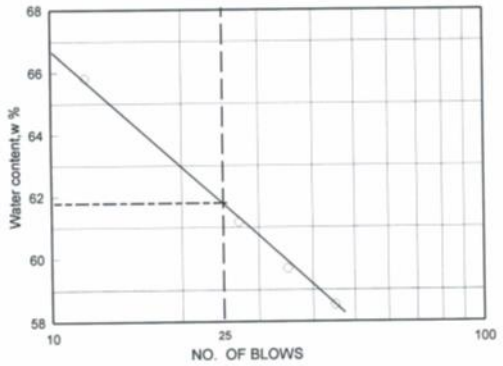
SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT, ENGINEERING FACULTY
DIPONEGORO UNIVERSITY
SEMARANG

LIQUID AND PLASTIC LIMIT TEST

PROJECT : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal
LOCATION : Jembatan Kaligangsa, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah
BORING NO : BH. 1 Depth: -04,50-05,00 Meter
Laboran : Solikin Hari

LIQUID LIMIT DETERMINATION

NO. OF BLOWS		45	35	27	12
Can no		310	207	312	301
Wt. of wet soil + can	gr	16.77	13.15	12.33	17.44
Wt. of dry soil + can	gr	12.86	10.53	10.03	13.05
Wt. of can	gr	6.18	6.14	6.27	6.38
Wt. of dry soil	gr	6.68	4.39	3.76	6.67
Wt. of moisture	gr	3.91	2.62	2.30	4.39
Water Content (w)	(%)	58.53	59.68	61.17	65.82



Flow index fi	=	
Liquid Limit	=	62.80
Plastic Limit	=	34.50
Plastisity Index	=	28.30

PLASTIC LIMIT DETERMINATION

Can no		910	
Wt. of wet soil + can	gr	20.85	
Wt. of dry soil + can	gr	16.90	
Wt. of can	gr	5.45	
Wt. of dry soil	gr	11.45	
Wt. of moisture	gr	3.95	
Water Content (w)	%	34.50	

Tenaga Ahli

Ir. Siti Hrdiyati, MT.

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

DR. Yulita Arni Priastiwi, ST., MT.

Lampiran 1. 4 Parameter Tanah Lapisan 2

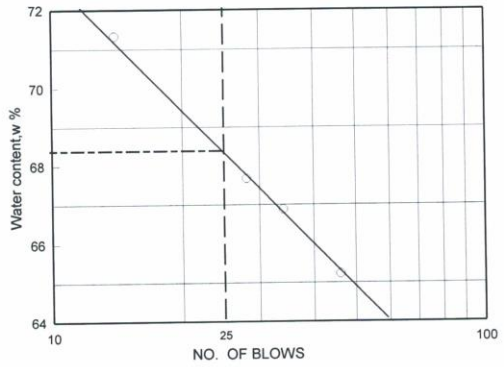
SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT, ENGINEERING FACULTY
DIPONEGORO UNIVERSITY
SEMARANG

LIQUID AND PLASTIC LIMIT TEST

PROJECT : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal
LOCATION : Jembatan Kaligangsa, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah
BORING NO : BH. 1 Depth: -09,50-10,00 Meter
Laboran : Solikin Hari

LIQUID LIMIT DETERMINATION

NO. OF BLOWS		46	34	28	14
Can no		314	305	316	313
Wt. of wet soil + can	gr	14.99	16.70	14.86	13.57
Wt. of dry soil + can	gr	11.50	12.62	11.49	10.41
Wt. of can	gr	6.15	6.52	6.51	5.98
Wt. of dry soil	gr	5.35	6.10	4.98	4.43
Wt. of moisture	gr	3.49	4.08	3.37	3.16
Water Content (w)	(%)	65.23	66.89	67.67	71.33



Flow index fi	=	
Liquid Limit	=	68.40
Plastic Limit	=	35.26
Plastisity Index	=	33.14

PLASTIC LIMIT DETERMINATION

Can no		918	
Wt. of wet soil + can	gr	18.57	
Wt. of dry soil + can	gr	15.16	
Wt. of can	gr	5.49	
Wt. of dry soil	gr	9.67	
Wt. of moisture	gr	3.41	
Water Content (w)	%	35.26	

Tenaga Ahli

Ir. Siti Hrdiyati, MT.

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

DR. Yulita Arni Priastiwi, ST., MT.

Lampiran 1. 5 Parameter tanah Lapisan 3

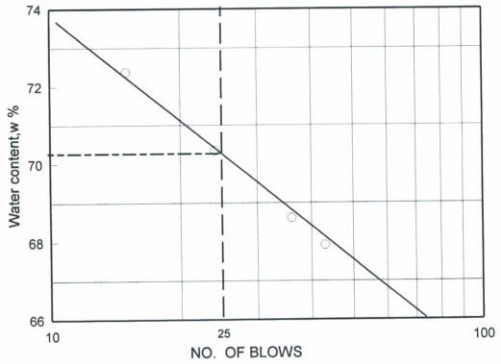
SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT, ENGINEERING FACULTY
DIPONEGORO UNIVERSITY
SEMARANG

LIQUID AND PLASTIC LIMIT TEST

PROJECT : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal
LOCATION : Jembatan Kaligangsa, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah
BORING NO : BH. 1 Depth: -14,50-15,00 Meter
Laboran : Solikin Hari

LIQUID LIMIT DETERMINATION

NO. OF BLOWS		43	36	24	15
Can no		306	318	309	317
Wt. of wet soil + can	gr	18.48	15.28	12.10	16.18
Wt. of dry soil + can	gr	13.61	11.52	9.68	12.04
Wt. of can	gr	6.44	6.04	6.24	6.32
Wt. of dry soil	gr	7.17	5.48	3.44	5.72
Wt. of moisture	gr	4.87	3.76	2.42	4.14
Water Content (w)	(%)	67.92	68.61	70.35	72.38



Flow index fi	=	
Liquid Limit	=	70.30
Plastic Limit	=	34.22
Plastisity Index	=	36.08

PLASTIC LIMIT DETERMINATION

Can no		917	
Wt. of wet soil + can	gr	17.61	
Wt. of dry soil + can	gr	14.52	
Wt. of can	gr	5.49	
Wt. of dry soil	gr	9.03	
Wt. of moisture	gr	3.09	
Water Content (w)	%	34.22	

Tenaga Ahli

Ir. Siti Hrdiyati, MT.

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

DR. Yulita Arni Priastiwi, ST., MT.

Lampiran 1. 6 Parameter Tanah Lapisan 4

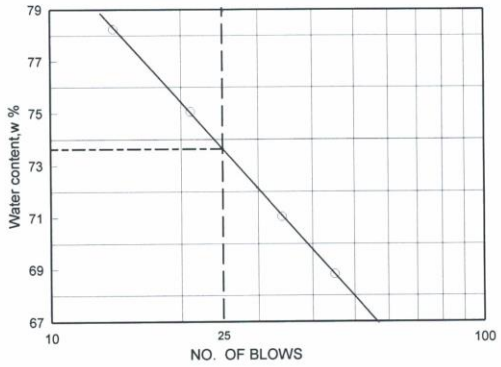
SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT, ENGINEERING FACULTY
DIPONEGORO UNIVERSITY
SEMARANG

LIQUID AND PLASTIC LIMIT TEST

PROJECT : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal
LOCATION : Jembatan Kaligangsa, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah
BORING NO : BH. 1 Depth: -19,50-20,00 Meter
Laboran : Solikin Hari

LIQUID LIMIT DETERMINATION

NO. OF BLOWS		45	34	21	14
Can no		157	151	61	206
Wt. of wet soil + can	gr	18.67	15.42	19.80	16.03
Wt. of dry soil + can	gr	14.30	10.78	13.18	10.85
Wt. of can	gr	7.95	4.25	4.36	4.23
Wt. of dry soil	gr	6.35	6.53	8.82	6.62
Wt. of moisture	gr	4.37	4.64	6.62	5.18
Water Content (w)	(%)	68.82	71.06	75.06	78.25



Flow index fi	=	
Liquid Limit	=	73.60
Plastic Limit	=	34.46
Plastisity Index	=	39.14

PLASTIC LIMIT DETERMINATION

Can no		147	
Wt. of wet soil + can	gr	13.29	
Wt. of dry soil + can	gr	11.66	
Wt. of can	gr	6.93	
Wt. of dry soil	gr	4.73	
Wt. of moisture	gr	1.63	
Water Content (w)	%	34.46	

Tenaga Ahli

Ir. Siti Hrdiyati, MT.

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

DR. Yulita Arni Priastiwi, ST., MT.

Lampiran 1. 7 Parameter Tanah Lapisan 5

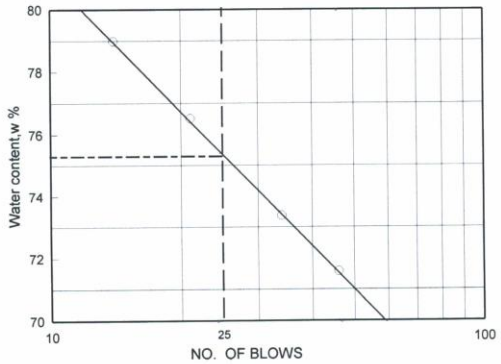
SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT, ENGINEERING FACULTY
DIPONEGORO UNIVERSITY
SEMARANG

LIQUID AND PLASTIC LIMIT TEST

PROJECT : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal
LOCATION : Jembatan Kaligangsa, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah
BORING NO : BH. 1 Depth: -24,50-25,00 Meter
Laboran : Solikin Hari

LIQUID LIMIT DETERMINATION

NO. OF BLOWS		46	34	21	14
Can no		230	54	15	166
Wt. of wet soil + can	gr	14.14	17.61	20.00	17.70
Wt. of dry soil + can	gr	10.11	13.20	14.20	11.80
Wt. of can	gr	4.48	7.19	6.62	4.33
Wt. of dry soil	gr	5.63	6.01	7.58	7.47
Wt. of moisture	gr	4.03	4.41	5.80	5.90
Water Content (w)	(%)	71.58	73.38	76.52	78.98



Flow index fi	=	
Liquid Limit	=	75.20
Plastic Limit	=	35.12
Plastisity Index	=	40.08

PLASTIC LIMIT DETERMINATION

Can no		65	
Wt. of wet soil + can	gr	14.78	
Wt. of dry soil + can	gr	12.75	
Wt. of can	gr	6.97	
Wt. of dry soil	gr	5.78	
Wt. of moisture	gr	2.03	
Water Content (w)	%	35.12	

Tenaga Ahli

Ir. Siti Hrdiyati, MT.

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

DR. Yulita Arni Priastiwi, ST., MT.

Lampiran 1. 8 Parameter Tanah Lapisan 6

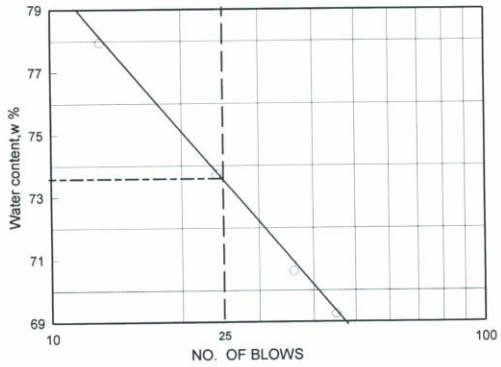
SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT, ENGINEERING FACULTY
DIPONEGORO UNIVERSITY
SEMARANG

LIQUID AND PLASTIC LIMIT TEST

PROJECT : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal
LOCATION : Jembatan Kaligangsa, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah
BORING NO : BH. 1 Depth: -29,50-30,00 Meter
Laboran : Solikin Hari

LIQUID LIMIT DETERMINATION

NO. OF BLOWS		45	36	24	13
Can no		304	308	303	916
Wt. of wet soil + can	gr	16.31	16.90	18.43	12.40
Wt. of dry soil + can	gr	12.21	12.50	13.38	9.36
Wt. of can	gr	6.29	6.27	6.53	5.46
Wt. of dry soil	gr	5.92	6.23	6.85	3.90
Wt. of moisture	gr	4.10	4.40	5.05	3.04
Water Content (w)	(%)	69.26	70.63	73.72	77.95



Flow index fi	=	
Liquid Limit	=	73.70
Plastic Limit	=	35.09
Plastisity Index	=	38.61

PLASTIC LIMIT DETERMINATION

Can no		903	
Wt. of wet soil + can	gr	19.99	
Wt. of dry soil + can	gr	16.39	
Wt. of can	gr	6.13	
Wt. of dry soil	gr	10.26	
Wt. of moisture	gr	3.60	
Water Content (w)	%	35.09	

Tenaga Ahli

Ir. Siti Hrdiyati, MT.

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

DR. Yulita Arni Priastiwi, ST., MT.

Lampiran 1. 9 Parameter Tanah Lapisan 7

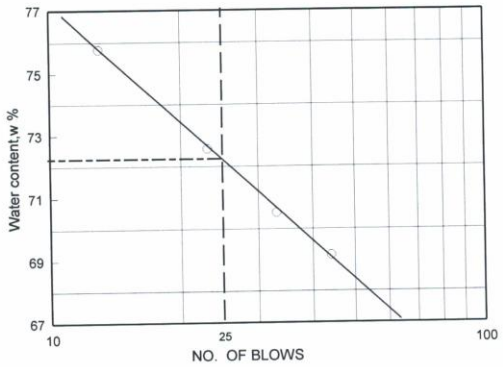
SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT, ENGINEERING FACULTY
DIPONEGORO UNIVERSITY
SEMARANG

LIQUID AND PLASTIC LIMIT TEST

PROJECT : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal
LOCATION : Jembatan Kaligangsa, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah
BORING NO : BH. 1 Depth: -32,50-33,00 Meter
Laboran : Solikin Hari

LIQUID LIMIT DETERMINATION

NO. OF BLOWS		44	33	23	13
Can no		311	315	921	923
Wt. of wet soil + can	gr	16.04	15.58	18.27	11.96
Wt. of dry soil + can	gr	11.98	11.68	12.74	9.27
Wt. of can	gr	6.11	6.15	5.12	5.72
Wt. of dry soil	gr	5.87	5.53	7.62	3.55
Wt. of moisture	gr	4.06	3.90	5.53	2.69
Water Content (w)	(%)	69.17	70.52	72.57	75.77



Flow index fi	=	
Liquid Limit	=	72.20
Plastic Limit	=	34.13
Plastisity Index	=	38.07

PLASTIC LIMIT DETERMINATION

Can no		909	
Wt. of wet soil + can	gr	16.05	
Wt. of dry soil + can	gr	13.35	
Wt. of can	gr	5.44	
Wt. of dry soil	gr	7.91	
Wt. of moisture	gr	2.70	
Water Content (w)	%	34.13	

Tenaga Ahli

Ir. Siti Hrdiyati, MT.

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium

DR. Yulita Arni Priastiwi, ST., MT.

Lampiran 1. 10 Paramter Tanah Semua Lapisan

SOIL MECHANICS LABORATORY CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT ENGINEERING FACULTY DIPONEGORO UNIVERSITY SEMARANG	SOIL TEST	PROJECT : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal LOCATION : Jembatan Kaligangsa, Brebes, Jawa Tengah BORING : BH. 1 Laboran : Solikin Hari Raharja

No.	Boring No.	Sample Code	Depth (m)	Water Content (w) %	Spesific Grafity Of Solid (Gs)	Unit weight γ gr/cm3	Dry Unit Weight γ_d gr/cm3	porosity (n) %	Void Ratio (e)
1	: BH. 1	1	-04,50 - 05,00	75,09	2,6001	1,6085	0,9187	64,67	1,8304
2		2	-09,50 - 10,00	72,99	2,6086	1,6104	0,9309	64,32	1,8023
3		3	-14,50 - 15,00	62,96	2,6258	1,6344	1,0030	61,80	1,6181
4		4	-19,50 - 20,00	47,07	2,6573	1,6689	1,1348	57,30	1,3417

Lampiran 1. 11 Parameter Tanah Semua lapisan

SOIL MECHANICS LABORATORY
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
ENGINEERING FACULTY
DIPONEGORO UNIVERSITY
SEMARANG

SOIL TEST

PROJECT : Pekerjaan Pembangunan Jalan Lingkar Brebes - Tegal
LOCATION : Jembatan Kaligangsa, Brebes, Jawa Tengah
BORING : BH. 1
Laboran : Solikin Hari Raharja

No.	Boring No.	Sample Code	Depth (m)	Water Content (w) %	Spesific Grafity Of Solid (Gs)	Unit weight γ gr/cm3	Dry Unit Weight γ_d gr/cm3	porosity (n) %	Void Ratio (e)
5	: BH. 1	5	-24,50 - 25,00	30,28	2,6734	1,6839	1,2925	51,65	1,0684
6		6	-29,50 - 30,00	28,94	2,6842	1,6905	1,3111	51,15	1,0472
7		7	-32,50 - 33,00	30,55	2,6780	1,6801	1,2870	51,94	1,0809

Lampiran 1. 12 Data Mini Pile

D (mm)	Type	T (mm)	W (t/m)	Mcr (t.m)	P(ton)	L(m)
					ACI 543	
300	A2 A3 B C	60	0.113	2,5 3,0 3,5 4,0	72,87 69,47 67,59 63,83	6-13 6-13 6-13 6-13
350	A1 A3 B C	65	0.151	3,5 4,2 5,0 6,0	93,94 92,06 88,30 84,54	6-15 6-15 6-15 6-15
400	A2 A3 B C	75	0.199	5,5 6,5 7,5 9,0	124,09 120,34 116,58 110,94	6-15 6-15 6-15 6-15