

DESAIN SOLDIER PILE DENGAN PLAXIS PADA BASEMENT GEDUNG BERTINGKAT

Uppit Yuliani

Universitas Gunadarma, uppitney@staff.gunadarma.ac.id

ABSTRAK

Pembangunan gedung bertingkat saat ini perlu memanfaatkan lahan dengan baik terutama area parkir bawah tanah atau basement. Stabilitas tanah penting diperhatikan pada konstruksi dinding penahan tanah khususnya area basement karena lingkungan sekitar gedung bertingkat menjadi pemicu faktor ketidakstabilan tanah. Salah satu solusinya adalah memasang tiang yang ramah lingkungan yaitu soldier pile. Dinding penahan tanah ini pelaksanaan pemasangannya tidak menimbulkan suara yang bising, penggunaannya dalam bentuk tiang pancang beton yang disusun berbaris di sekeliling area yang akan dipasang hingga membentuk dinding. Dari segi ekonomi cukup hemat karena material langsung dibuat di tempat. Pelaksanaan dimulai dengan menyelidiki tanah di proyek yang ada, tanah merupakan unsur penentu baik atau tidaknya dasar bangunan. Pada konstruksi bawah tanah seperti basement tekanan tanah lateral yang aktif harus ditahan menggunakan dinding penahan tanah yang kuat. Setelah mengetahui keadaan tanah langkah selanjutnya adalah menentukan struktur soldier pile seperti diameter, tulangan, kedalaman tiang pancang dan lainnya yang cocok untuk digunakan pada proyek. Besar diameter bergantung dari tinggi basement yang diinginkan dan beban horizontal. Analisis untuk mengetahui kestabilan lereng pada tanah dan menguji kekuatan dinding penahan tanah dilakukan secara manual dan menggunakan program PLAXIS. Kelebihan jika menggunakan software PLAXIS lebih praktis dibanding manual yang umumnya ahli dalam menggunakan perhitungan angka. Hasil dari penelitian adalah dapat melihat besar deformasi yang terjadi pada dinding penahan tanah serta faktor keamanan yang dapat menentukan kekuatannya.

Kata Kunci: Gedung Bertingkat, Program PLAXIS, Soldier Pile

PENDAHULUAN

Pesatnya pembangunan gedung bertingkat di perkotaan membutuhkan lahan yang makin luas. Biaya pembangunan gedung pun menjadi mahal akibat dari melambungnya harga lahan saat ini. Konstruksi basement menjadi permasalahan yang rumit dalam pembangunan suatu gedung bertingkat. Konstruksi pembangunan basement memerlukan perlakuan khusus dalam pembuatannya. Metode yang baik dalam pembuatan basement diperlukan untuk mencegah keruntuhan tanah. Salah satunya adalah dengan menggunakan dinding penahan tanah soldier pile. Soldier pile adalah tiang pancang beton yang disusun berbaris di sekeliling area yang akan dipasang

hingga membentuk dinding dan pembuatannya langsung di tempat.

Kestabilan tanah adalah faktor penentu kekuatan dinding penahan tanah. Stabilitas tanah memerlukan analisis kestabilan lereng yang tepat. Analisis kestabilan lereng diperlukan untuk memberikan evaluasi potensi longsor, mengkaji pengaruh dari beban yang tak terduga seperti gempa dan beban horizontal. Perhitungan SF (Faktor keamanan) pada lereng dapat diperhitungkan dengan membagi kekuatan geser rata-rata dari tanah dengan tegangannya yang bekerja sepanjang bidang. Lereng dapat dikatakan aman jika faktor keamanan lebih dari 1. Faktor keamanan untuk tanah yang berkohesi dapat diambil

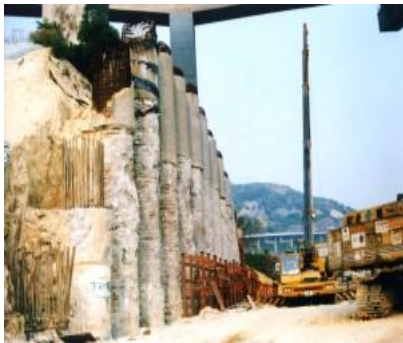
sebesar $\leq 1,2$ (SNI - 03.1962 – 1990 dan Pd T-09-2005-B 2006). Analisis stabilitas lereng selain perhitungan manual juga dilakukan dengan metode elemen hingga dua dimensi PLAXIS. Pada rekayasa geoteknik seiring perkembangan zaman, metode ini dikembangkan untuk desain maupun menganalisis deformasi, stabilitas lereng serta aliran air tanah. Aplikasi ini menampilkan mode tanah dan struktur, user friendly, perhitungan yang baik, serta memperhatikan tiga kondisi yaitu keseimbangan, kompatibilitas dan persamaan konstitutif. Contoh soldier pile seperti Gambar 1 berikut.

Di bawah ini adalah contoh *soldier pile* yang digunakan di luar negeri yaitu Triangle of the Arch di Paris, France Gambar 2 dan Rolland Garros Stadium di Paris, France Gambar 3. Detail konstruksinya seperti Gambar 4.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian perncanaan dinding penahan tanah berbentuk flowchart dapat dilihat pada Gambar 5. Langkah pertama adalah mengetahui data tanah, setelah itu menganalisis kemiringan dan potensi longsor pada lereng atau stabilitasnya, kemudian perhitungan besar koefisien tekanan tanah lateral, pembuatan struktur soldier pile kemudian langkah terakhir menguji stabilitas baik secara manual dan PLAXIS.

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian dilapangan yaitu N-SPT. Untuk pengujian tanah proyek dilakukan baik di laboratorium maupun lapangan. Pada proyek ini elevasi tanah pada 12,8 m dan letak muka air tanah pada 8 m dibawah permukaan. Tabel 2 adalah tabel data parameter tanah yang akan dimasukkan dalam program PLAXIS.



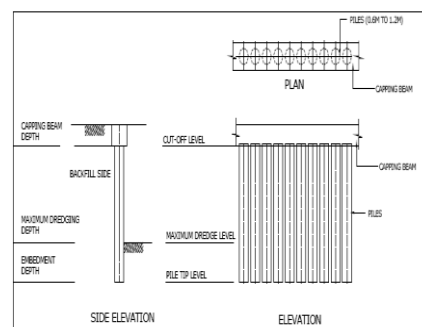
Gambar 1 Soldier Pile
Sumber: Google Picture



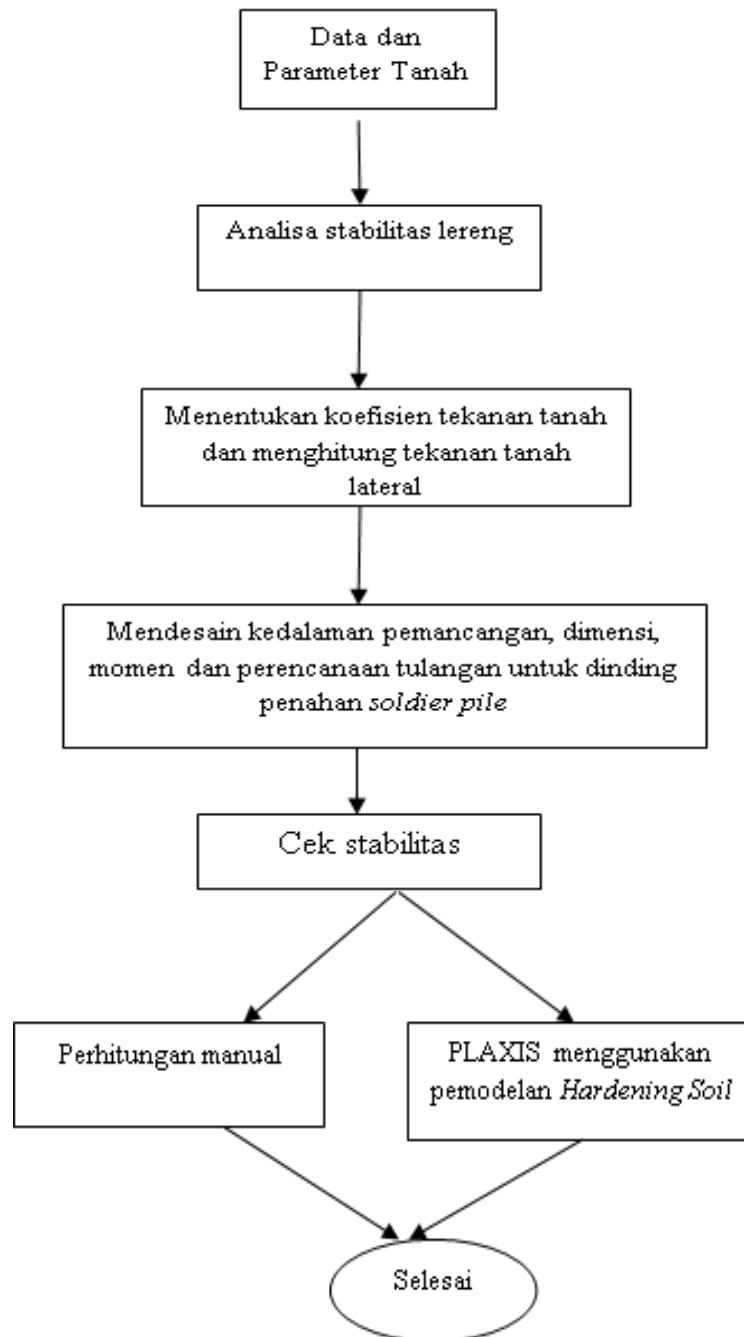
Gambar 2 Triangle of the Arch di Paris
Sumber: Google Picture



Gambar 3 Rolland Garros Stadium di Paris
Sumber : Google Pictur



Gambar 4 Detail Konstruksi Soldier Pile
Sumber: Aplikasi PLAXIS 2008



Gambar 5 Alur Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Sumber: *NEUTRON*, Vol. 5 No. 2, 2005

Metode manual yang digunakan untuk menganalisis kemiringan lereng dan potensi longsor pada tanah adalah metode Fellenius. Analisis dengan metode ini dapat dilihat pada Gambar 6 yaitu potongan melintang busur.

Langkah awal dalam perhitungan manual pada metode ini adalah menentukan jari-jari lingkaran gelincir (R) yaitu 20 m, selanjutnya adalah menentukan sudut dalam lingkaran

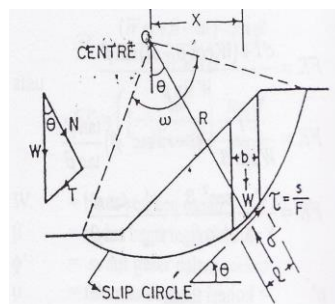
gelincir (ω) yaitu 115° , besar total busur, menghitung luas dan berat irisan, menghitung titik pusat gelincir (tb), sudut antara busur, terakhir sebelum mendapatkan nilai FK adalah menentukan momen gelincir dan tahanan. Nilai FK didapatkan dengan membagi penjumlahan momen penahan dan penjumlahan panjang busur dengan penjumlahan momen gelincir dan berat irisannya.

Tabel 1.
Data Pengujian N-SPT di Lapangan

Kedalaman (meter)	Deskripsi tanah	N-SPT
0-8,00	Kaku, tanah berlumpur cokelat kemerahan	74,556
8,00-9,00	Agak kaku, tanah berlumpur cokelat kemerahan	52,974
9,00-10,00	Lunak, tanah berlumpur abu-abu cokelat berbintik	47,088
10,00-12,00	Lunak, tanah liat abu-abu terang	82,404
12,00-16,50	Lunak, tanah liat cokelat keabuan	294,3
16,50-18,00	Keras, endapan lumpur abu-abu kecokelatan	537,588
18-22.5	Sangat padat, endapan lumpur abu-abu kecokelatan berpasir	588,6
22.5-26	Sangat keras, lumpur bersemen keabuan	588,6
26-30.5	Sangat keras, lumpur bersemen keabuan	603,315
30.5-31.4	Sangat keras, lumpur bersemen keabuan	588,6

Tabel 2.
Data Parameter Tanah

Parameter	Nama	Lapisan Tanah					
		1	2	3	4	5	6
N-SPT (rata-rata)		6,33	4,5	4	7	25	45,67
Model bahan	Pemodelan	HS	HS	HS	HS	HS	HS
Jenis	Jenis	Undraind	Undraind	Undraind	Undraind	Undraind	Undraind
Berat isi tanah (atas)	γ_{unsat}	11,98	3,43	3,33	3,26	3,29	4,07
Berat isi tanah (bawah)	γ_{sat}	13,98	5,43	5,33	5,26	5,29	6,07
Permeabilitas horisontal dan vertikal	k_x dan k_y	0,000864	0,000864	0,000864	0,000864	0,000864	0,000864
Kohesi	c	74,556	52,974	47,088	82,404	294,3	537,588
Sudut Geser	ϕ	29,28	29,28	28,62	28,44	29,52	36
Sudut Dilatasi	ψ	0	0	0	0	0	0



Gambar 6 Analisis Fellenius
Sumber : Studi Stabilitas Lereng, 2008

Analisis dan perhitungan dengan PLAXIS didapat dengan memasukkan data-data parameter tanah, untuk mendapatkan SF, pada kotak calculation window double click di bagian yang akan dikalkulasi, pilih phi-c reduction hingga muncul output. Dengan memasukkan nilai data tanah tiap lapisan maka didapat nilai Ka dan Kp tiap lapisan, tekanan tanah lateral aktif dan pasif dan gaya-gayanya, maka akan didapat diagram distribusi tekanan untuk mendapat kedalaman pemancangan. Perhitungan dimensi dan penulangan melakukan perhitungan sesuai data menurut pedoman SK SNI 03-2842-2002 dan SKSNI T-15-1991-03.

Tahap perhitungan menggunakan PLAXIS yang digunakan untuk mengetahui kestabilan tanah dan dinding penahannya terdiri dari :

Tahap 1: Dinding dan beban yang ada di luar.

Program ini sudah otomatis membuat perhitungan pada tahap awal dengan memasukkan data yang ada. Seluruh nilai prapilih harap diterima pada tab general yang ada pada lembaran. Parameter dari segi pengatur dan prosedur iterasi diterima pada tab parameter.

Untuk memulai memasukkan beban, pilihlah *staged construction*, kemudian mengklik tombol *define* dan akan muncul jendela *staged construction* yang menampilkan geometri yang sedang aktif, klik pada beban dan dinding (beban dan dinding berubah menjadi biru). Klik tombol *update*.

Tahap 2 : galian 1 (galian dibawah muka air)

Dalam jendela perhitungan, klik tombol *next*. Sebuah tahap perhitungan baru akan muncul dalam daftar. Sebelum masuk ke lembar perhitungan harap diterima seluruh nilai prapilih.

Nonaktifkan klaster dan tekan tombol *update*.

Tahap 3 : galian 2

Pemodelan penggalian tanah yang terdiri dari beberapa lapisan menjadi tahapan akhir dalam perhitungan. Klik tombol *update* dan akan diperlihatkan kembali lembar perhitungan. Pilih titik tegangan atau nodal untuk menghasilkan model kurva perpindahan dari beban yang ada. Maka akan muncul output total displacement.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis faktor keamanan dari dinding penahan tanah secara manual menggunakan metode Fellenius maka didapat hasil-hasil sebagai berikut :

Untuk panjang total busur didapatkan

$$L = \frac{\pi \times R \times \omega}{180^\circ} = \frac{\pi \times 20 \times 115}{180^\circ} = 40,14$$

$$L \cdot C_u \cdot R = 40,14 \cdot 88,608 \cdot 20 = 71134,50$$

Sedangkan faktor keamanan dihasilkan sebagai berikut

$$FK = \frac{M_{penahan} + \text{panjang total busur}}{M_{gelincir} + \text{berat irisan}} = \frac{3820,465 + 71134,50}{16286,99 + 184} = 4,55$$

Dari perhitungan manual tersebut didapatkan FK lebih dari 1,0 maka lereng dalam keadaan mantap sesuai konsep stabilitas lereng.

Analisis menggunakan PLAXIS melakukan input nilai hingga menghasilkan output gambar, lalu melakukan perhitungan pada calculation window, untuk mencari SF, pada kotak *calculation window double click* di bagian yang akan dikalkulasi hingga menghasilkan output pada Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan hasil perhitungan dari input-input data sebelumnya di PLAXIS, pada info perhitungan faktor keamanan yang didapat adalah 1,16. Hasil ini sesuai konsep stabilitas lereng adalah mantap untuk FK lebih dari 1.

Jika tanah sudah dalam keadaan aman maka selanjutnya adalah merancang dimensi dan penulangan soldier pile, untuk nantinya dipancang, dalam menentukannya diperlukan nilai ρ_{min} , b dan d untuk mencari nilai A_s , setelah mendapat nilai A_s maka kita dapat menentukan jumlah tulangan yang dibutuhkan dan diameter tulangan geser yang dibutuhkan dimana mutu beton sebesar 25 Mpa dan mutu baja adalah 400 Mpa, faktor reduksi sebesar 0,8 dan diameter soldier pile 1 m, maka :

$$\beta_1 = 0,85 \quad (0 < f'_c < 30 \text{ Mpa}).$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c \times 600}{f_y \times (600 + f_y)} = 0,03$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \times \rho_b = 0,75 \times 0,03 = 0,0225. \quad \rho \text{ ada } \leq 0,5 \text{ rho maksimum (persyaratan lendutan). } \rho \text{ ada } \leq 0,5 \text{ (0,0225). } \rho \text{ ada } = 0,01125. \quad \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'_c} = \frac{400}{0,85 \cdot 25} = 18,82$$

(SKSNI T-15-1991-03)

$$R_n = \rho \times f_y \left(1 - 0,588 \rho \frac{f_y}{f'_c}\right) \\ = 0,01125 \times 400 \left(1 - 0,588 \times \frac{400}{25}\right) \\ = 3,337 \text{ MPa} = 3337 \text{ kN/m}^2$$

$$b = \frac{A_g}{0,8D} = \frac{\frac{1}{4} \pi D^2}{0,8D}$$

$$= \frac{\frac{1}{4} \pi (1)^2}{0,8(1)} = 0,9817 \text{ m}$$

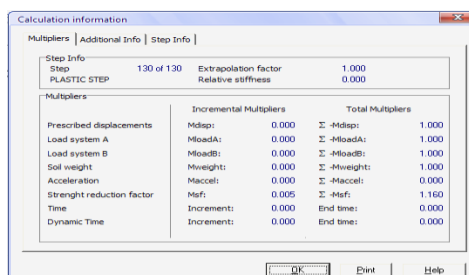
$$d = 0,8 D = 0,8 (1) = 0,8 \text{ m}$$

$$A_{s_p} = b \cdot d \cdot \rho \\ = 981,75 \cdot 800 \cdot 0,0035 \\ = 2748,89 \text{ mm}^2 \\ n = \frac{2748,89}{380} = 7,23 \approx 8$$

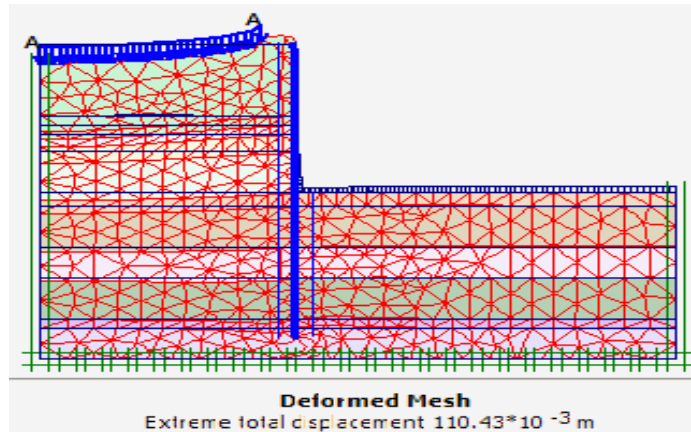
Untuk penelitian ini menggunakan tulangan jenis D-22 yang memiliki luas penampang 380 mm², sehingga didapat jumlah tulangan yang dibutuhkan adalah 8 tulangan jenis D-22 dengan A_s ada = 3040 mm² dan setelah menghitung tulangan geser, maka didapat tulangan geser yang dipakai \emptyset 10 – 200. Berdasarkan perhitungan nilai lateral tanah yaitu K_a dan K_p di PLAXIS maka didapat kedalaman pemancangan sebesar 32,5 m dan diameter yang digunakan adalah 1 m. Setelah mendesain soldier pile yang akan digunakan maka langkah selanjutnya menentukan deformasi maksimum untuk menentukan apakah soldier pile yang kita gunakan aman dan kuat.

Output deformasi dengan metode elemen PLAXIS dapat dilihat pada Gambar 8, ini digunakan untuk melihat deformasi tiap elemen tanah dengan jaring elemen. Deformed mesh dapat melihat keadaan tanah tiap lapisannya. Hasilnya harus sama dengan total displacement pada Gambar 9.

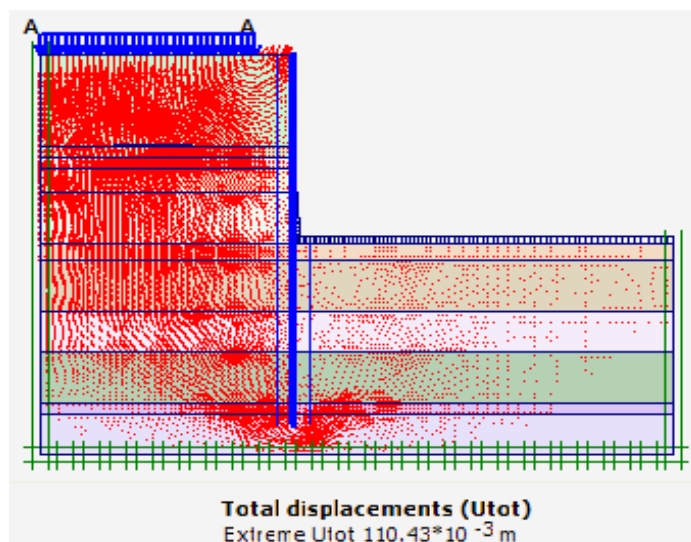
Output deformasi total dapat dilihat pada Gambar 9 didapatkan hasil 0,11043 m, dengan hasil ini menunjukkan deformasi dan stress yang terjadi kecil dan soldier pile aman dan kuat untuk digunakan.



Gambar 7 Calculation Info



Gambar 8 *Output Deformed Mesh*



Gambar 9 *Output Total Displacement*

KESIMPULAN DAN SARAN

Perhitungan manual dan PLAXIS yang telah didapatkan dari penelitian ini menunjukkan hasil yang keduanya aman. Dengan PLAXIS didapatkan angka aman sebesar 1,16 dan ini menunjukkan lereng aman karena faktor keamanan lebih dari 1. Angka aman sebesar 4,55 yang menunjukkan sangat aman. Pada perhitungan manual lapisan-lapisan tanah tidak dianalisis seperti pada PLAXIS, Manual hanya memasukkan berdasarkan data numeric saja, hal ini yang menyebabkan angka keamanan antara keduanya berbeda. Analisis dengan software PLAXIS ini cukup akurat karena analisis tanah per segmen sehingga dapat diketahui stabilitas

tanah di lapangan, maka nilai angka aman yang lebih baik untuk digunakan adalah dari program PLAXIS.

Struktur soldier pile yang digunakan pada proyek ini yaitu sebesar 1 m dengan pemancangan yang mencapai kedalaman 32,5 m di bawah permukaan tanah. Perhitungan pada PLAXIS menunjukkan deformasi maksimum yaitu $11,4 \times 10^{-2}$ m. Analisis yang menunjukkan hasil deformasi yang kecil ini membuat soldier pile layak dijadikan pilihan karena aman dan kuat dipakai pada proyek. Dari segi ekonomi penggunaan soldier pile cukup hemat karena pembuatan langsung ditempat sehingga material yang dibutuhkan tidak banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Darjanto, Helmy. (2005). "Penggunaan Soldier Pile Sebagai Dinding Penahan Tanah dalam kasus Design and Build Gerbang di Suatu Real Estate Surabaya Barat", *NEUTRON*, Vol. 5 No. 2.
- Digital Collection Petra Christian University Library . (2010, Mei). *Landasan Teori*. http://jiunkpe/s1/sip4/2005/jiunkpe-ns-s1-2005_214010202087-basement-chapter2.pdf
- Hariyaniek, M., & Sufitri, Euis. (2005). *Metode Konstruksi Pembuatan Basement (Studi Kasus pada Proyek Pasar Tanah Abang Blok A Jakarta Pusat)*. Teknik Sipil UII. Yogyakarta
- Hing Law King. (2008). *Performance of Mutil-Propped Deep Excavation in Kenny Hill Formation*. Malaysia : Faculty of Civil Engineering.
- Kumar, Manish. (2003). "Deep Support System Using Diaphragm Wall and Contiguous Pile". Mumbai : ITD Cementation India Limited.
- Rahardjo. P. (1994). *Manual Kestabilan Lereng*, Bandung : Geotechnical Engineering Centre.
- Samtani Naresh C. (2006). "Soils and Foundation Reference Manual". *National Highway Institute U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Washington D.C, Vol. 1*.
- Williamson, K.C. (1997). *Construction Edition. Associated Schools of Construction Vol. 2 No. 3*.