

DESAIN *SOLDIER PILE* DENGAN PLAXIS MENGUNAKAN PEMODELAN *HARDENING SOIL*

Uppit Yuliani¹
Sri Wulandari²

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma
Jl. Margonda Raya No. 100 Depok 16424, Jawa Barat
¹uppitney@yahoo.com

Abstrak

Semakin terbatasnya lahan dan mahalnyanya harga tanah di lokasi strategis di kota-kota besar seperti di Jakarta mengakibatkan dibangunnya gedung tinggi untuk memanfaatkan semaksimal mungkin lahan yang ada. Semakin tinggi suatu gedung dibangun, semakin luas pula kebutuhan parkir yang harus disediakan. Untuk memenuhi kebutuhan parkir tersebut basement merupakan alternatif penyelesaian. Masalah utama dalam pembangunan basement yang sering dihadapi adalah adanya bangunan tinggi di sekitarnya sehingga dibutuhkan struktur dinding penahan tanah yang kokoh. Dalam pelaksanaan galian basement pada suatu proyek, pada prinsipnya harus menjaga stabilitas tanah. Untuk mengatasi masalah tersebut di atas, digunakan dinding soldier pile yang merupakan rangkaian atau barisan bored pile yang terbuat dari beton yang dicor di tempat (*cast in situ*). Galian basement proyek *The City Center Office Park*, Jakarta Pusat, mempunyai kedalaman -16,5 m di bawah muka tanah. Dari hasil penyelidikan tanah diketahui bahwa tanah berupa lempung berlanau yang sebagian tersedimentasi dan secara bergantian disisipi oleh pasir yang sangat padat sampai kedalaman 30 m. Soldier pile yang digunakan berdiameter 1 m dan dipancang sampai kedalaman 32,5 m. Analisis dilakukan menggunakan program PLAXIS menggunakan pemodelan *hardening soil* dan program komputer Excel. Perhitungan meliputi deformasi maksimum dan gaya-gaya dalam dari struktur dinding soldier pile. Didapatkan deformasi maksimum soldier pile sebesar 0,11043 m. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa struktur penahan tanah perlu dibuat untuk menahan beban lateral tanah. Hasil dari analisis PLAXIS juga memberikan perhitungan yang dapat diterima dan cukup akurat.

Kata Kunci: *Basement, Soldier Pile, PLAXIS, Hardening Soil.*

PENDAHULUAN

Di kota-kota besar *basement* mulai marak dibangun karena keterbatasan lahan, keterbatasan ketinggian, atau karena adanya *subway*. *Basement* biasanya digunakan sebagai utilitas atau tempat parkir. Bagaimanapun juga dalam mendesain *basement* biasanya menemui beberapa kendala yang disebabkan oleh kondisi tanah dan air tanah yang tinggi. Untuk mengatasinya harus digunakan dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah adalah suatu struktur yang digunakan untuk menahan gerakan tanah arah lateral yang dapat menimbulkan kelongsoran. Kestabilan dinding penahan tanah dipengaruhi oleh tekanan tanah lateral massa tanah, aliran air dan stabilitas daya dukung tanah pondasi pada dinding penahan tanah (Helmy, 2005).

Proyek *The City Center Office Park* ini mempunyai struktur gedung 36 lantai ke atas dan 3 lantai di bawah tanah (*basement*) sampai kedalaman -16,5 m di bawah muka tanah, yang digunakan sebagai lahan parkir. Keadaan tanah proyek ini berupa endapan (*alluvium*) sungai yang berupa lempung berlanau yang sebagian tersedimentasi dan secara bergantian disisipi oleh pasir yang sangat padat yang terdapat sampai kedalaman 30 m dan juga lempung tersier pada kedalaman di bawahnya. Selain itu, terdapat pula bangunan perkantoran yaitu Menara Batavia yang berjarak ± 100 m dan bangunan perumahan padat penduduk yang berjarak ± 3 m dari lokasi proyek. Oleh karena itu sangat diperlukan dinding penahan tanah dalam pelaksanaannya.

Dengan melihat kondisi di atas, maka alternatif dinding penahan tanah *soldier pile*

dapat digunakan. *Soldier pile* adalah konstruksi penahan tanah pada suatu galian yang terdiri dari barisan *bored pile* yang terbuat dari beton yang dicor di tempat (*cast in situ*) dan tidak menimbulkan suara bising dalam pelaksanaannya. Untuk menganalisa deformasi digunakan aplikasi PLAXIS, sedangkan perhitungan faktor keamanan stabilitas lerengnya digunakan program komputer Excel.

METODE PENELITIAN

Metode Fellenius

Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang tersusun oleh tanah, dan bidang gelincirnya berbentuk busur (*arc-failure*). Metode ini dilakukan dengan membagi massa longsor menjadi segmen sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

$$\sum W \cdot x = \sum \tau \cdot l \cdot R$$

$$FK = \frac{\sum \tau_i \cdot l_i \cdot R}{\sum W_i \cdot x_i}$$

Dimana :

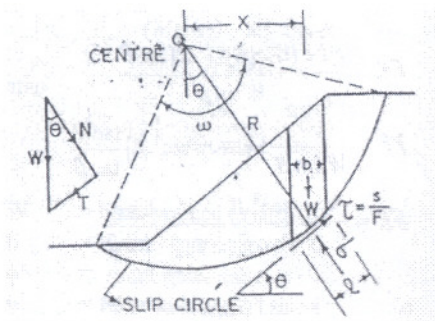
- W_i = berat segmen tanah
- x_i = jarak horizontal dari pusat gelincir ke titik berat segmen
- l_i = panjang busur lingkaran pada segmen yang dihitung
- R = jari-jari lingkaran keruntuhan
- τ = tegangan geser
- c = kuat geser tanah

Untuk tanah $c-\phi$ pada kondisi tegangan total:

$$FK = \frac{c \cdot L + \tan \phi \sum W \cos \theta}{\sum W \sin \theta}$$

Pada kondisi tegangan efektif :

$$FK = \frac{c' \cdot L + \tan \phi' \sum (W \cos \theta - ul)}{\sum W \sin \theta}$$

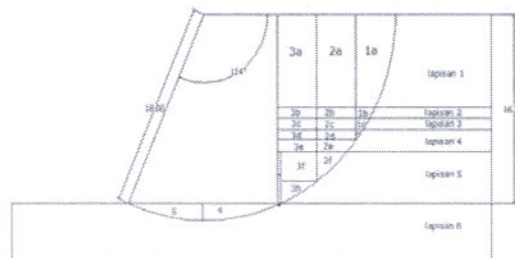


Gambar 1. Metode Fellenius
 Sumber: Paulus (1994)

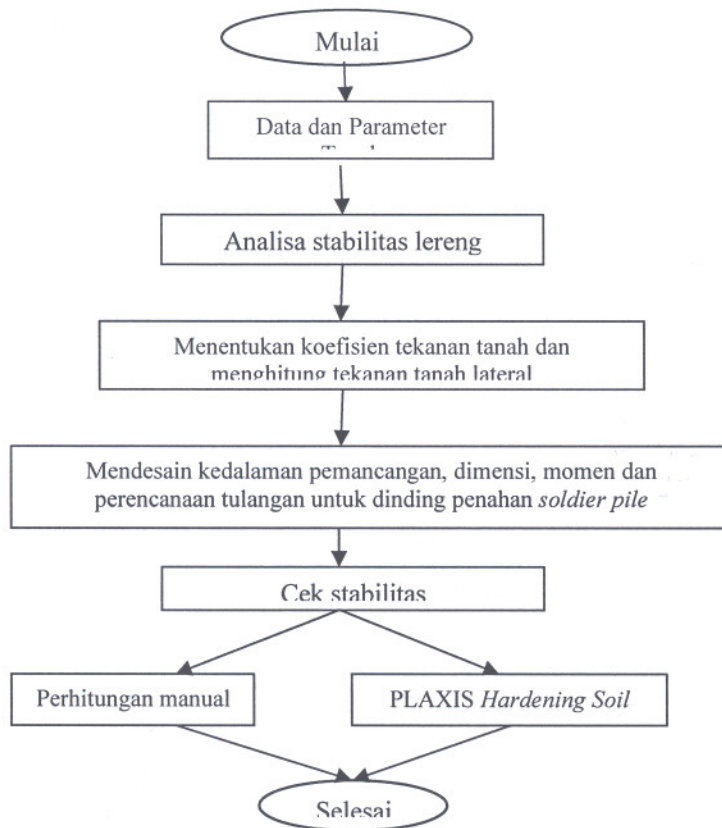
PLAXIS

Metode ini merupakan langkah-langka yang akan dilaksanakan dalam mendesain dinding penahan tanah. Gambar 3 merupakan alur perencanaan dinding penahan tanah berbentuk bagan alir. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa langkah pertama adalah mengetahui data tanah, setelah itu menganalisis stabilitas lereng. Langkah selanjutnya adalah menentukan koefisien tekanan tanah dan menghitung tekanan tanah lateral, serta mendesain dimensi, ukuran, momen dan perencanaan tulangan untuk dinding penahan. Langkah akhir adalah cek stabilitas baik dengan perhitungan manual maupun menggunakan program PLAXIS.

PLAXIS merupakan suatu aplikasi berbasis elemen hingga yang digunakan dalam analisis deformasi dan stabilitas dua dimensi dalam rekayasa geoteknik. PLAXIS telah dikembangkan sejak tahun 1987 oleh *Delf University*, Belanda. PLAXIS dimaksudkan sebagai suatu alat bantu analisis untuk ahli geoteknik yang tidak harus menguasai metode numerik. Tim riset dan pengembangan PLAXIS menjawab masalah tersebut dengan merancang prosedur-prosedur perhitungan yang handal dan baik secara teoritis yang kemudian dikemas dalam suatu pemodelan yang logis dan mudah digunakan. Hasilnya, banyak praktisi geoteknik di seluruh dunia yang telah menerima dan menggunakannya untuk keperluan rekayasa teknis (PLAXIS 2D, 2007).



Gambar 2. Daerah Gelincir



Gambar 3. Alur Perencanaan Dinding Penahan Tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Tanah

Data ini merupakan data hasil penyelidikan tanah yang dilakukan pada proyek ini berupa penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium. Penyelidikan tanah di lapangan yang dilakukan yaitu *Standard Penetration Test (SPT)* dan hasil uji N-SPT pada *Bore Hole 1* dapat dilihat pada Tabel 1.

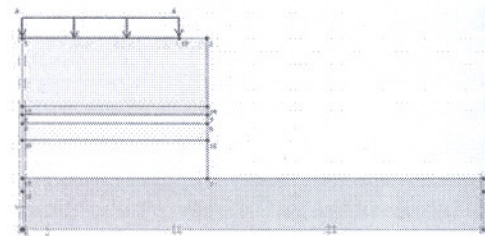
Massa longsor dibagi menjadi 5 segmen hingga didapat hasil:

$$\begin{aligned}
 FK &= \frac{\sum W \cdot \cos \theta \cdot \tan \varphi \cdot R + \sum L \cdot C_u \cdot R}{\sum W \cdot tb + \sum W} \\
 &= \frac{3820,465 + 57121,73}{16286,99 + 184} \\
 &= 3,69
 \end{aligned}$$

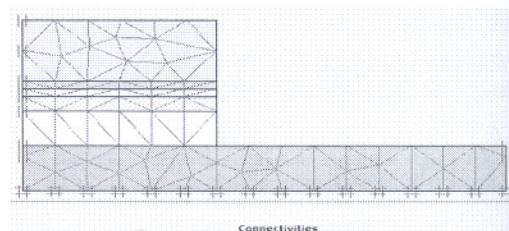
Analisis Dengan Plaxis Pemodelan *Hardening Soil*

Memasukkan nilai-nilai sesuai langkah-langkah hingga mendapat keluaran seperti terlihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Gambar 4 merupakan Hasil Keluaran Lapisan

Tanah dan Beban dan Gambar 5 merupakan *Generate Mesh Output*. Gambar 6 menunjukkan *Total Displacement* dari hasil kalkulasi dimana terlihat bahwa bidang longsor masih aman. Pada *Calculation Window* faktor keamanan yang didapat adalah 1,16.



Gambar 4. Hasil Keluaran Lapisan Tanah dan Beban

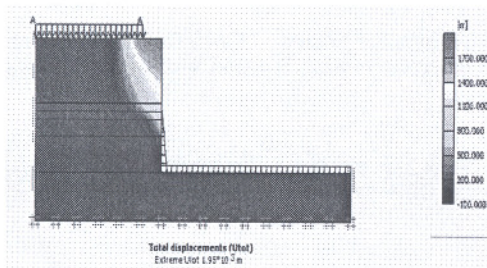


Gambar 5. *Generate Mesh Output*.

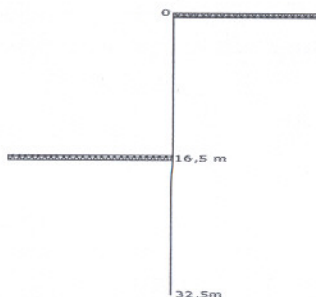
Tabel 1. Data Hasil Uji N-SPT

No.	Kedalaman (m)	Harga Pekerjaan (Rp)	N-SPT
1	0-8,05	<i>Stiff, reddish brown silty clay</i>	74,556
2	8,05-9,00	<i>Medium stiff, reddish brown silty clay</i>	52,974
3	9,00-10,00	<i>Soft, brown mottled light grey clayey silt</i>	47,088
4.	10,00-12,00	<i>Soft, light grey silty clay</i>	82,404
5.	12,00-16,50	<i>Soft, brownish grey clayey silt</i>	294,3
6.	16,50-18,00	<i>Hard, brownish grey cemented silt</i>	537,588
7	18-22.5	<i>Very dense, brownish grey cemented fine sandy silt</i>	588,6
8	22.5-26	<i>Very hard, grey cemented silt</i>	588,6
9	26-30.5	<i>Very hard, light grey cemented silt</i>	603,315
10	30.5-31.4	<i>Very hard, light grey cemented silt</i>	588,6

Sumber : Sofoco



Gambar 6. Total Displacement



Gambar 7. Hasil Perencanaan Soldier Pile

Perencanaan Kedalaman Soldier Pile

Hasil perencanaan *soldier pile* dilihat pada Gambar 7. Setelah mendapat dan menghitung nilai Ra dan Rb masing-masing maka tentukan kedalaman pemancangan (D), didapat $D = 12,141$ m. Untuk keperluan praktis dan keamanan, maka dinaikkan sebesar 30% (Paulus, 2004), menjadi

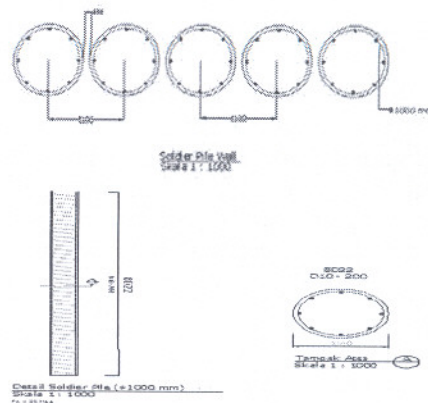
$$D = 12,141 \text{ m} \times 1,3 = 15,78 \text{ m} \approx 16 \text{ m}$$

Menentukan Dimensi dan Penulangan Soldier Pile

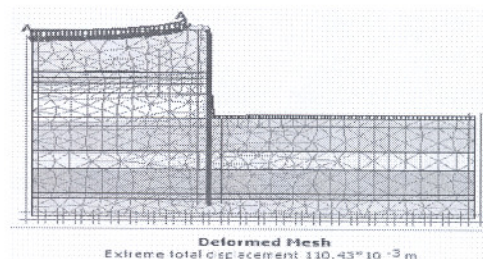
\varnothing *soldier pile* = 1 m Jarak antar *soldier pile* diambil 1,1 m c/c dan dibutuhkan tulangan 8 D22 dan tulangan geser \varnothing 10 - 200. Hasil perencanaan terlihat pada Gambar 8.

Analisis Kestabilan Dinding Soldier Pile Dengan PLAXIS Pemodelan Hardening Soil

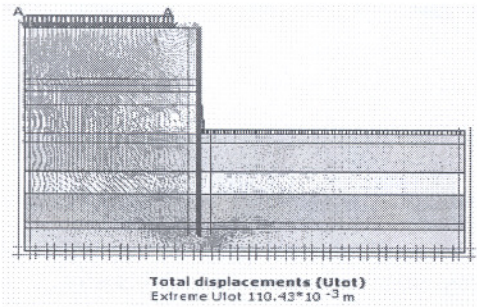
Tahap perhitungan terdiri dari perhitungan beban luar dan dinding, perhitungan galian 1 (galian di bawah muka air), dan tahap perhitungan galian 2. Keluaran perencanaan ditampilkan dalam Gambar 9. Gambar 9 menunjukkan bahwa setelah diberi dinding dan beban maka pemodelan jaring berubah dan terjadi deformasi. Deformasi yang stabil ditunjukkan dengan nilai *Total Displacement* seperti Gambar 10.



Gambar 8. Dimensi dan Penulangan Soldier Pile



Gambar 9. Deformed Mesh Output



Gambar 10. Total Displacement Output

SIMPULAN

Analisis dengan PLAXIS menggunakan pemodelan *hardening soil* mendapatkan angka keamanan sebesar 1,16 yang mendekati faktor keamanan, yaitu sebesar 1. Dari metode Fellenius didapat angka keamanan sebesar 3,69 yang menunjukkan sangat aman. Perbedaan ini disebabkan teori PLAXIS dengan Fellenius berbeda. Fellenius tidak menganalisis tanah per lapisan tetapi membagi luasan daerah gelincir per segmen, sedangkan PLAXIS memasukkan data tanah hingga kedalaman lapisan yang diinginkan. Dari pernyataan tersebut disimpulkan bahwa analisis PLAXIS lebih akurat dan mendekati realita kondisi lapangan. Oleh karena itu diambil angka keamanan dari PLAXIS. Galian *Basement* Proyek *The City Center Office Park* ini memiliki elevasi 16,5 m di bawah muka tanah. Diameter *soldier pile* sebesar 1 m, dan kedalaman pemancangan 32,5 m di bawah muka tanah. Deformasi maksimum yang didapatkan sebesar 0,1143 m. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa *soldier pile* dapat dijadikan pilihan karena aman dan kuat.

Dari hasil yang diperoleh, sebaiknya gunakan *soldier pile* berjangkar untuk meminimalisir kedalaman pemancangan. Selain itu dari segi biaya juga cukup ekonomis karena menghemat material yang dibutuhkan. *Soldier pile* yang digunakan biasanya sudah dicetak sedemikian rupa, sehingga praktis penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Darjanto, Helmy, "Penggunaan *Soldier Pile* Sebagai Dinding Penahan Tanah dalam kasus *Design and Build* Gerbang di Suatu *Real Estate* Surabaya Barat", *NEUTRON*, Vol. 5 No. 2, 2005
- Ezeldin, A. S., *Foundation Design, Practical Foundation Engineering Handbook*, 2004
- Goro. G. L., "Studi Analisis Stabilitas Lereng pada Timbunan dengan Metode Elemen Hingga", *Wahana Teknik Sipil*, Vol. 12 No. 1, 2007
- Hardiyatmo, Hary Christady, *Mekanika Tanah 2*, Penerbit PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1994
- Rahardjo. P. Paulus., *Manual Kestabilan Lereng*, Geotechnical Engineering Centre, Bandung, 1994
- Swan. C. C., and Seo. Y. K., "Slope Stability Analysis Using Finite Element Techniques", *Civil & Environmental Engineering Center for Computer-Aided Design The University of Iowa Iowa City, Iowa USA*, 1999
- Wahyudi, H., dan Lastiasih, Y., "Korelasi N_{spt} dan Berat Volume Tanah untuk Lempung Sangat Lunak", *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sipil TORSI*, 2007.