

PENGARUH KONSISTENSI TANAH DAN MODULUS PENAMPANG TURAP BAJA TERHADAP KEDALAMAN GALIAN TURAP BAJA

Enrimon Elyasaf
NRP: 1321018

Pembimbing: Hanny Juliany Dani, S.T., M.T.

ABSTRAK

Dinding penahan tanah sudah banyak digunakan dimanapun, baik dalam pembuatan dermaga, pembuatan jalan, dan lain-lain. *Sheet pile wall* dapat digunakan untuk kedalaman cukup tinggi dan mudah untuk digunakan, sehingga sangat umum digunakan. Tanah lempung atau tanah kohesif seringkali dapat menimbulkan masalah dalam membuat fondasi maupun dinding penahan tanah. Pada tanah kohesif terdapat beberapa jenis konsistensi, antara lain: sangat lunak (*very soft*), lunak (*soft*), sedang (*medium*), teguh (*stiff*), sangat teguh (*very stiff*), dan keras (*hard*). Beberapa jenis dinding pancang turap, yaitu: turap kayu, turap beton bertulang, dan turap baja.

Data tanah yang digunakan adalah tanah kohesif dengan konsistensi lunak (*soft*) dengan N-SPT 4 dan sedang (*medium*) dengan N-SPT 8. Dinding penahan tanah yang digunakan adalah dinding pancang turap baja. Pemodelan dinding yang digunakan adalah dinding turap kantilever menggunakan profil baja ESZ24-700, ESZ28-700, dan CRZ33-675 yang diambil dari ESC PILE. Kedalaman galian yang direncanakan adalah 4m. Pemodelan ini dibagi menjadi dua, yaitu tanah yang diberikan beban dan tanah tanpa beban apapun. Beban yang direncanakan adalah $4,79\text{kN/m}^2$ sepanjang 5m. Analisis yang dilakukan menggunakan Plaxis 2D.

Hasil *output* Plaxis 2D dapat disimpulkan seluruh defleksi, penurunan turap, *bending moment* dan penurunan tanah memenuhi syarat batas yang ditentukan. Pada konsistensi *medium* tanpa beban tidak diperlukan pemancangan turap karena tanah mempunyai sifat lekat dengan kedalaman kritis sebesar 10m yang lebih besar dari kedalaman galian sebesar 4m. Nilai modulus penampang lebih berpengaruh terhadap nilai defleksi dibandingkan dengan faktor keamanan dan penurunan. CRZ33-675 mempunyai defleksi, penurunan tanah dan penurunan turap paling kecil baik dalam konsistensi lunak dan sedang untuk setiap kondisi.

Kata kunci: turap, faktor keamanan, defleksi, penurunan, kedalaman galian, konsistensi tanah, modulus penampang

EFFECT OF SOIL CONSISTENCY AND SECTION MODULUS STEEL SHEET PILE ON DEPTH OF EXCAVATION OF CANTILEVER SHEET PILE

**Enrimon Elyasaf
NRP: 1321018**

Supervisor: Hanny Juliany Dani, S.T., M.T.

ABSTRACT

Retaining walls are widely used everywhere, both in dock making, road construction, and others. Sheet pile wall can be used for high enough depth and easy to use, so it is very commonly used. Clay or cohesive soils can often cause problems in making foundations and retaining walls. In cohesive soils there are several types of consistency, including: very soft, soft, medium, stiff, very stiff, and hard. Some types of plaster walls, namely: wooden plaster, reinforced concrete slabs, and steel sheet piles.

The soil data used is cohesive soil with soft consistency with N-SPT 4 and medium (medium) with N-SPT 8. The retaining wall used is steel plaster walls. The wall modeling used is cantilevered plaster walls using ESZ24-700, ESZ28-700, and CRZ33-675 steel profiles taken from ESC PILE. The planned drilling depth is 4m. This modeling is divided into two, ie the loaded soil and the ground without any load. The planned load is 4.79kN/m^2 along 5m. Analysis performed using 2D Plaxis.

The result of 2D Plaxis output can be concluded that all deflections, settlement of sheet pile, bending moment and soil settlement meet the boundary conditions specified. In the consistency of the medium without the load is not required erection of sheet pile because the soil has an adhesive properties with a critical depth of 10m greater than the depth of excavation of 4m. The cross sectional modulus value has more influence to the deflection value than the security factor and settlement. CRZ33-675 has the slightest deflection, soil drop and soil drop in both soft and moderate consistency for each condition.

keyword: sheet pile, safety factors, deflection, settlement, depth of excavation, soil consistency, section modulus

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN.....	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	iv
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR	v
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Sistematika Penulisan	3
1.5 Lisensi Perangkat Lunak.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Definisi Tanah	4
2.2 Karakteristik Fisis Tanah.....	5
2.2.1 Sifat dan Struktur Tanah Granular (Non-Kohesif).....	5
2.2.2 Sifat dan Struktur Tanah Kohesif	7
2.3 Penyelidikan Tanah di Lapangan	7
2.4 Penentuan Parameter Tanah	8
2.4.1 Korelasi Nilai N-SPT Terhadap Berat Jenis Tanah Jenuh (γ_{sat}), Kuat Tekan Bebas (q_u), Kohesi (C_u), dan Konsistensi untuk Tanah Kohesif.....	11
2.4.2 Nilai Modulus Tegangan-Regangan (E_s) dan Nilai Banding <i>Poisson</i> (μ) Terhadap Jenis Tanah.....	11
2.4.3 Penentuan Koefisien Permeabilitas (k)	13
2.5 Tekanan Tanah Lateral	14
2.6 Tekanan Tanah Rankine	17
2.7 Tekanan Tanah untuk Tanah yang Berkohesi	21
2.8 Pengaruh Beban Terbagi Merata di Atas Tanah Urugan.....	23
2.9 Tekanan Tanah Lateral Akibat Air pada Keadaan Diam	24
2.10 Dinding Penahan Tanah	25
2.10.1 Dinding Gravitasi (<i>Gravity Retaining Wall</i>)	26
2.10.2 Dinding Semi Gravitasi (<i>Semigravity Retaining Wall</i>)	26
2.10.3 Dinding Kantilever (<i>Cantilever Retaining Wall</i>)	26
2.10.4 Dinding Dengan Pertebalan Belakang (<i>Counterfort Retaining Wall</i>)	27
2.10.5 Dinding Kisi (<i>Crib Retaining Wall</i>).....	27

2.10.6	Dinding Tanah Bertulang (<i>Reinforced Earth Wall</i>)	27
2.11	Dinding Pancang Turap (<i>Sheet-Pile Wall</i>)	28
2.11.1	Pancang Turap Kayu (<i>Wooden Sheet Piles</i>)	29
2.11.2	Pancang Turap <i>Precast</i> Beton (<i>Precast Concrete Sheet Piles</i>)	30
2.11.3	Pancang Turap Baja (<i>Steel Sheet Pile</i>)	31
2.11.4	Tipe-tipe Dinding Turap	32
2.11.4.1	Dinding Turap Kantilever	33
2.11.4.2	Dinding Turap Diangker	33
2.11.4.3	Dinding Turap dengan Landasan (<i>Platform</i>)	33
2.11.4.4	Bendung Elak Seluler	33
2.12	Perencanaan Dinding Turap	35
2.13	Metode Konstruksi Dinding Turap Pancang (<i>Sheet Pile Wall</i>)	37
2.14	Perhitungan Tekanan Tanah dengan Metode Rankine untuk Turap Kantilever	39
2.15	Pengenalan Plaxis 2D	41
2.16	Langkah-langkah Menggunakan Plaxis	45
2.16.1	Plaxis <i>Input</i>	45
2.16.2	Plaxis <i>Calculation</i>	53
2.16.3	Plaxis <i>Output</i>	55
BAB III	METODE PENELITIAN	57
3.1	Diagram Alir Penelitian	57
3.2	Data Tanah	58
3.3	Data Turap Baja	58
BAB IV	ANALISIS DATA	60
4.1	Pemodelan pada Analisis Plaxis	60
4.2	Analisis Manual	62
4.3	Analisis Plaxis	65
4.3.1	Analisis Dinding Turap pada Pemodelan Tanah Lunak (<i>Soft</i>)	65
4.3.2	Analisis Dinding Turap pada Pemodelan Tanah Sedang (<i>Medium</i>)	82
4.4	Hasil dan Pembahasan	92
4.4.1	Faktor Keamanan (SF)	92
4.4.2	<i>Bending Moment</i> Turap Baja	101
4.4.3	Defleksi Turap Baja	102
4.4.4	Penurunan Turap Baja	104
4.4.5	Penurunan Tanah	106
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN	108
5.1	Simpulan	108
5.2	Saran	108
DAFTAR	PUSTAKA	109
LAMPIRAN	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Butir-tunggal: (a) Lepas, (b) Padat	6
Gambar 2.2	Struktur Sarang Lebah	6
Gambar 2.3	<i>Standard Split-Spoon Sampler</i>	10
Gambar 2.4	Skema Urutan Uji Penetrasi Standar.....	10
Gambar 2.5	(a) Tanah pada Keadaan Diam; (b) Perpindahan Tanah pada Keadaan Aktif; (c) Perpindahan Tanah pada Keadaan Pasif	16
Gambar 2.6	Tekanan Tanah Lateral dan Lingkaran Mohr yang Mewakili Kedudukan Tegangan di Dalam Tanah (a) Tegangan-tegangan pada Kedudukan Rankine; (b) Orientasi Garis-garis Keruntuhan Teori Rankine pada: (i) Kedudukan Aktif; (ii) Kedudukan Pasif	17
Gambar 2.7	Rankine Tekanan Tanah Aktif	18
Gambar 2.8	Kasus Umum dan Lingkaran Mohr Memperoleh Persamaan Tekanan Tanah Rankine Aktif	19
Gambar 2.9	Diagram Tekanan Tanah yang Berkohesi	21
Gambar 2.10	Diagram Tekanan Aktif dan Pasif pada Tanah Kohesif	23
Gambar 2.11	Diagram Tekanan Tanah Lateral Akibat Beban Merata	24
Gambar 2.12	Tekanan pada Tekanan Diam dengan <i>Water Table</i> di Kedalaman $z < H$	25
Gambar 2.13	Jenis Dinding Penahan Tanah	27
Gambar 2.14	Pancang Turap Kayu (<i>Wooden Sheet Piles</i>)	29
Gambar 2.15	Detail untuk Turap Pancang Beton Bertulang	31
Gambar 2.16	Sambungan-sambungan Pancang Turap Canai.....	32
Gambar 2.17	(a) Dinding Turap Kantilever; (b) Dinding Turap Diangker	34
Gambar 2.18	(a) Dinding Turap dengan Landasan yang Didukung Tiang-tiang; (b) Bendungan Elak Seluler	35
Gambar 2.19	Distribusi Tekanan Tanah pada Turap Kantilever di Tanah Kohesif: (a) Turap secara Keseluruhan pada Tanah Lempung; (b) Turap pada Tanah Lempung Diurug Tanah Granular; (c) Gaya di Atas Titik dengan Gaya Lintang Nol untuk Kasus Gambar (b)	36
Gambar 2.20	Rangkaian Konstruksi untuk Struktur Timbunan (<i>Backfilled Structure</i>).....	38
Gambar 2.21	Rangkaian Konstruksi untuk Struktur Keruk (<i>Dredged Structure</i>)	39
Gambar 2.22	Distribusi Tekanan Tanah Kohesif Homogen.....	39
Gambar 2.23	Tampilan <i>Create/Open Project</i>	45
Gambar 2.24	Tampilan <i>General Settings</i> dengan Jendela Kerja <i>Project</i> dan <i>Dimensions</i>	46
Gambar 2.25	Tampilan Bidang Gambar dengan <i>Geometry Line</i>	46

Gambar 2.26	Tampilan Pemancangan <i>Sheet Pile</i> dan Fase Penggalian	47
Gambar 2.27	Tampilan <i>Interface</i>	47
Gambar 2.28	Tampilan <i>Standard Fixities</i>	48
Gambar 2.29	Tampilan Data pada <i>Material Sets</i>	48
Gambar 2.30	Tampilan <i>Plate Properties</i>	49
Gambar 2.31	Tampilan Setelah Material di <i>Input</i>	50
Gambar 2.32	Tampilan Menu <i>Mesh</i>	50
Gambar 2.33	Tampilan <i>Mesh Generate Setup</i>	50
Gambar 2.34	Tampilan <i>Generate Mesh</i>	51
Gambar 2.35	Tampilan <i>Water Weight</i> untuk <i>Initial Conditions</i>	51
Gambar 2.36	Tampilan <i>Initial Conditions</i>	52
Gambar 2.37	Tampilan <i>Water Pressure Generation</i>	52
Gambar 2.38	Tampilan <i>Generate Water Pressure</i>	53
Gambar 2.39	Tampilan <i>Generate Mesh</i>	53
Gambar 2.40	Tampilan <i>Plaxis Calculation</i>	54
Gambar 2.41	Tampilan <i>Deformed Mesh</i>	56
Gambar 2.42	Tampilan <i>Total Displacement</i>	56
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	57
Gambar 4.1	Pemodelan Tanah	61
Gambar 4.2	Distribusi Tekanan Tanah Lateral Kohesif Homogen	62
Gambar 4.3	Defleksi Turap pada Pemancangan Tanpa Beban.....	70
Gambar 4.4	Defleksi Turap pada Pemancangan Dengan Beban	75
Gambar 4.5	<i>Deformed Mesh Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Beban ESZ24-700	76
Gambar 4.6	<i>Deformed Mesh Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Beban ESZ28-700	76
Gambar 4.7	<i>Deformed Mesh Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Beban CRZ33-675	77
Gambar 4.8	<i>Total Displacement Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Beban ESZ24-700	77
Gambar 4.9	<i>Total Displacement Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Beban ESZ28-700	78
Gambar 4.10	<i>Total Displacement Soft Clay</i> N-SPT 4 Tanpa Beban CRZ33-675	78
Gambar 4.11	<i>Deformed Mesh Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Beban ESZ24-700	79
Gambar 4.12	<i>Deformed Mesh Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Beban ESZ28-700	80
Gambar 4.13	<i>Deformed Mesh Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Beban CRZ33-675	80
Gambar 4.14	<i>Total Displacement Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Beban ESZ24-700	81
Gambar 4.15	<i>Total Displacement Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Beban ESZ28-700	81
Gambar 4.16	<i>Total Displacement Soft Clay</i> N-SPT 4 Dengan Beban CRZ33-675	82
Gambar 4.17	Defleksi Turap pada Pemancangan Dengan Beban	87
Gambar 4.18	<i>Deformed Mesh Medium Clay</i> N-SPT 8 Tanpa Beban	88

Gambar 4.19	<i>Total Displacement Medium Clay</i> N-SPT 8 Tanpa Beban	88
Gambar 4.20	<i>Deformed Mesh Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Beban ESZ24-700	89
Gambar 4.21	<i>Deformed Mesh Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Beban ESZ28-700	90
Gambar 4.22	<i>Deformed Mesh Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Beban CRZ33-675	90
Gambar 4.23	<i>Total Displacement Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Beban ESZ24-700	91
Gambar 4.24	<i>Total Displacement Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Beban ESZ28-700	91
Gambar 4.25	<i>Total Displacement Medium Clay</i> N-SPT 8 Dengan Beban CRZ33-675	92
Gambar 4.26	Faktor Keamanan Tahap Perhitungan.....	95
Gambar 4.27	Faktor Keamanan Tahap Galian 1	95
Gambar 4.28	Faktor Keamanan Tahap Galian 2	96
Gambar 4.29	Faktor Keamanan Tahap Galian 3	96
Gambar 4.30	Faktor Keamanan Tahap Galian 4	97
Gambar 4.31	Faktor Keamanan Tahap Konstruksi untuk Konsistensi <i>Soft</i> Dengan Beban.....	97
Gambar 4.32	Faktor Keamanan Tahap Konstruksi untuk Konsistensi <i>Medium</i> Dengan Beban.....	98
Gambar 4.33	Faktor Keamanan Tahap Konstruksi untuk Konsistensi <i>Soft</i> Tanpa Beban	98
Gambar 4.34	Hubungan Modulus Penampang Turap Baja Terhadap Faktor Keamanan untuk Konsistensi <i>Soft</i> Tanpa Beban.....	99
Gambar 4.35	Hubungan Modulus Penampang Turap Baja Terhadap Faktor Keamanan untuk Konsistensi <i>Soft</i> Dengan Beban	99
Gambar 4.36	Hubungan Modulus Penampang Turap Baja Terhadap Faktor Keamanan untuk Konsistensi <i>Medium</i> Dengan Beban	100
Gambar 4.37	Persentase Perubahan Faktor Keamanan Profil ESZ28-700 dan Profil CRZ33-700 Terhadap Faktor Keamanan Profil ESZ24-700 untuk Setiap Tahap Galian untuk Tanah <i>Soft</i>	100
Gambar 4.38	Persentase Perubahan Faktor Keamanan Profil ESZ28-700 dan Profil CRZ33-700 Terhadap Faktor Keamanan Profil ESZ24-700 untuk Setiap Tahap Galian untuk Tanah <i>Medium</i>	101
Gambar 4.39	Kurva Konsistensi Terhadap Defleksi	103
Gambar 4.40	Hubungan Modulus Penampang Turap Baja Terhadap Defleksi	104
Gambar 4.41	Kurva Konsistensi Terhadap Penurunan Turap	105
Gambar 4.42	Hubungan Modulus Penampang Turap Baja Terhadap Penurunan Turap	105
Gambar 4.43	Kurva Konsistensi Terhadap Penurunan Tanah.....	107
Gambar 4.44	Hubungan Modulus Penampang Turap Baja Terhadap Penurunan Tanah	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Tanah Kohesif.....	11
Tabel 2.2	Nilai Modulus Tegangan-Regangan (E_s) untuk Jenis Tanah	12
Tabel 2.3	Nilai banding <i>Poisson</i> (μ) terhadap Jenis Tanah	13
Tabel 2.4	Orde Nilai Permeabilitas (k) Berdasarkan Jenis Tanah	14
Tabel 2.5	Koefisien Tekanan Tanah Aktif K_a dengan Menggunakan Persamaan Rankine (2.11)	20
Tabel 2.6	Koefisien Tekanan Tanah Pasif K_p dengan Menggunakan Persamaan Rankine (2.12)	21
Tabel 3.1	Parameter Tanah Kohesif.....	58
Tabel 3.2	Data Turap Baja	59
Tabel 3.3	Data Turap Baja pada <i>Software Plaxis</i>	59
Tabel 4.1	Data Tanah <i>Soft Clay</i>	62
Tabel 4.2	Defleksi dan Penurunan Profil ESZ24-700 pada Tanah Lunak	66
Tabel 4.3	Defleksi dan Penurunan Profil ESZ28-700 pada Tanah Lunak	67
Tabel 4.4	Defleksi dan Penurunan Profil CRZ33-675 pada Tanah Lunak	68
Tabel 4.5	Defleksi dan Penurunan Profil ESZ24-700 pada Tanah Lunak Dengan Beban.....	70
Tabel 4.6	Defleksi dan Penurunan Profil ESZ28-700 pada Tanah Lunak Dengan Beban.....	72
Tabel 4.7	Defleksi dan Penurunan Profil CRZ33-675 pada Tanah Lunak Dengan Beban.....	73
Tabel 4.8	Hasil Analisis <i>Sheet Pile</i> pada Tanah Lunak (<i>Soft</i>) Tanpa Beban	75
Tabel 4.9	Hasil Analisis <i>Sheet Pile</i> pada Tanah Lunak (<i>Soft</i>) Dengan Beban	79
Tabel 4.10	Defleksi dan Penurunan Profil ESZ24-700 pada Tanah Sedang Dengan Beban	83
Tabel 4.11	Defleksi dan Penurunan Profil ESZ28-700 pada Tanah Sedang Dengan Beban	84
Tabel 4.12	Defleksi dan Penurunan Profil CRZ33-675 pada Tanah Sedang Dengan Beban	85
Tabel 4.13	Hasil Analisis <i>Sheet Pile</i> pada Tanah Sedang (<i>Medium</i>) Dengan Beban	89
Tabel 4.14	Faktor Keamanan Tanpa Beban.....	93
Tabel 4.15	Faktor Keamanan Dengan Beban	93
Tabel 4.16	Perbandingan Faktor Keamanan Manual dengan Plaxis Untuk Konsistensi Lunak (<i>Soft</i>) Dengan Beban	93
Tabel 4.17	Persentase Selisih Faktor Keamanan Profil Terhadap Tahap Galian	94
Tabel 4.18	<i>Bending Moment</i> Turap Baja Tanpa Beban.....	102
Tabel 4.19	<i>Bending Moment</i> Turap Baja Dengan Beban	102
Tabel 4.20	Defleksi Turap	103

Tabel 4.21	Penurunan Turap	104
Tabel 4.22	Penurunan Tanah.....	106



DAFTAR NOTASI

α	Kemiringan dinding penahan tanah
β	Kemiringan timbunan (<i>backfill</i>)
γ	Berat isi tanah
γ_{sat}	Berat isi tanah jenuh
γ_w	Berat isi air
μ	Rasio <i>Poisson</i>
φ	Sudut geser dalam
Ψ	Sudut dilatansi
ρ	Kelenturan relatif turap
C_u	Kohesi
S_u	Kuat geser tak terdrainase
q_u	Kuat tekan bebas
D	Kedalaman pemancangan
E_s	Modulus tegangan-regangan
H	Kedalaman galian
I	Momen inersia
S	Modulus Penampang Profil
S_n	<i>Stability number</i>
K_a	Koefisien tekanan tanah aktif
K_p	Koefisien tekanan tanah pasif
k_x	Koefisien rembesan arah x
k_y	Koefisien rembesan arah y
Z	Modulus Penampang

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran L.1	PROFIL TURAP.....	111
Lampiran L.2	PERHITUNGAN MANUAL.....	113
Lampiran L.3	PERHITUNGAN MANUAL MOMEN MAKSIMUM	124
Lampiran L.4	PERHITUNGAN REDUKSI MOMEN BERDASARKAN ROWE (1952)	130

