

PERMODELAN PERKUATAN SHEET PILE MENGGUNAKAN ANALISIS KESETIMBANGAN BATAS DAN ELEMEN HINGGA

Iman Hidayat¹, Andi Kusuma²

Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala Bandung

Abstrak

Perkuatan sheet pile berfungsi menahan massa tanah yang ada di belakang penahan tanah tersebut. Analisis menggunakan kesetimbangan batas dan elemen hingga dengan pendekatan tegangan efektif dan tegangan total. Analisis kesetimbangan batas dibantu dengan program komputer Stawal dan pada elemen hingga dibantu dengan program komputer Plaxis. Dari hasil analisis Stawal tegangan efektif didapat panjang sheet pile 6.57 m, sedangkan pada tegangan total didapat panjang sheet pile 19.33 m. Hasil analisis Plaxis kondisi tegangan efektif didapat panjang sheet pile 7.00 m, dengan SF=1.62. Pada kondisi tegangan total panjang sheet pile 19.00 m, dengan SF=1.89. Dari hasil analisa kesetimbangan batas dan elemen hingga terdapat perbedaan hasil panjang sheet pile yang cukup berbeda jauh, sehingga panjang sheet pile diperpendek 14 m. Hal ini melalui pertimbangan deformasi dan bending moment hasil analisis tidak melebihi kekuatan dan syarat deformasi maksimum sheet pile sebesar <2% dari panjang sheet pile.

Kata kunci : Sheet pile, safety factor, kesetimbangan batas, elemen hingga, Stawal, Plaxis.

Abstract

The sheet pile reinforcement serves to hold the mass of soil behind the retaining ground. The analysis uses limit equilibrium and finite element with the approaches of effective stress and total stress. Limit equilibrium analysis is assisted by the Stawal computer program and the finite element is assisted by the Plaxis computer program. From the analysis of Stawal the effective stress is obtained by sheet pile length of 6.57 m, while the total stress is obtained by sheet pile length of 19.33 m. The results of the Plaxis analysis showed that the effective stress condition obtained a sheet pile length of 7.00 m, with SF = 1.62. In the condition of total stress of sheet pile length of 19.00 m, with SF = 1.89. From the analysis of the limit equilibrium and finite element, there is a difference in the length of the sheet pile which is quite different, so that the length of the sheet pile is shortened to 14 m. This is through the consideration of deformation and bending moment analysis results do not exceed the strength and maximum deformation requirements of sheet pile of <2% of the sheet pile length.

Keywords : Sheet pile, safety factor, limit equilibrium, finite element, Stawal, Plaxis.

1. PENDAHULUAN

Secara umum dalam penanganan struktur penahan tanah berupa dinding penahan tanah pada sungai atau kali ciliwung lama di jalan Ir.H.juanda dan jalan Veteran, Jakarta pusat yang sebagaimana turap eksisting pada salah satu segmen tersebut berupa batu kali, namun kondisi turap penahan tanah tersebut mengalami pergeser sehingga diperlukan

perbaikan turap. Sehubungan hal tersebut, guna memperbaiki infrastruktur sungai dalam kasus ini penulis memilih dengan menggunakan perkuatan sheet pile yang mampu menahan stabilitas tanah yang terjadi.

Struktur penahan tanah berupa dinding penahan tanah ataupun berupa sheet pile untuk berfungsi menahan massa tanah yang ada di belakang penahan tanah tersebut. Analisa

rancangan maupun pertimbangan-pertimbangan dalam menganalisis struktur perkuatan yang baik digunakan untuk memperbaiki dan meningkatkan kapasitas sungai.

1.1 Tinjauan Pustaka

1.1.1 Struktur perkuatan sungai

Dalam merencanakan suatu perkuatan turap sungai guna meningkatkan kapasitas sungai atau saluran air maka harus meninjau kembali stabilitas talud atau lereng sungai di lokasi yang akan direncanakan bangunan air tersebut.

Lereng adalah suatu tempat yang memiliki dua permukaan tanah yang memiliki ketinggian tanah yang berbeda. Dengan adanya perbedaan tinggi muka tanah, kemungkinan akan terjadinya kelongsoran, karena tidak jarang, talud atau lereng yang ada tidak kuat menerima beban yang berkerja diatasnya.

1.1.2 Kestabilan lereng sungai

Apabila berat massa tanah yang bekerja sebagai pendorong lebih besar dari pada tegangan geser yang menahan pergerakan, maka akan terjadi keruntuhan atau kelongsoran.

Faktor-faktor yang menyebabkan peningkatan tegangan geser pada lereng dapat dijabarkan sebagai berikut:

Berkurangnya daya dukung, yang disebabkan oleh :

- Pergerakan alami dari tanah akibat pergeseran bidang longsor maupun akibat penurunan
- Aktivitas manusia, antara lain eksploitasi dasar lereng yang dapat mempertajam sudut kemiringan lereng, dan penggundulan tanaman pada muka lereng sungai.

Penambahan beban pada lereng sungai, yang disebabkan oleh :

- Kondisi alam, misalnya peningkatan berat volume tanah

akibat pengaruh air hujan atau akumulasi sedimen di atas lereng

- Aktivitas manusia, seperti eksploitasi tanah di atas lereng sungai, pembangunan gedung atau jalan dan sejenisnya di atas lereng sungai.

1.1.3 Pengertian Sheet pile

Sheet pile adalah suatu konstruksi penahan tanah bersifat fleksibel yang relatif pipih bertujuan untuk menahan gaya horizontal yang bekerja dalam tanah.

Sheet pile berdasarkan konstruksinya

- Sheet pile kantilever

Sheet pile kantilever merupakan sheet pile yang dalam menahan beban lateral mengandalkan tahanan tanah di depan dinding.

- Sheet pile berangkur

Sheet pile berangkur cocok untuk menahan galian dalam, tetapi masih mengandalkan pada kondisi tanah. Menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian sheet pile yang terpancang dalam tanah dengan dibantu oleh anker yang dipasang pada bagian atasnya.

- Sheet pile dengan landasan

Sheet pile dengan landasan menahan tekanan tanah lateral dengan dibantu oleh tiang-tiang yang dibuat landasan untuk meletakkan bangunan tertentu.

1.1.4 Kriteria perencanaan sheet pile

- Pengaruh sheet pile cantilever pada pasir

Untuk mengembangkan hubungan untuk kedalaman penanaman tiang turap yang dibutuhkan di dalam tanah granular perhatikan Gambar 2.14 (a). Tanah yang akan ditahan oleh dinding turap, berada di atas garis galian, adalah juga tanah granular. Permukaan air tanah berada pada kedalaman L_1 dari puncak tiang. Ambillah sudut gesek pasir sebagai ϕ . Intensitas tekanan aktif pada kedalaman $z = L_1$ dapat

dinyatakan sebagaimana Persamaan 2.12 berikut.

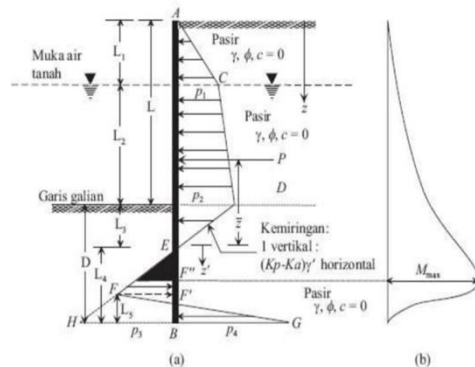
$$p_1 = \gamma L_1 K_a \text{ (Persamaan 2.12)}$$

keterangan :

K_a = Koefisien tekanan aktif Rankine =

$$\tan^2(45 - \phi/2).$$

γ = Berat isi tanah di atas muka air.



Gambar 1.1 Tiang turap cantilever

Tertanam pada pasir : (a) variasi diagram bersih (b) variasi momen. (Sumber: Braja M. Das, 2011).

Dengan cara yang sama, tekanan aktif pada kedalaman $z = L_1 + L_2$ (yaitu pada kedalaman muka galian) adalah sama. Sebagaimana Persamaan 2.13 berikut ini.

$$p_2 = (\gamma L_1 + \gamma L_2) K_a \text{ (Persamaan 2.13)}$$

Perlu dicatat bahwa pada kedalaman garis galian, tekanan hidrostatik dari kedua arah dinding adalah sama dan oleh karena itu akan saling menghilangkan.

Untuk menentukan tekanan tanah bersih dibawah garis galian hingga pada titik rotasi O, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14 (a) sebelumnya, haruslah dipertimbangkan bahwa tekanan pasif bekerja dari sebelah kiri (sebelah air) ke arah sebelah kanan (sebelah tanah) dan juga tekanan aktif bekerja dari sebelah kanan ke sebelah kiri dinding. Untuk kasus-kasus ini, pengabaian tekanan

hidrostatik untuk kedua sisi dinding, tekanan aktif pada kedalaman z dapat diberikan sebagaimana Persamaan 2.14 berikut.

$$P_a = [\gamma L_1 + \gamma L_2 + \gamma(z - L_1 - L_2)] K_a$$

(Persamaan 2.14)

tekanan pasif pada kedalaman z adalah sama dengan Persamaan 2.15 berikut,

$$P_p = \gamma(z - L_1 - L_2) K_p \text{ (Persamaan 2.15)}$$

dimana, K_p = koefisien tekanan pasif

$$\text{Rankine} = \tan^2(45 + \phi/2)$$

Maka dengan mengkombinasikan persamaan di atas tekanan lateral bersih dapat ditentukan sebagaimana Persamaan 2.16.

$$P = P_a - P_p = (\gamma L_1 + \gamma L_2) K_a - \gamma(z - L_1 - L_2)(K_p - K_a) \text{ (Persamaan 2.16)}$$

$$= P_2 - \gamma(z - L)(K_p - K_a)$$

dimana $L = L_1 + L_2$.

Tekanan bersih (P) menjadi sama dengan nol pada kedalaman L_3 sebagaimana Persamaan 2.17 di bawah garis galian,

$$P_2 = \gamma(z - L)(K_p - K_a) = 0$$

- Prosedur menentukan diagram tekanan

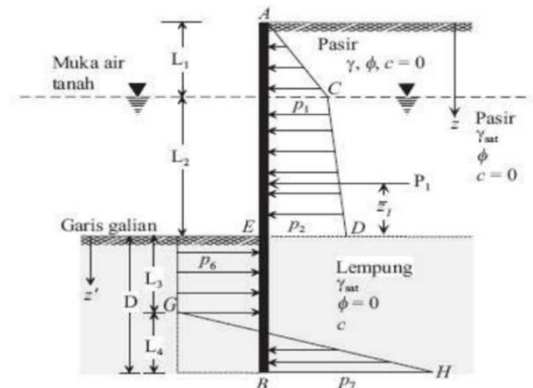
Berdasarkan teori, berikut ini adalah langkah untuk menentukan diagram tekanan yang dibutuhkan untuk mendapatkan kedalaman tiang turap cantilever pada tanah granular:

- Hitung K_a dan K_p .
- Hitung p_1 (Persamaan 2.12) dan p_2 (Persamaan 2.13). Catatan: L_1 dan L_2 sudah diketahui.
- Hitung L_3 (Persamaan 2.17).
- Hitung P .
- Hitung z (pusat tekanan untuk luasan ACDE) dengan mengambil momen di E.
- Hitung p_5 (Persamaan 2.22).

- Hitung A_1 , A_2 , A_3 dan A_4 (Persamaan 2.28 sampai Persamaan 2.31).
- Menyelesaikan Persamaan 2.27 dengan cara coba-coba untuk menentukan L_4
- Hitung p_4 (Persamaan 2.21).
- Hitung p_3 (Persamaan 2.18).
- Menentukan L_5 dari Persamaan 2.26.
- Sekarang diagram distribusi tekanan sebagaimana di perlihatkan oleh Gambar 2.14
- (a) dapat dengan mudah digambarkan.
- Menentukan kedalaman teoritis Persamaan 2.23, penetrasi tiang turap sebagai $L_3 + L_4$. Kedalaman aktual penetrasi tiang turap dapat ditentukan dengan menaikkan besaran kedalaman teoritis sebesar 20-30%.

1.1.5 Pengaruh sheet pile cantilever pada lempung

Dalam beberapa kasus, tiang turap cantilever harus disorongkan ke dalam lapisan lempung yang mempunyai kohesi taksalur (undrained cohesion), c (konsep $\phi = 0$). Diagram tekanan bersih akan berbeda dari pada yang diperlihatkan pada Gambar 2.15 (a). Gambar 2.15 memperlihatkan sebuah dinding turap yang disorongkan ke dalam lempung dengan bahan isian di belakang turap adalah tanah granular yang terletak di atas garis galian tanah. Misalkan permukaan air terletak pada kedalaman L_1 di bawah puncak turap. Sebagaimana sebelumnya, dengan menggunakan (Persamaan 2.12) dan (Persamaan 2.13), intensitas tekanan tanah bersih p_1 dan p_2 dapat dihitung, sehingga diagram untuk distribusi tekanan tanah di atas permukaan garis galian dapat di gambarkan.



Gambar 1.2 tertanam pada lempung
(Sumber: Braja M. Das, 2011).

Pada kedalaman z yang lebih besar dari $L_1 + L_2$ dan di atas titik rotasi (titik O) pada Gambar 2.15, tekanan aktif (P_a) dari kanan ke kiri dapat dinyatakan dengan,

$$P_a = [\gamma L_1 + \gamma L_2 + \gamma_{sat}(z - L_1 - L_2)]. K_a - 2c\sqrt{K_a} \quad (\text{Persamaan 2.32})$$

dimana,

K_a = koefisien tekanan tanah aktif

Rankine; dengan $\phi = 0$, besarnya akan menjadi nol.

Dengan cara yang sama, tekanan pasif (P_p) dari kiri ke kanan dapat diberikan sebagaimana Persamaan 2.33

$$P_p = \gamma_{sat}(z - L_1 - L_2). K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad (\text{Persamaan 2.33})$$

dimana,

K_p = koefisien tekanan tanah pasif

Rankine; dengan $\phi = 0$, besarnya akan menjadi nol.

Maka tekanan bersih menjadi,

$$\begin{aligned} p_6 &= p_a - p_p = [\gamma_{sat}(z - L_1 - L_2) + 2c] \\ &\quad - [\gamma L_1 + \gamma L_2 \\ &\quad + \gamma_{sat}(z - L_1 - L_2)] \\ &= 4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2) \\ p_6 &= 4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2) \end{aligned} \quad (\text{Persamaan 2.34})$$

Pada dasar tiang turap, tekanan pasif (P_p) sebagaimana Persamaan 2.35 bekerja dari kanan ke kiri, dan tekanan

aktif (P_a) bekerja dari kiri ke kanan adalah,

$$P_p = (\gamma L_1 + \gamma L_2 + \gamma_{sat} D) + 2c \quad (\text{Persamaan 2.35})$$

dengan cara yang sama, tekanan aktif dari kiri ke kanan adalah,

$$P_a = \gamma_{sat} D - 2c \quad (\text{Persamaan 2.36})$$

Maka tekanan bersih sebagaimana Persamaan 2.37.

$$p_7 = p_p - p_a = 4c + (\gamma L_1 + \gamma L_2) \quad (\text{Persamaan 2.37})$$

Untuk analisis kesetimbangan, $\Sigma FH = 0$ (yaitu luas diagram tekanan ACDE - luas EFIB + luas GIH = 0) sebagaimana Persamaan 2.38.

$$P_1 - [4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2)D] + 1/2 L_4[4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2) + 4c + (\gamma L_1 + \gamma L_2)] = 0 \quad (\text{Persamaan 2.38})$$

dimana,

P_1 = luas diagram tekanan ACDE

Dengan menyederhanakan persamaan sebelumnya, maka didapatkan.

$$L_4 = \frac{D[4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2)] - P_1}{4c}$$

(Persamaan 2.39)

Pada momen di titik B, $\Sigma MB = 0$, atau

$$P_1(D + z) - [4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2)] \frac{D^2}{2}$$

$$+ 1/2 L_4(8c) \frac{(L_4)}{3} = 0$$

(Persamaan 2.40)

dimana,

\bar{z} adalah jarak dari pusat tekanan pada diagram ACDE di ukur dari permukaan garis galian. Dengan mengkombinasikan (Persamaan 2.39) dan (Persamaan 2.40) dapat diturunkan dengan rumus sebagai berikut,

$$D^2[4c - (\gamma L_1 + \gamma L_2)] - 2DP_1 - \frac{P_1(P_1 - 12cz)}{1} = 0$$

$$(\gamma L_1 + \gamma L_2) - 2c$$

(Persamaan 2.41)

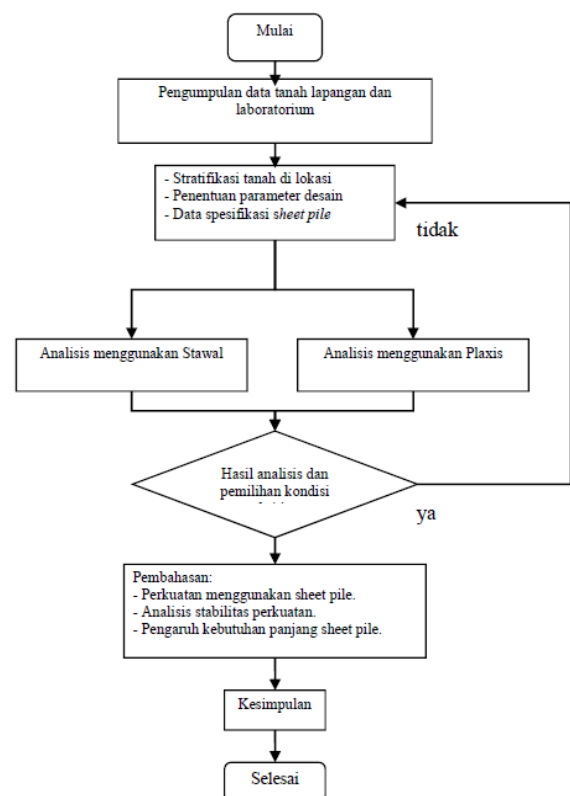
Dengan menyelesaikan persamaan ini maka diperoleh D, yaitu kedalaman penetrasi ke dalam lapisan lempung yang dibutuhkan oleh turap.

Prosedur menentukan diagram tekanan Berdasarkan teori sebelumnya,

berikut ini adalah prosedur langkah untuk menentukan diagram tekanan untuk mendapatkan besarnya penetrasi turap pada lapisan lempung.

- Menghitung $K_a = \tan^2(45 - \phi)$ untuk tanah irisan.
- Mendapatkan p_1 dan p_2 (Persamaan 2.12) dan (Persamaan 2.13).
- Hitung P dan \bar{z} .
- Menggunakan (Persamaan 2.41) untuk memperoleh kedalaman teoritis D.
- Menggunakan (Persamaan 2.39) untuk menghitung L_4 .
- Menghitung p_6 dan p_7 (Persamaan 2.34) dan (Persamaan 2.37).
- Menggambar diagram distribusi tekanan seperti Gambar 2.15.
- Hitung p_3 (Persamaan 2.18).
- Kedalaman aktual penetrasi turap dihitung sebagai $D_{aktual} = 1,4$ sampai $1,6$ ($D_{teoritis}$).

2. METODE PENELITIAN



Gambar 2.1 Diagram metode penelitian

Tabel 3.3 Parameter desain tanah untuk kondisi tegangan total

Jenis tanah	kedalaman (m)	ysat (kN/m ³)	yun (kN/m ³)	k (m/d ay)	Eu (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	φu (°)
Lempung Lanau	0.00-6.00	15.00	14.00	1.30E-03	1800	9.00	1
Lanau Lempung	6.00-12.00	15.50	14.50	1.30E-03	4000	10.00	1
Lempung Lanau Pasiran	12.00-14.00	16.00	15.00	6.88E-04	4200	12.00	1
Lempung Pasir Lanau	14.00-20.00	16.50	15.50	6.88E-04	11600	29.00	1
Pasir Lempung	20.00-23.00	22.00	21.00	6.88E-04	12000	30.00	1
Lempung Lanau Pasiran	23.00-27.00	18.00	17.00	6.88E-04	5200	13.00	1
Batu Pasir	27.00-END	23.00	22.00	6.88E-04	17600	44.00	1

Dalam penelitian ini menggunakan sheet pile tipe W 450 A 1000 dan Tabel 3.3 berikut ini adalah spesifikasi sheet pile berbahan beton pracetak.

Tabel 3.4 Spesifikasi sheet pile beton.

type	luas area (m ²)	mutu beton (K)	y beton (m)	f'c (Kpa)	√f'c	modulus elastisitas beton (KN/m ²)	momen inersia beton (m ⁴)	EA (KN/m)	EI (KN m ² /m)	w (m/m)	v	Mc rack (KN m/m)
W-450 A 1000	0.1835	400	24	33.20	5.762	270811	0.00353354	496938	95692	2.88	0.15	269

3.2 Analisis stabilitas sheet pile

Analisis stabilitas sheet pile menggunakan Stawal. Analisis stabilitas sheet pile dilakukan menggunakan metode kestimbangan batas(Limit equilibrium) yang dibantu dengan menggunakan program komputer Stawal.

Dengan mengasumsikan beban merata yang berada diatas permukaan tanah sebesar 10 kN/m²

Jenis tanah	kedalaman (m)	ysat (kN/m ³)	yun (kN/m ³)	k (m/d ay)	Eu (kN/m ²)	cu (kN/m ²)	φu (°)
Lempung Lanau	0.00-6.00	15.00	14.00	1.30E-03	1800	9.00	1
Lanau Lempung	6.00-12.00	15.50	14.50	1.30E-03	4000	10.00	1
Lempung Lanau Pasiran	12.00-14.00	16.00	15.00	6.88E-04	4200	12.00	1
Lempung Pasir Lanau	14.00-20.00	16.50	15.50	6.88E-04	11600	29.00	1
Pasir Lempung Lanau	20.00-23.00	22.00	21.00	6.88E-04	12000	30.00	1
Lempung Lanau Pasiran	23.00-27.00	18.00	17.00	6.88E-04	5200	13.00	1
Batu Pasir	27.00-END	23.00	22.00	6.88E-04	17600	44.00	1

Dalam penelitian ini menggunakan sheet pile tipe W 450

A 1000 dan Tabel 3.3 berikut ini adalah spesifikasi sheet pile berbahan beton pracetak.

Tabel 4.3 Spesifikasi sheet pile beton.

type	luas area (m ²)	mutu beton (K)	y beton (m)	f'c (Kpa)	√f'c	modulus elastisitas beton (KN/m ²)	momen inersia beton (m ⁴)	EA (KN/m)	EI (KN m ² /m)	w (m/m)	v	Mc rack (KN m/m)
W-450 A 1000	0.1835	400	24	33.20	5.762	270811	0.00353354	496938	95692	2.88	0.15	269

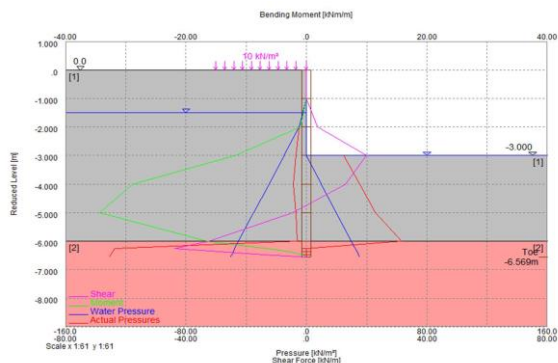
3.3 Analisis stabilitas sheet pile

Analisis stabilitas sheet pile menggunakan Stawal. Analisis stabilitas sheet pile dilakukan menggunakan metode kestimbangan batas(Limit equilibrium) yang dibantu

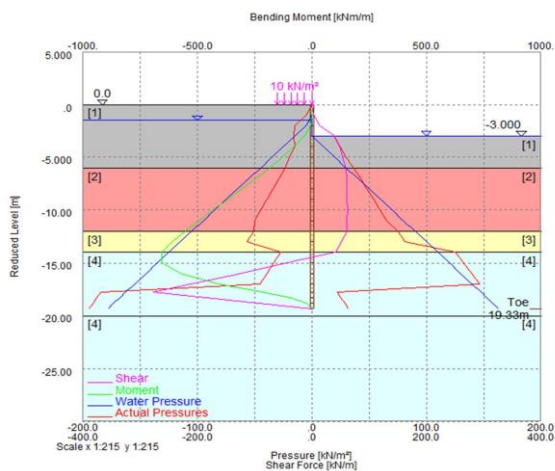
dengan menggunakan program komputer Stawal.

Dengan mengasumsikan beban merata yang berada diatas permukaan tanah sebesar 10 kN/m^2

Serta pengaruh muka air tanah yang berada di kedalaman 1,5 meter sebesar 10 kN/m^3 .



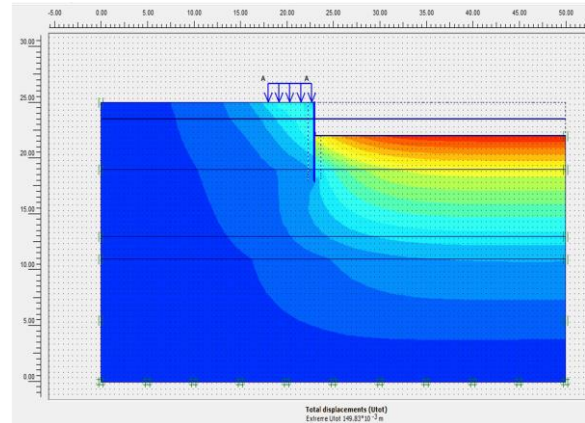
Gambar 3.3 Hasil graphical output perhitungan menggunakan Stawal dengan parameter tana efektif.



Gambar 3.4 Hasil graphical output perhitungan menggunakan Stawal dengan parameter tanah total.

3.4 Analisis stabilitas sheet pile menggunakan Plaxis

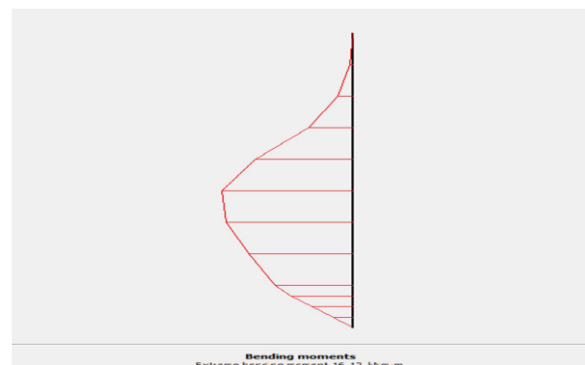
Analisis stabilitas sheet pile dilakukan menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method) yang dibantu dengan menggunakan program computer Plaxis.



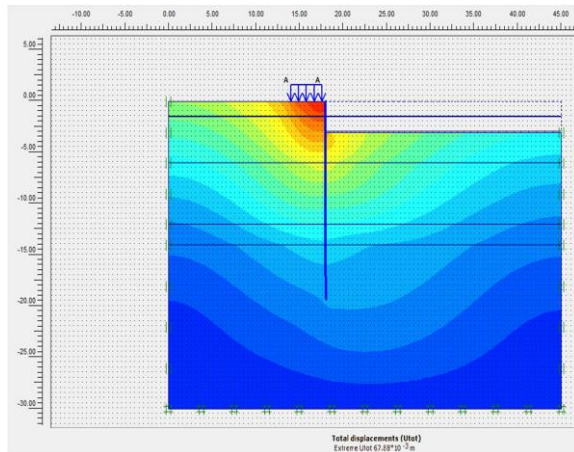
Gambar 3.5 Deformasi tanah kondisi efektif stress (shadings display).



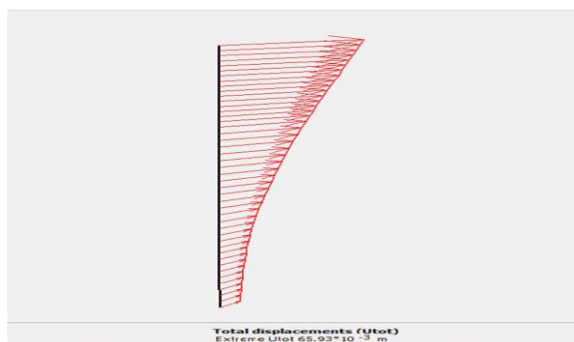
Gambar 3.6 Deformasi tiang sheet pile kondisi efektif stress.



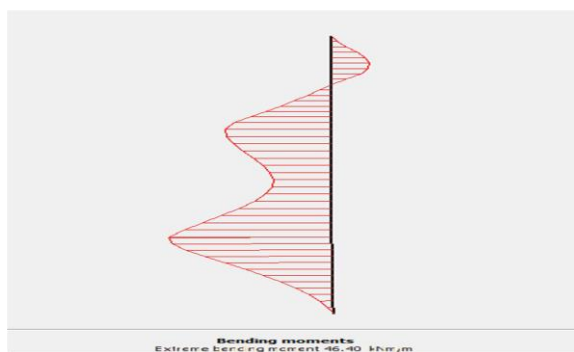
Gambar 3.7 Bending momen sheet pile kondisi efektif stress.



Gambar 3.8 Deformasi tanah kondisi total stress (shadings display).



Gambar 3.9 Deformasi tiang sheet pile kondisi total stress.



Gambar 3.10 Bending momen sheet pile kondisi total stress.

Berikut ini adalah ringkasan dari hasil analisis.

Tabel 3.4 Ringkuman hasil analisis

No.	Perhitungan	Identifikasi	Pendekatan analisa	Panjang tiang m	Bending momen kNm/m	Momen geser tanah kN/m	Penurunan tanah total m	Deformasi tiang m	SF
1	Keseimbangan batas	STAWAL	Efektif stress	6.57	34.33	-43.69	-	-	-
			Total stress	19.33	656.50	-277.1	-	-	-
2	elemen hingga	PLAXIS	Efektif stress	7.00	16.12	-11.44	61.17*10 ⁻³	149.83*10 ⁻³	1.6151
			Total stress	19.00	46.9	-13.58	60.71*10 ⁻³	65.93*10 ⁻³	1.8964

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Pada analisis stabilitas sheet pile dengan menggunakan analisis kesetimbangan batas dibantu dengan menggunakan program komputer Stawal dengan metode pendekatan total stress (kondisi undrained) di dapat sheet pile yang lebih panjang yaitu 19,33 m, sedangkan dengan menggunakan pendekatan efektif stress (kondisi drained) menghasilkan panjang sheet pile 6,57 m.

Analisis stabilitas sheet pile menggunakan Plaxis, dengan memodelkan panjang sheet pile sesuai dengan hasil panjang sheet pile dari analisa Stawal baik didapat dari pendekatan efektif stress maupun total stress.

Pada hasil Plaxis menggunakan pendekatan efektif stress didapat besaran deformasi horizontal tiang sheet pile sebesar 149,83*10⁻³ meter atau sama dengan 15 cm. Dalam hal ini untuk mengambil nilai terkritik pada kategori tanah lunak yaitu 0,02*H sebagai syarat besaran deformasi ijin tiang, nilai (H) adalah panjang tiang sheet pile. Panjang sheet pile yang dianalisis adalah 7 m, maka hasil yang didapat adalah:

$$\text{Deformasi ijin} = 0,02 \cdot H$$

$$= 0,02 \cdot 7,00 \text{ m}$$

$$= 0,14 \text{ m atau } 14 \text{ cm.}$$

$$\text{Deformasi sheet pile} >$$

$$\text{Deformasi ijin} = 15 \text{ cm} > 14 \text{ cm.}$$

Maka dengan ini hasil deformasi sheet pile lebih besar dari pada deformasi yang di ijinikan.

Pada hasil Plaxis menggunakan pendekatan total stress didapat besaran deformasi tiang sebesar 65.93*10⁻³ m atau sama dengan 7 cm. Sama seperti pada pendekatan efektif stress, syarat besaran deformasi ijin adalah 0.02*H, nilai (H) adalah panjang tiang sheet pile. Panjang sheet pile yang dianalisa adalah 19 m, maka hasil yang didapat adalah:

$$\text{Deformasi ijin} = 0,02 \cdot H$$

$$= 0,02 \cdot 19,00 \text{ m}$$

= 0,38 m atau 38 cm.

Deformasi sheet pile >

Deformasi ijin = 7 cm > 38 cm.

Hasil ini menunjukkan bahwa deformasi sheet pile kecil dan masih aman dari nilai deformasi ijinnya

4.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan penulis untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

- Untuk analisa menggunakan program komputer Stawal sebaiknya harus dibarengi dengan analisa dari Plaxis. Karena dalam program Plaxis ada beberapa besaran nilai yang didapat yang tidak didapat dalam analisa menggunakan Stawal meskipun analisa menggunakan Stawal lebih cepat dalam menganalisanya.
- Dari hasil analisis kesetimbangan batas dan elemen hingga terdapat perbedaan hasil panjang sheet pile yang cukup jauh, baik di lihat dari kondisi efektif stress (7 m) dan total stress (19 m).
- Setelah dilakukan analisis stabilitas sheet pile menggunakan Stawal ataupun Plaxis, panjang sheet pile dapat diperpendek hingga 14 meter. Hal ini disebabkan pertimbangan deformasi akibat beban yang bekerja dibelakang sheet pile sebesar $28.11 \cdot 10^{-3}$ (2.811 cm) lebih kecil dari pada deformasi ijin 28 cm. Dan bending moment yang terjadi 20.66 kNm/m < $M_{crack} = 269 \text{ kNm/m}$, dalam kondisi analisis efektif stress.
- Untuk penelitian dengan menggunakan program komputer geoteknik selanjutnya, disarankan dapat memahami cara pengoperasian, standar perhitungannya, supaya dalam mendesain suatu bangunan konstruksi lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM, 2003, Annual Book of ASTM , Section 4, Volume 04.08 Soil and Rock.
- [2] Budhu, Muni, 2007, Soil Mechanic and Faoundation 2E, John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Bowles, E. Joseph, 1991, Sifat- Sifat Fisik dan Geoteknis Tanah, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [4] Bowles, Joseph E. 1991. Analisis dan Desain Pondasi. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- [5] Das, Braja M. 2002. Mekanika Tanah. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- [6] Das, Braja., M, 2011, Principles Of Foundation Engineering 7th Edition, PWS-Kent –Publishing Company Boston.
- [7] Hardiyatmo, H. C, 2002, Mekanika Tanah I, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [8] Hardiyatmo, H, C, 2007, Mekanika Tanah II, edisi IV, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [9] Herdian, Cepi, 2013, Perilaku Galian Tanah Lunak Dengan Perkuatan Sheet pile Pada kondisi Drained dan Undrained Ditinjau Dari Berbagai Macam Tanah. Skripsi tidak diterbitkan, Bandung, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, UNIKOM.
- [10] Oasys, 2004, Manual Book, 13 Fitzroy street, London.
- [11] Plaxis , 2012, Tutorial manual, A.A. Balkema, Rotterdam.
- [12] Sosrodarsono, S. 2000, Mekanika Tanah dan Teknik pondasi, cet.7, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [13] Wesley, L. D, 2011, MEKANIKA TANAH, Edisi Baru, CV. ANDI OFFSET, Yogyakarta.