

EVALUASI PENGGUNAAN DINDING PENAHAN TANAH PADA TANAH BERKOHESI RENDAH TERHADAP PENAMBAHAN SOLDIER PILE

Oleh,
Suwandi

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta

Tanjung Rahayu

Dosen Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta
email: tanjungrahayu@yahoo.com

ABSTRAK : Karna letaknya dibawah tanah maka dalam perencanaannya dinding basement ada yang di desain untuk menahan tanah dan ada juga yang tidak didesain untuk menahan tanah. Evaluasi yang dilakukan disini adalah membandingkan pengaruh dinding basement sebagai dinding penahan tanah sebelum menggunakan tiang soldier pile terhadap dinding basement setelah menggunakan tiang soldier pile sebagai dinding penahan tanah. Perhitungan yang digunakan didasarkan pada rumusan konvensional dan tidak dilakukan simulasi dengan software komputer. Pada tahap awal, dihitung stabilitas global dan lokal menggunakan metode irisan Fellenius, teori Coulomb dan teori Rankine untuk dinding basement sebelum menggunakan tiang soldier pile yang selanjutnya dianalisa kekuatan dinding basement hingga didapatkan volume beton dan tulangan tanpa tiang soldier pile. Tahap selanjutnya melakukan analisa kesetimbangan menggunakan metode Burland, et.al pada dinding basement dengan tiang soldier pile sebagai dinding penahan tanah untuk kemudian dihitung volume beton dan tulangan kondisi tersebut. Terakhir dilakukan komparasi volume beton dan tulangan antara dinding basement sebelum dan setelah menggunakan tiang soldier pile hingga didapat reduksi volume beton 61,10 % dan volume tulangan 58,56 % lebih sedikit dibandingkan dinding basement dengan soldier pile.

Kata kunci : Dinding basement, soldier pile.

ABSTRACT: It is in the ground and in planning the wall is designed to withstand any land and there is not designed to hold land. The evaluation is done to compare the impact of this basement wall as a retaining wall ground before using a soldier piles against the wall after using the ground soldier pile as a retaining wall. Of calculations used based on the formulation conventional and not done the simulation by computer software. The initial stages calculated global stability and local uses the method a wedge fellenius, the theory and the theory of coulomb rankine for the walls of the basement prior to the use the mast soldier pile which later were analysed the power of the walls of the basement until obtained the volume of concrete and tulangan without a pole soldier pile. The next stage of equilibrium do analysis in a burland , et.al basement dengan on the wall a mast soldier pile as a retaining wall ground to then calculated the volume of concrete and tulangan this condition . Last done komparasi the volume of concrete and tulangan between walls basement before and after using a mast soldier pile until they reached the reduction of the volume of concrete 61,10 % and volume tulangan 58,56 % to be lower than the walls of the basement with soldier pile .`

Keywords: Basement walls, soldier pi

PENDAHULUAN

Latar belakang

Berdasarkan PERDA DKI Jakarta No.7-2010 BAB 5 Paragraf 3 Pasal 42 bahwa “*setiap gedung harus menyediakan lahan parkir*” hal tersebut yang membuat pengadaan lahan parkir menjadi wajib. Oleh sebab itu pembuatan *Basement* menjadi salah satu solusi dengan terbatasnya lahan terutama dikota besar. Karna letaknya dibawah tanah maka dalam perencanaannya dinding *basement* ada yang di desain untuk menahan tanah dan ada juga yang tidak didesain untuk menahan tanah. Jika dinding tersebut tidak didesain untuk menahan tanah maka dalam pelaksanaan biasanya perlu dibuatkan dinding struktural penahan tanah permanen. Pemilihan konstruksi yang digunakan mempertimbangkan banyak aspek dan dipilih yang paling efisien.

Tujuan penelitian

- a. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan tiang *soldier pile* sebagai dinding penahan tanah terhadap dinding *basement*
- b. Untuk mengetahui pengaruh dinding *basement* sebelum menggunakan tiang *soldier pile*
- c. Untuk mengetahui keadaan struktur dinding *basement* jika tidak menggunakan tiang *soldier pile*

- d. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan tiang *soldier pile* terhadap volume beton bertulang

Pembatasan masalah

- a. Perhitungan tidak menggunakan program struktur tetapi dihitung secara manual
- b. Basement yang dianalisa hanya *basement* satu lantai
- c. Stabilitas global diperhitungkan
- d. Stabilitas lokal diperhitungkan
- e. *Soil investigation* merupakan data sekunder
- f. Volume beton bertulang diperhitungkan
- g. Untuk stabilitas lokal menggunakan teori Coulomb
- h. Dengan tekanan tanah menggunakan teori Rankine
- i. dan stabilitas global menggunakan metode irisan Fellenius
- j. Metode analisis yang digunakan adalah dengan metode penyelesaian masalah (data primer dan data sekunder) dan metode pengumpulan data (Kepustakaan)
- k. Tekanan air tanah yang diperhitungkan adalah dalam kondisi muka air banjir
- l. Tidak meninjau metode kerja

DASAR TEORI

Pendahuluan

Asal mula dibuatnya konstruksi dinding penahan tanah adalah akibat bertambah luasnya kebutuhan konstruksi penahan yang digunakan untuk mencegah agar tidak terjadi kelongsoran menurut kemiringan alaminya. Sebagian besar bentuk dinding penahan tanah adalah tegak (vertikal) atau hampir tegak kecuali pada keadaan tertentu yang dinding penahan tanah dibuat condong kearah urugan.

Definisi dinding penahan tanah

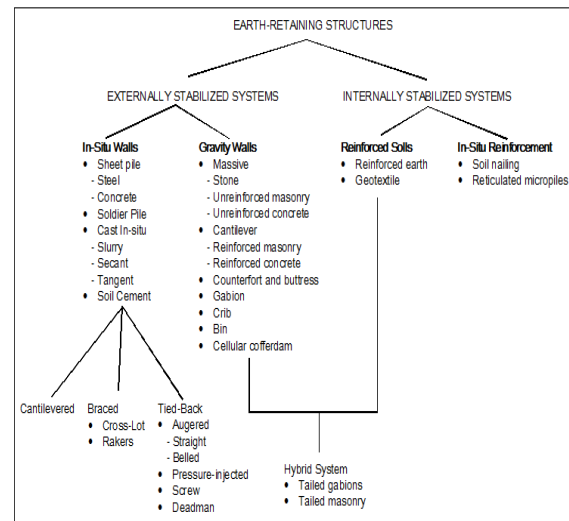
Menurut beberapa sumber terkait dinding penahan tanah memiliki beberapa definisi dengan pendekatan yang berbeda – beda diantaranya :

- Dinding penahan tanah adalah struktur yang didesain untuk menjaga dan mempertahankan dua muka elevasi tanah yang berbeda. (Donald P.Coduto, 2001)
- Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi penahan agar tanah tidak longsor. (Zainal N, ING.HTL dan Ir.Sri Respati N, 1995)
- Dinding penahan tanah adalah sebuah dinding yang dibangun untuk menahan

tanah yang akan runtuh. (Laurence D. Wesley,2010)

Macam – macam Dinding Penahan Tanah

Jenis – jenis dinding penahan tanah beraneka ragam, disesuaikan dengan keadaan lapangan dan aplikasi yang akan digunakan. O'Rourke dan Jones (1990) mengklasifikasikan dinding penahan tanah menjadi dua kategori yaitu sistem stabilisasi eksternal dan sistem stabilisasi internal serta sistem *hybrid* yang merupakan kombinasi kedua metode tersebut (lihat gambar 1)



Gambar1. Klasifikasi Dinding Penahan Tanah

Angka Keamanan Dinding Penahan Tanah

a. Sebelum Ditambah Tiang *Soldier Pile*

❖ Stabilitas Lokal

Kekuatan dan kestabilan struktur dinding *basement* sebelum

ditambahkan tiang *soldier pile* harus ditinjau terhadap faktor keamanan yang dalam hal ini menggunakan teori Coulomb untuk kestabilan lokal / kestabilan dinding itu sendiri terhadap gaya - gaya yang terjadi yang terdiri dari :

- *Base sliding*

Faktor keamanan untuk *base sliding* yang diizinkan yaitu harus lebih dari 1,5. Faktor keamanan *base sliding* diperoleh dari :

$$FK = \frac{(W + Pav) \cdot \tan \delta}{Pah} > 1,5$$

- *Over turning*

Faktor keamanan untuk *over turning* yang diizinkan yaitu harus lebih dari 1,5. Faktor keamanan *over turning* diperoleh dari :

$$FK = \frac{Mt}{Mg} > 1,5$$

- *Bearing capacity failure*

Faktor keamanan untuk *Bearing capacity failure* yang diizinkan yaitu harus lebih dari 3,0. Faktor keamanan *Bearing capacity failure* diperoleh dari :

$$FK = \frac{q_{ult}}{q_{maks}} > 3,0$$

❖ **Stabilitas Global**

Stabilitas global lebih ditujukan untuk stabilitas tanah terhadap keruntuhan jangka panjang atau jangka pendek tergantung fungsi bangunan tersebut. Untuk itu kekuatan dan kestabilan struktur dinding *basement* sebelum ditambahkan tiang *soldier pile* juga harus ditinjau terhadap faktor keamanan keruntuhan jangka panjang untuk lereng terbatas yang dalam hal ini menggunakan metode irisan dari Fellenius dengan nilai harus mendekati 1,0 atau dicari yang paling kecil karena dinding *basement* yang didesain menahan keruntuhan lereng jangka panjang, dengan pendekatan rumus untuk faktor keamanan sebagai berikut :

$$FK = \frac{\sum M_{penahan}}{\sum M_{penyebab}} = \frac{\tau \cdot \ell}{W \cdot x} = 1,0$$

$$= \frac{\sum \{c \cdot b \cdot \sec \alpha + (W - u) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \sin \alpha)} = 1,0$$

$$= \frac{\sum \left\{ c \cdot b \cdot \sec \alpha + \left(\left(\frac{h1+h2}{2} \right) \cdot b \cdot \gamma_{sub} - h_w \cdot \gamma_w \right) \cos \alpha \cdot \tan \phi \right\}}{\sum \left(\frac{h1+h2}{2} \cdot b \cdot \gamma \sin \alpha \right)} = 1,0$$

b. Setelah Ditambah Tiang Soldier Pile

❖ **Stabilitas Lokal**

Kekuatan dan kestabilan struktur dinding basement setelah ditambahkan tiang soldier pile sebagai turap beton permanen harus ditinjau terhadap faktor keamanan yang dalam hal ini untuk tiang soldier pile menggunakan metode kesetimbangan dari Burland, et al dan metode *unit load* untuk mengetahui *deflection* yang terjadi. Sehingga pengaruh penggunaan tiang *soldier pile* terhadap dinding *basement* dapat langsung ditinjau terhadap gaya - gaya yang terjadi dengan pendekatan rumus sebagai berikut:

∴ Faktor Keamanan *Burland, et al* untuk kesetimbangan Tiang soldier pile

$$\sum M = P_p L_p - P_a L_a = 0$$

$$FK = \frac{P_{p1} L_{p1}}{P_{a1} L_{a1} + P_{a2} L_{a2}} = 2,0$$

Jika tidak setimbang, maka perlu dipertimbangkan nilai *deflection* yang terjadi dan harus terpenuhi dengan menggunakan perhitungan *unit load* sebagai berikut:

$$\delta = \int_0^L \frac{Mu}{EI} dx$$

Komparasi Volume Beton Bertulang

a. Dimensi Beton Bertulang

Perhitungan dimensi beton bertulang ditinjau terhadap kapasitas tulangan terpasang pada dinding *basement* sebelum dan setelah ditambahkan tiang *soldier pile* dengan pendekatan terhadap lentur maksimum sesuai SNI 03-2847-2002 tentang beton bertulang yaitu :

- Perhitungan momen Nominal Perlu pada dinding basement

$$Mu = PaH . L$$

$$Mn_{perlu} = \frac{Mu}{\phi}$$

dimana :

- PaH=Total Tekanan Tanah aktif komponen Horizontal
- L = Jarak resultan gaya komponen horizontal
- $\phi = 0,8$

- Perhitungan momen Nominal Ada pada dinding *basement*

$$As = \frac{Mn_{ada}}{Fy(0,9d)}$$

Dimana, $d = h - \text{selimut beton} - \frac{D}{2}$

- Perhitungan kapasitas dinding *basement* dinyatakan aman jika:

$$Mn_{ada} > Mn_{perlu}$$

b. Volume Beton Bertulang

Volume beton bertulang dihitung secara langsung terhadap pengaruh dinding basement sebelum dan setelah ditambah tiang *soldier pile* dengan rumus berikut :

$$Volume\ beton = Panjang \times Lebar \times Tinggi$$

$$Berat\ Tulangan = Luastulangan \times BJ\ Besi \times Panjang\ Tulangan$$

$$= 0,25 \pi D^2 \times 78,5\ Kg / cm^2 \times L$$

DATA DAN ANALISA

Perhitungan Struktur Dinding Basement

Perhitungan dilakukan pada kondisi dinding basement sebelum menggunakan tiang *soldier pile*. Dengan pendekatan perhitungan sebagai berikut :

a. Analisa Terhadap Stabilitas Global

Berdasarkan metode Fellenius untuk kasus ini lingkaran gelincir dibagi menjadi sepuluh segmen dan lereng tersebut merupakan lereng jangka panjang maka digunakan rumus untuk Faktor Keamanan (FK) yaitu

$$FK = \frac{\sum M_{penahan}}{\sum M_{penyebab}} = \frac{\tau \cdot l}{W \cdot x} = 1,0$$

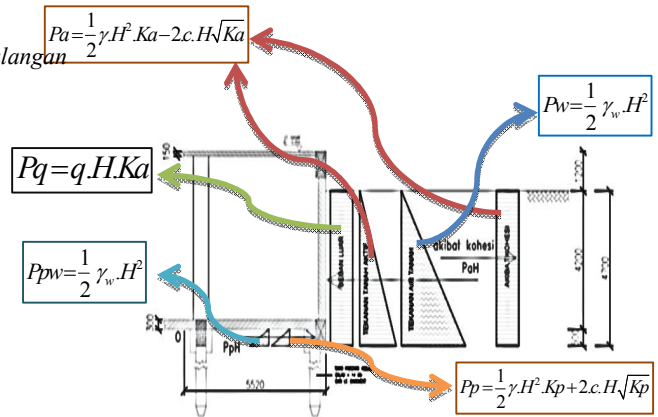
Dari tabel didapat :

$$FK = \frac{(a+b)}{c} = \frac{\sum \{c \cdot b \cdot \sec \alpha + (W-u) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum (W \sin \alpha)} = 1,0$$

$$FK = \frac{(-22,25 + (-20,55))}{-12,24} = 3,50 \dots\dots\dots (Ok\ lebih\ dari\ 1)$$

Sesuai perhitungan tersebut didapat area yg terpengaruh keruntuhan dengan jarak titik gelincir berada di “5,520 meter dari tepi pinggir lereng (titik 0) ”.

Analisa Terhadap Stabilitas Lokal



Gambar 2 Tekanan tanah aktif dan pasif

a. Mencari tekanan tanah.(Teori Rankine)

Didapat :

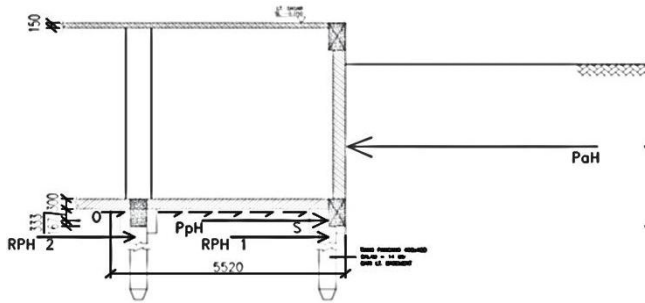
- Tekanan tanah aktif total = 19,306 t/m ;
bekerja pada jarak = 2,308 m
- Tekanan tanah pasif total= 2,46 t/m ;
bekerja pada jarak = 0,167 m

b. Kontrol stabilitas dinding basement. (Teori Coulomb)

❖ Kontrol terhadap geser

syarat :

$$FK = \frac{(W + PaV) \tan \delta + c \cdot B + PpH + RPH1 + RPH2}{PaH} > 1,5$$

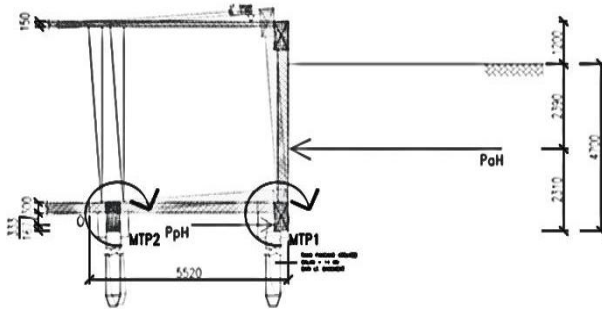


Gambar 3. Geseran disebabkan gaya PaH

Maka didapat:

$$FK = 2,136 > 1,5 \text{ (aman / tidak bergeser)}$$

❖ Kontrol terhadap guling



Gambar 4 Terguling disebabkan gaya PaH

$$M_{\text{tahan}} = M_{T1} + M_{T2}$$

$$M_{\text{tahan}} = 21,613 + 10,373$$

$$M_{\text{tahan}} = 31,99 \text{ ton}$$

$$\text{Dimana, } MTP1 = 16,7 \text{ t.m} \quad ; \quad MTP2 = 16,7 \text{ t.m}$$

$$FK = \frac{M_{\text{tahan}} + MTP1 + MTP2}{M_{\text{guling}}} > 1,5$$

$$FK = \frac{31,99 \text{ ton} + MTP1 + MTP2}{PaH \times \text{lengan}} = \frac{31,99 + 16,7 + 16,7}{19,306 \times 1,810}$$

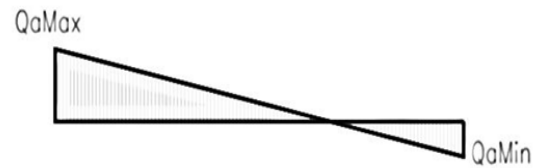
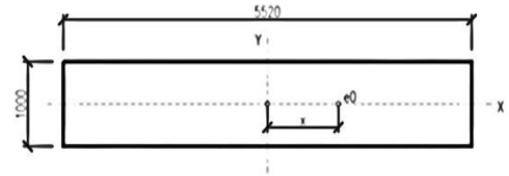
$$FK = \frac{65,39}{34,94}$$

$$FK = 1,87 > 1,5 \text{ (tidak guling / "OK")}$$

❖ Kontrol terhadap daya dukung

syarat :

$$FK = \frac{q_{\text{ultimate}}}{q_{\text{maks}}} > 3,0$$



Maka didapat :

$$FK = 4,187 > 3,0 \text{ (aman / mendukung)}$$

c. Cek kekuatan struktur dinding basement. (SNI 03-2847-2002)

Hitung momen nominal perlu

$$Mn_{\text{perlu}} = \frac{Mu}{\phi}$$

Coba digunakan :

2D10-150 ; Dengan T=300 mm

Cek momen nominal ada

$$As = \frac{Mn_{\text{ada}}}{Fy(0,9d)}$$

Syarat :

$$Mn_{\text{ada}} > Mn_{\text{perlu}}$$

Maka didapat :

$$Mn_{\text{ada}} > Mn_{\text{perlu}}$$

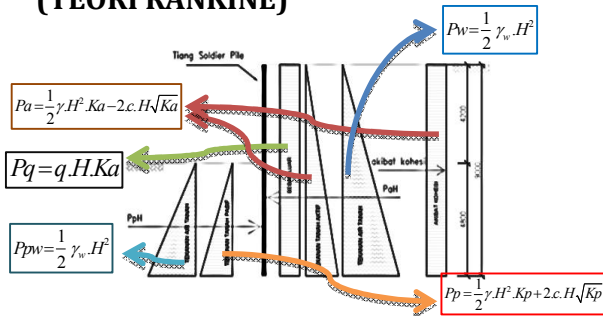
$$94,509 \text{ ton.m} > 55,75 \text{ ton.m (Aman)}$$

Analisis dinding basement setelah menggunakan tiang soldier pile

Perhitungan dilakukan terhadap pengaruh kondisi dinding basement setelah menggunakan tiang soldier pile. Dengan pendekatan perhitungan kesetimbangan titik momen menurut Burland, et al sebagai berikut :

a. Cek kesetimbangan tiang soldier pile

❖ Mencari tekanan tanah. (TEORI RANKINE)



Gambar 5 Pemodelan struktur soldier pile akibat gaya yang terjadi

Didapat :

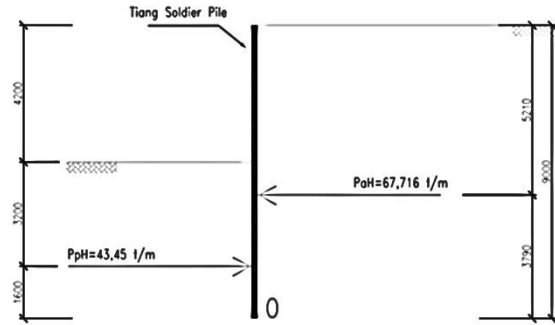
- Tekanan tanah aktif total = 67,716 t/m ; pada jarak = 3,79 m
- Tekanan tanah pasif total = 43,45 t/m ; Pada jarak = 1,6 m

❖ Cek kesetimbangan momen pada tiang soldier pile

Syarat :

$$\sum M = 0$$

$$\sum M = Pp.Lp - Pa.La$$



Gambar 6. Titik tangkap tekanan aktif horizontal tiang soldier pile

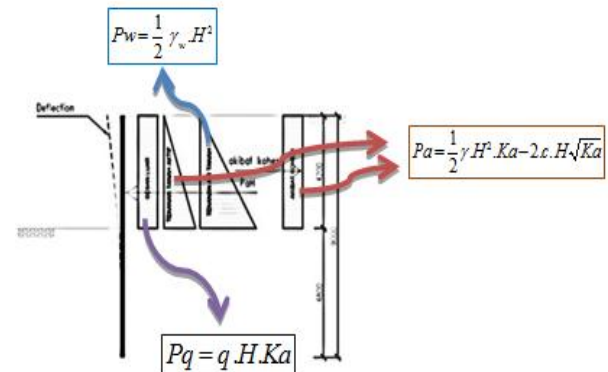
Maka :

$$\sum M = 43,45 \times 1,6 - 67,72 \times 3,79$$

$$\sum M = -187,139 \text{ ton} \dots (\text{tidak setimbang})$$

b. Cek deflection pada tiang soldier pile

Pada kondisi $\sum M = -187,139 \text{ ton}$ maka tiang soldier pile mengalami deflection atau pergeseran. Untuk itu perlu ditinjau seberapa jauh deflection yang terjadi pada tiang soldier pile dengan metode unit load adalah sebagai berikut :



Gambar 4.17 Deflection pada tiang soldier pile

- ❖ Mencari tekanan pada tiang bebas. (Teori Rankine)

Didapat :

- Tekanan tanah aktif total = 15,82 t/m
- Pada jarak = 2,13 meter

- ❖ Cek deflection yang terjadi. (metode unit load)

Dari gaya yang terjadi tersebut dapat dihitung deflection yang terjadi yaitu

$$\delta = \int_0^L \frac{Mu}{EI} dx = \int_0^L \frac{(PaH' \cdot x)x}{EI} dx$$

$$\delta = \int_0^L \frac{PaH' \cdot x^2}{EI} = \left(\frac{PaH' \cdot x^3}{3EI} \right)_0^L$$

$$\delta = \frac{PaH' \cdot L^3}{3EI}$$

dimana,

$$E = 4700 \sqrt{f'c} = 25310 \text{ Mpa} = 2531000 \text{ t/m}$$

$$I = \frac{h^4}{12} = \frac{0,3^4}{12} = 0,00067$$

$$\delta = \frac{15,82 \times 2,13^3}{3 \times 2531000 \times 0,00067} = 0,030 \text{ m} = 3,0 \text{ cm}$$

bergeser 3,0 cm

$$\text{Syarat} = 0,5\% \times H = \frac{0,5}{100} \times 900 \text{ cm}$$

$$\text{Syarat} = 4,5 \text{ cm} > 3,0 \text{ cm} \dots\dots\dots(\text{masih aman})$$

Komparasi volume beton bertulang

Volume beton bertulang pada dinding *basement* sebelum dan setelah ditambahkan

tiang *soldier pile* dilakukan perbandingan sehingga didapatkan kesimpulan pengaruh terhadap volume dinding *basement* sebelum ditambahkan tiang *soldier pile* adalah sebagai berikut :

ITEM PEKERJAAN	SATUAN	TANPA SOLDIER PILE	DENGAN SOLDIER PILE	DEVIASI	REDUKSI
DINDING BASEMENT					
- BETON	M3	1,77	4,55	2,78	61,10%
- TULANGAN	Kg/M3	56,68	136,76	80,08	58,56%

ket : Dihitung per meter lari

A. Kesimpulan

- ❖ Stabilitas global dinding

Dinding *basement* dinyatakan aman dan dapat digunakan sebagai dinding penahan tanah karena memiliki nilai kestabilan global yang disyaratkan Fellenius.

- ❖ Stabilitas lokal dinding

Dinding *basement* dinyatakan aman dan dapat digunakan sebagai dinding penahan tanah karena memiliki nilai kestabilan lokal yang disyaratkan Coulomb.

- ❖ Deflection pada tiang *soldier pile*

Berdasarkan metode unit load terjadi deflection 3,0 cm tetapi masih diizinkan.

- ❖ Reduksi volume beton bertulang

Tanpa penggunaan tiang *soldier pile* mampu mereduksi beton 61,10% dan tulangan 58,56%

Daftar Pustaka

Donald P. Conduto, 2001. "Foundation Design". Pomona, California State Polytechnic University.

Zainal N, ING. HTL dan Ir. Sri Respati N, 1995. "Pondasi". Depok, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Laurence D. Wesley, 2010. "Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu". Yogyakarta, Penerbit Andi.

R.F. Craig dan Budi Susilo, 1987. "Mekanika Tanah". Depok, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Tanjung Rahayu Raswitaningrum, Ir, MT, 2013. "Dinding Penahan Tanah". Jakarta, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.

SNI 03-2847-2002, "Beton Bertulang".

Chu Kia Wang, Ph.D, 1983. "Statically Indeterminate Structure". Surabaya, yustadi book series.