

STUDI PARAMETER STRUKTUR PENAHAN GALIAN

Meilinda Kianto¹, Gogot Setyo Budi²

ABSTRAK : Dengan meningkatnya penggunaan dinding penahan galian, maka diperlukan perencanaan matang untuk menghindari kegagalan struktur. Salah satu *software* yang paling populer digunakan untuk memodelkan struktur geoteknik adalah Plaxis 2D. Sedangkan alternatif *software* permodelan 3 dimensi lainnya adalah SAP2000. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi program permodelan dua dan tiga dimensi terhadap defleksi struktur. Permodelan tanah menggunakan elemen *area spring* dengan konstanta pegas yang nilainya sama dengan *modulus of subgrade reaction* (ks). Nilai ks yang digunakan meliputi perumusan oleh Bowles, Terzaghi dan Reese berdasarkan korelasinya dengan N-SPT. Hasil analisa deformasi penahan tanah selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengamatan di lapangan. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa nilai ks menurut Terzaghi paling mendekati hasil pengamatan di lapangan. Selain itu, hasil deformasi Plaxis 2D cenderung menghasilkan nilai yang lebih besar.

KATA KUNCI: Plaxis 2D, SAP2000, *Modulus of subgrade reaction*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya jumlah konstruksi bangunan tinggi, semakin banyak pula penggunaan basement yang umumnya membutuhkan dinding penahan tanah untuk memperkokoh strukturnya. Penelitian kali ini akan mengamati perencanaan dinding penahan galian pada dua proyek dengan bantuan program Plaxis 2D dan SAP2000. Analisa Plaxis akan dilakukan menggunakan Mohr-Columb model. Sedangkan SAP2000 menggunakan *spring* model dimana nilai *spring constant* sama dengan *modulus subgrade reaction* (ks) yang dinyatakan oleh Bowles (1997), Terzaghi (1995) dan Reese (1974; 1975) berdasarkan korelasinya dengan nilai N-SPT.

Untuk proyek pertama, akan dianalisa nilai defleksi struktur maksimum akibat beban tambahan yang terletak 4 dan 5 meter dari galian sedalam 6 meter. Pada proyek kedua, akan dianalisa nilai defleksi sepanjang struktur dengan kedalaman galian 5,5 meter. Nilai analisa kemudian akan dibandingkan dengan hasil pengukuran inklinometer di lapangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi program permodelan dua dan tiga dimensi dengan membandingkan hasil analisa program permodelan terhadap nilai pengukuran inklinometer di lapangan.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang disebabkan oleh massa tanah terhadap struktur penahan tanah. Tekanan tanah yang menyebabkan struktur terdorong menjauh dari *backfill* disebut tekanan tanah aktif, sedangkan resistensi yang diberikan tanah sebagai respons terhadap pergerakan struktur yang mendesak tanah disebut tekanan tanah pasif. Situasi dimana struktur penahan tanah berada dalam keadaan diam disebut tekanan tanah statis (Rankine, 1857).

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415059@john.petra.ac.id

² Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, gogot@petra.ac.id

2.2. Beam on Elastic Foundation

Beam on elastic foundation adalah keadaan dimana tanah yang bersentuhan dengan pondasi dianggap sebagai alas pegas. Deformasi pondasi dinyatakan dengan pegas-pegas yang identik, independen, elastis, dan berjarak dekat satu sama lain. Konstanta proporsionalitas dari pegas ini dikenal dengan *modulus of subgrade reaction* (k_s) (Winkler, 1867).

2.3. Modulus of Subgrade Reaction

Modulus of subgrade reaction (k_s) adalah hubungan konseptual antara tekanan tanah dan defleksi struktur yang banyak digunakan dalam analisis pondasi. Bowles (1997) menyarankan bentuk persamaan umum dari k_s horizontal pada kedalaman Z ditunjukkan oleh persamaan 1 sampai persamaan 3

$$k_s = A_s + B_s Z^n \quad (1)$$

$$A_s = C(cN_c s_c + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma) \quad (2)$$

$$B_s Z^n = C(\gamma N_q s_q) Z^n \quad (3)$$

Dimana N_c, N_γ, N_q adalah *bearing capacity* Terzaghi (1995) dan s_c, s_γ, s_q merupakan *shape factor*. Variabel n adalah eksponen dari *load test*, jika tidak tersedia nilainya ditentukan 1. B adalah lebar struktur, c merupakan nilai kohesi tanah, dan C adalah nilai konstanta sebesar 80 untuk satuan SI. Tomlinson (1994) menyatakan bahwa nilai k_s yang cukup akurat ditampilkan pada **Tabel 1**. Nilai k_s lainnya ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Rentang Nilai k_s (Terzaghi, 1995)

Tanah tidak kohesif			
Kondisi	Lepas	Sedang	Padat
N	<10	10 - 30	>30
Kering atau lembab	0 - 15	15 - 45	45 - 175
Basah	0 - 10	10 - 30	30 - 100
Tanah kohesif			
Kondisi	Kaku	Sangat kaku	Keras
c_u (kN/m ²)	50 - 100	100 - 200	>200
k_s (MN/m ³)	0 - 25	25 - 50	50 - 100

Tabel 2. Rentang Nilai k_s (Reese, et al., 1974; 1975)

Tanah tidak kohesif			
Kondisi	Lepas	Sedang	Padat
k_s terendam (MN/m ³)	0 - 5,4	5,4 - 16,3	16,3 - 34
k_s di atas muka air tanah (MN/m ³)	0 - 6,8	6,8 - 24,4	24,4 - 61
Tanah kohesif			
c_u (KPa)	50 - 100	100 - 200	200 - 400
k_s (MN/m ³)	0 - 55	55 - 110	110 - 540

2.4. Plaxis 2D dan SAP2000

Plaxis 2D merupakan program *finite element* dua dimensi yang digunakan untuk melakukan analisis deformasi struktur dan kestabilan tanah dalam berbagai macam aplikasi geoteknik. Terdapat beberapa model yang bisa digunakan pada aplikasi plaxis, namun yang paling umum digunakan adalah model

Mohr-Coulomb. SAP2000 adalah program yang digunakan untuk mensimulasikan perilaku struktur tiga dimensi. Ada beberapa jenis analisis yang dapat dilakukan dalam program SAP2000, namun analisis yang paling umum digunakan adalah analisa statis.

3. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan pada dua proyek. Struktur penahan tanah pada proyek pertama menggunakan *secant pile*, sedangkan pada proyek kedua menggunakan *sheet pile* beton. Panjang *primary pile* dan *secondary pile* pada proyek pertama masing-masing adalah 15 meter dan 23 meter dengan diameter 0,6 meter dan 0,8 meter. Untuk panjang *sheet pile* pada proyek kedua adalah 12 meter. Permodelan pada Plaxis 2D memodelkan struktur dengan menggunakan elemen *plate*, dan SAP2000 memodelkan struktur dengan elemen *shell-thin*. Beban merata tambahan pada proyek pertama ditentukan sebesar $2t/m^2$ dengan panjang 15 meter. Beban yang terlibat dalam analisis adalah beban sendiri tanah yang berada di atas dasar galian, tekanan lateral aktif tanah, dan tekanan lateral akibat air tanah. Adapun parameter tanah yang digunakan dalam analisa Plaxis 2D dan SAP2000 ditampilkan pada **Tabel 3** untuk proyek pertama dan **Tabel 4** untuk proyek kedua.

Tabel 3. Parameter Tanah Proyek Pertama

Parameter	Lempung berpasir	Lempung berpasir	Lempung berpasir	Pasir	Lempung berpasir
Kedalaman (m)	0 - 6	6 - 11	11 - 19	19 - 21	21 - 41
Muka air tanah (m)	2,5				
Model material	Mohr Columb				
Berat jenis tanah basah (kN/m^3)	16	16	16	16	16
Berat jenis tanah jenuh (kN/m^3)	17	17	17	18	17
<i>Young's modulus</i> (kN/m^2)	15000	20000	37000	50000	37000
<i>Permeability coeff.</i> (m/day)	0,001	0,001	0,001	50	0,001
Kohesi (kN/m^2)	4	5	7	1	7
Sudut geser dalam	26	27	27	35	27

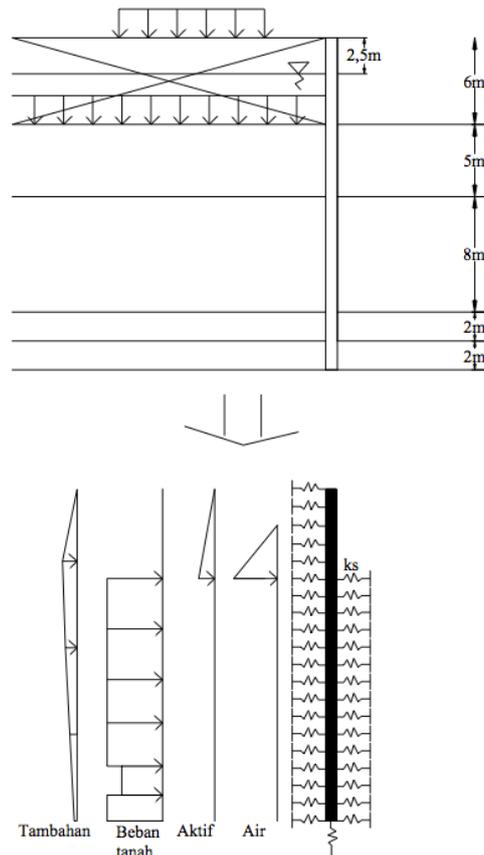
Tabel 4. Parameter Tanah Proyek Kedua

Parameter	Lempung	Lempung	Lempung
Kedalaman (m)	0 - 4	4 - 8	8 - 18
Muka air tanah (m)	-		
Model material	Mohr Columb		
Berat jenis tanah (kN/m^3)	17	17	17
<i>Young's modulus</i> (kN/m^2)	12000	15000	20000
<i>Permeability coeff.</i> (m/day)	0,001	0,001	0,001
Kohesi (kN/m^2)	47,4	47,2	79,8
Sudut geser dalam	0	0	0

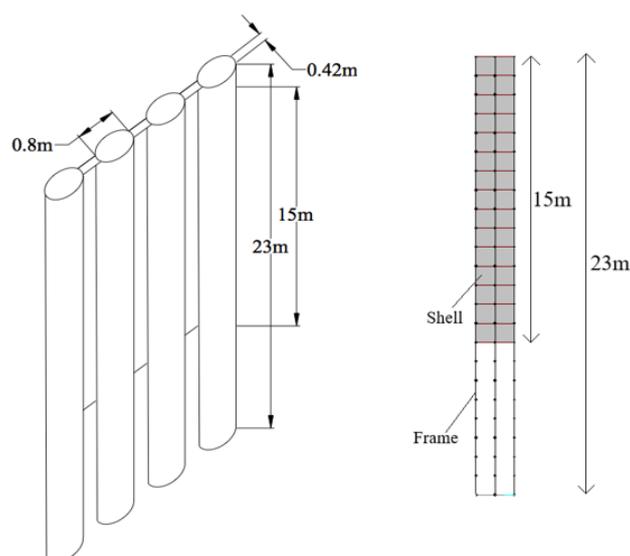
4. HASIL DAN ANALISA PENGUJIAN

Untuk proyek pertama, pengujian dilakukan terhadap dua idealisasi memanjang. Idealisasi A mengasumsikan bahwa bentang dinding sama panjangnya dengan *primary pile*, yang dimodelkan menggunakan elemen *shell-thin*. Sedangkan *secondary pile* diasumsikan sebagai kolom dan dimodelkan

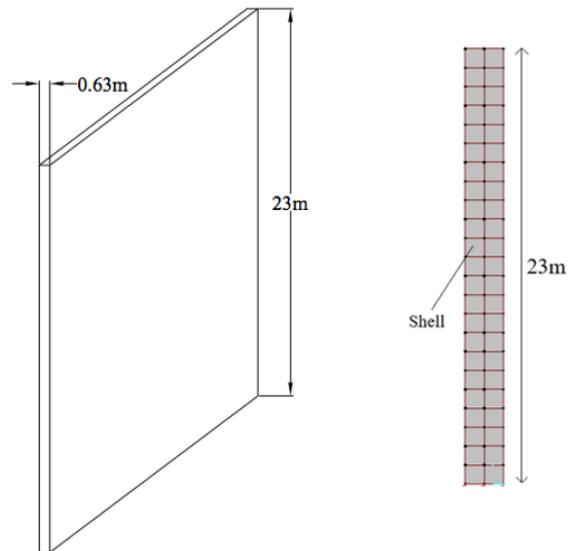
menggunakan elemen *frame*. Idealisasi B menyatakan bahwa seluruh bentang *secondary pile* adalah dinding yang dimodelkan dengan elemen *shell-thin*. Idealisasi struktur proyek pertama ditampilkan **Gambar 1** sampai **Gambar 3**. Idealisasi tersebut memodelkan tanah sebagai elemen *area spring*. Sama seperti tanah, *spring* ini hanya bisa menerima gaya tekan. SAP2000 membutuhkan input *spring constant* yang nilainya ditentukan sama dengan ks tanah. Besarnya ks dinyatakan oleh Bowles (1997), Terzaghi (1995) dan Reese (1974; 1975) berdasarkan hubungannya dengan N-SPT.



Gambar 1. Idealisasi Potongan Melintang Proyek Pertama

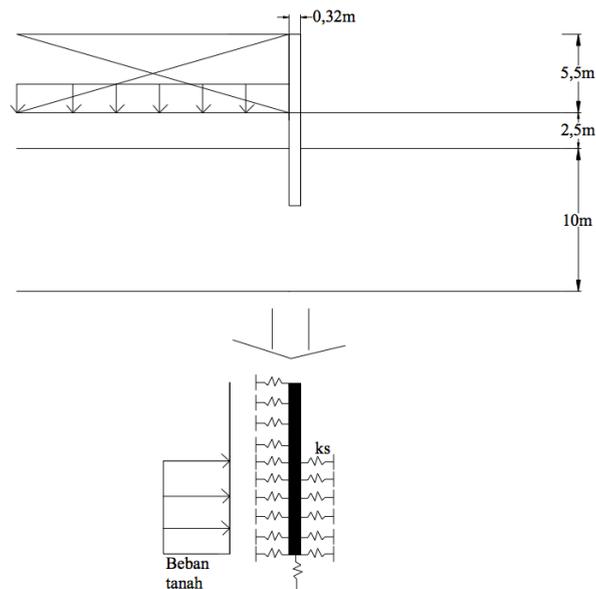


Gambar 2. Idealisasi A Potongan Memanjang



Gambar 3. Idealisasi B Potongan Memanjang

Struktur *sheet pile* beton pada proyek kedua akan dianalisa menggunakan elemen *shell-thin* untuk sepanjang bentang. Idealisasi struktur proyek kedua ditampilkan oleh **Gambar 4** dan **Gambar 5**. Idealisasi ini juga memodelkan tanah sebagai *area spring* yang hanya bisa menerima gaya tekan.

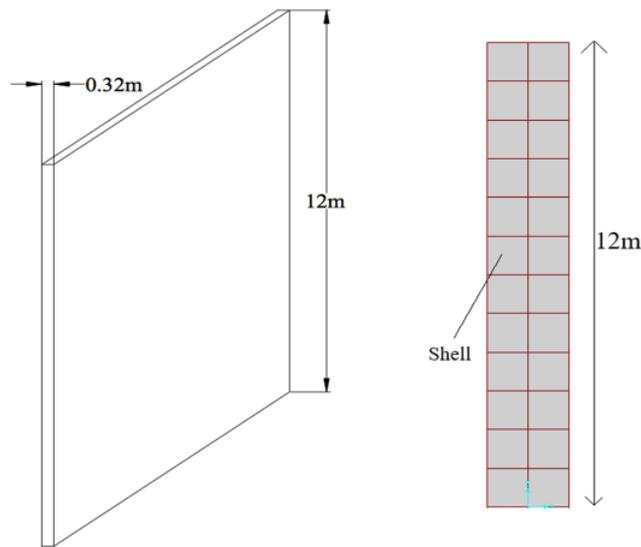


Gambar 4. Idealisasi Potongan Melintang Proyek Kedua

Besarnya nilai defleksi maksimum yang diperoleh dari inklinometer, Plaxis 2D serta SAP2000 untuk setiap nilai k_s dan idealisasi dapat dilihat pada **Gambar 6**. Nilai defleksi maksimum menurut Terzaghi (1995) dan Reese (1974; 1975) menunjukkan perbedaan signifikan jika dibandingkan dengan nilai defleksi maksimum menurut Bowles (1997). Adanya perbedaan hasil disebabkan oleh perbedaan variabel. Terzaghi (1995) dan Reese (1974; 1975) menyatakan nilai k_s berdasarkan nilai N-SPT, sementara Bowles (1997) menentukan besar k_s berdasarkan sudut geser dalam dan kohesi. Selain itu, hasil dari idealisasi A lebih kecil dibandingkan dengan idealisasi B.

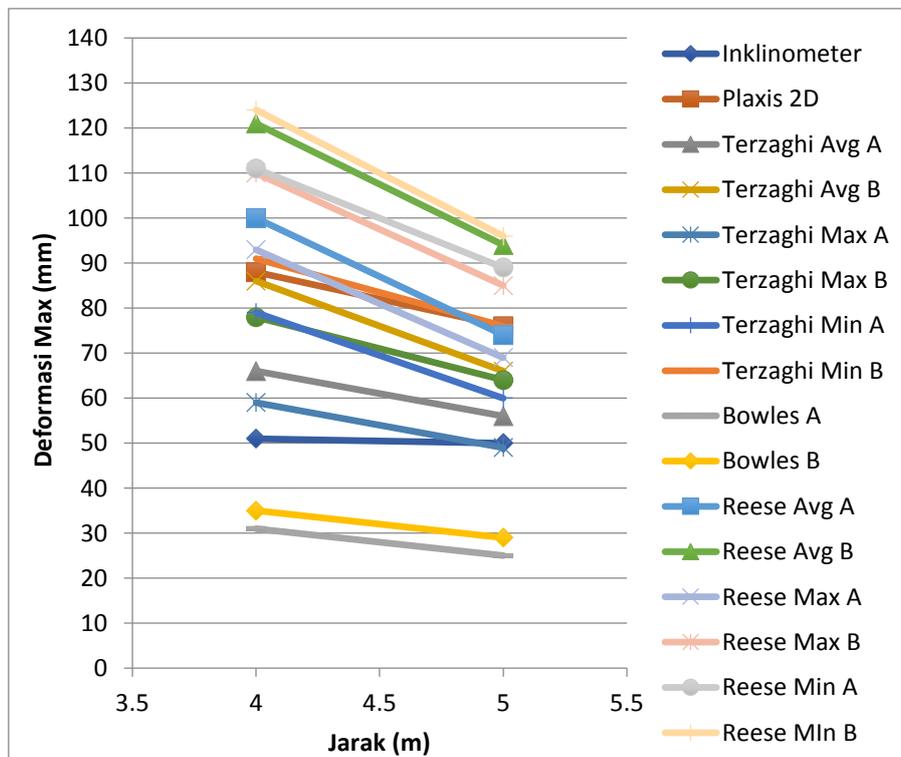
Dapat dilihat jika perubahan parameter k_s menyebabkan perbedaan defleksi yang cukup signifikan. Perbedaan defleksi antara k_s maksimum dan minimum mencapai 20 mm. Semakin kecil nilai k_s tanah, semakin besar defleksi struktur. Pada kedua idealisasi, nilai yang paling mendekati hasil inklinometer

dihasilkan oleh ks metode Terzaghi (1995). Sedangkan hasil analisis Plaxis 2D menunjukkan nilai yang lebih besar dari pengukuran inklinometer.



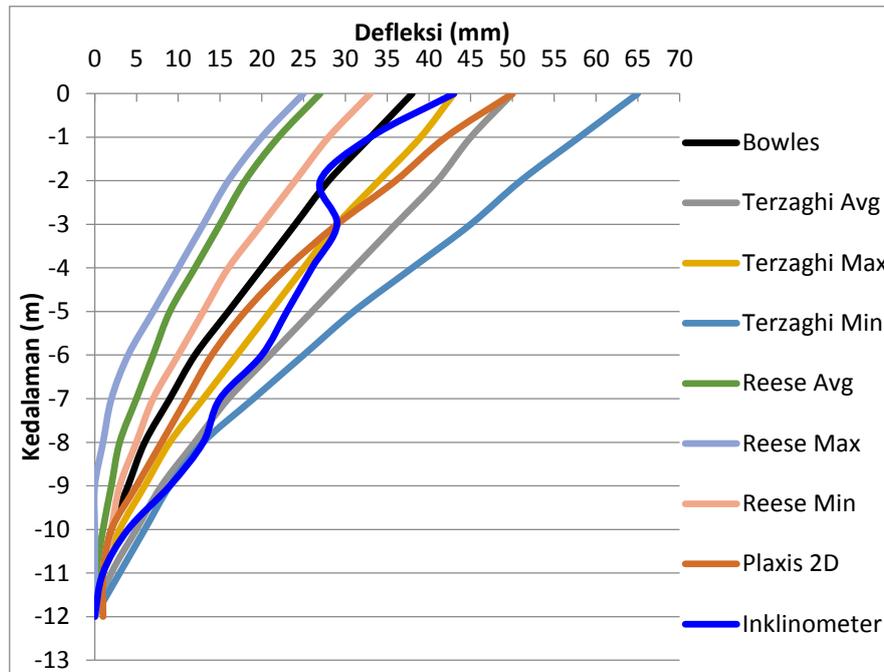
Gambar 5. Idealisasi Potongan Memanjang Proyek Kedua

Grafik menunjukkan bahwa perumusan Bowles (1997) dengan idealisasi A menghasilkan defleksi struktur terkecil, sedangkan defleksi struktur terbesar ditunjukkan oleh ks minimum Reese (1974; 1975) dengan idealisasi B. Nilai permodelan yang paling mendekati pembacaan inklinometer adalah Terzaghi (1995) dengan ks maksimum pada idealisasi A. Sementara selisih defleksi terjauh adalah Bowles (1997) dengan idealisasi A. Hasil dari metode Terzaghi (1995) dengan ks minimum pada idealisasi B mendekati nilai analisa Plaxis 2D. Salah satu faktor penyebabnya adalah Plaxis 2D yang memodelkan *secondary pile* sebagai dinding penuh, sama halnya dengan idealisasi B.



Gambar 6. Rentang Deformasi Maksimum

Besarnya nilai defleksi yang diperoleh inklinometer, Plaxis 2D dan SAP2000 sepanjang bentang stuktur untuk setiap nilai ks pada proyek kedua ditampilkan oleh **Gambar 7**. Terlihat bahwa nilai defleksi terkecil disebabkan oleh ks maksimum metode Reese (1974; 1975), sedangkan deformasi terbesar dihasilkan oleh ks minimum metode Terzaghi (1995). Hasil analisis yang paling mendekati pembacaan inklinometer adalah metode Terzaghi (1995) dengan ks maksimum. Hasil ini konsisten dengan hasil dari proyek pertama. Selain itu, hasil analisa dari proyek pertama dan kedua menunjukkan bahwa nilai defleksi menurut Plaxis 2D lebih besar dibandingkan nilai pengukuran inklinometer.



Gambar 7. Rentang Deformasi Struktur

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai studi parameter struktur penahan galian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: hasil deformasi struktur yang dianalisis dengan Plaxis 2D lebih besar dibandingkan nilai inklinometer di lapangan. Selain itu, pada kedua proyek, prediksi nilai deformasi struktur berdasarkan N-SPT batas atas (maksimum) metode Terzaghi (1995) menunjukkan hasil yang paling mendekati pengukuran inklinometer. Untuk nilai N-SPT rata-rata dan batas bawah (minimum), hasil analisa lebih besar dari pengukuran inklinometer. Pendekatan *spring constant* bisa dipakai untuk memprediksi deformasi dinding penahan tanah.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang diberikan penulis adalah dengan menambahkan jumlah proyek sehingga didapatkan kesimpulan yang lebih akurat, dan untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan tipe elemen *spring* yang berbeda, seperti *line spring* atau *joint spring*. Selain itu, untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan penambahan pemodelan dengan menggunakan model tanah seperti *Hardening Soil* atau *Soft Soil*.

6. DAFTAR REFERENSI

- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design, 5th Edition*, McGraw-Hill. Singapore.
- Rankine, W. J. (1857). Stability of Loose Earth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 147, 9-27
- Reese, L.C., W.R. Cox & F.D. Koop. (1974). Field Testing and Analysis of Laterally Loaded Piles in Sand. *Proceedings of the VI Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas*, 473-485
- Reese, L.C., W.R. Cox & F.D. Koop. (1975). Field Testing and Analysis of Laterally Loaded Piles in Stiff Clay. *Proceedings of the VII Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas*, 672-690
- Terzaghi, K. (1995). Evaluation of Coefficients of Subgrade Reaction. *Geotechnique*. 5(4), 297-326
- Tomlinson, M. J. (1994). *Pile Design and Construction Practice , 4th Edition*, Chapman & Hall. New York.
- Winkler, E. (1867). *Die Lehre von der Elastizitat und Festigkeit*, Dominicus Verlag. Jerman.