

ANALISIS DEFORMASI DINDING BASEMENT PADA SALAH SATU PROYEK DI SUDIRMAN MENGGUNAKAN METODE BACK ANALYSIS DARI HASIL MONITORING

Frando Wadino¹, Gregorius Sandjaja Sentosa² dan Ali Iskandar³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: frando_wadino@yahoo.co.id

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: gregoriuss@ft.untar.ac.id

³Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: ali.iskandar1999@gmail.com

ABSTRAK

Semakin sedikitnya lahan kosong dan pembangunan yang terus dilakukan membuat orientasi pembangunan bukan dilakukan secara horizontal lagi melainkan secara vertikal. Pembangunan vertikal ini tidak hanya dilakukan ke arah atas melainkan juga ke bawah dengan membangun basement menggunakan sistem galian dalam. Pada salah satu proyek di Sudirman, Jakarta, dilakukan pembangunan basement dengan kedalaman 23 meter dan menggunakan dinding penahan tanah jenis diaphragm wall dengan kedalaman 38 meter. Sebelum dilakukan pembangunan terlebih dahulu dilakukan analisis mengenai deformasi dinding yang akan terjadi. Namun hasil analisis desain menunjukkan nilai yang berbeda jauh dengan hasil pengamatan di lapangan saat galian mencapai dasarnya. Pada skripsi ini akan dilakukan analisis menggunakan Plaxis 2D untuk menemukan penyebab perbedaan ini dengan mempelajari pengaruh unloading dan reloading serta pengaruh pemasangan pondasi terhadap kekakuan tanah yang menyebabkan deformasi dinding penahan tanah menjadi lebih kecil daripada hasil analisis desain. Setelah dilakukan analisis akan diketahui besarnya pengaruh unloading dan reloading adalah sebesar 47,9452% serta pengaruh pemasangan pondasi adalah 52,0548% terhadap kesesuaian deformasi yang terjadi pada dinding penahan tanah.

Kata kunci: galian dalam, basement, diaphragm wall, Plaxis, deformasi, kekakuan tanah, unloading dan reloading, pondasi.

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah merupakan hal yang sangat vital karena hampir semua aktivitas kehidupan dilakukan diatas tanah salah satunya merupakan struktur bangunan yang berdiri di atas tanah. Semakin sedikitnya lahan di ibu kota membuat pembangunan gedung semakin berkembang ke arah vertikal. Tak hanya ke atas, perkembangan ilmu pengetahuan manusia juga menyebabkan pembangunan dapat dilakukan ke bawah. Pada prosesnya, pembangunan ke arah bawah menggunakan metode galian dalam atau *deep excavation*.

Pada salah satu proyek di Sudirman yang akan membangun *basement* sedalam 23 meter, dilakukan analisis mengenai deformasi dinding galian dalam yang akan terjadi. Pada proyek ini terjadi nilai deformasi yang jauh antara analisis dan kenyataan di lapangan.

Dalam skripsi ini, penulis akan melakukan analisis parameter tanah yang menyebabkan perbedaan deformasi dinding *basement* antara analisis sebelum galian dalam dilakukan dibandingkan dengan sesudah galian dalam yang memiliki hasil yang berbeda jauh.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah mengetahui penyebab perbedaan nilai antara hasil analisis deformasi dinding basement sebelum galian (desain) dan sesudah galian (hasil *monitoring*), mengetahui pengaruh sifat *unloading* dan pemasangan pondasi terhadap besarnya perubahan deformasi dinding penahan tanah, mengetahui perkiraan parameter tanah yang terjadi di lapangan.

Deep Excavation

Deep excavation atau galian dalam adalah proses penggalian atau pengerukan tanah yang dilakukan hingga kedalaman 6 meter atau lebih. Pada umumnya galian ini dilakukan untuk membuat *basement*.

Metode Galian

Salah satu hal yang penting untuk dipertimbangkan dalam pengerjaan galian dalam adalah metode yang akan digunakan dalam pembuatan galian dalam ini. Metode yang biasa digunakan dalam proses pengerjaan galian dalam antara lain :

1. Metode Galian Terbuka

Pada metode ini konstruksi dilakukan dengan membuat galian dengan kemiringan tanah (*slope*) pada sisi-sisinya sehingga tidak terjadi keruntuhan pada dinding galian.

2. Metode Kantilever

Pada metode ini terdapat struktur penahan keruntuhan dinding galian yang ditancapkan pada kedalaman tertentu sehingga ketika dilakukan galian, struktur penahan ini berfungsi sebagai penahan dengan sifat kantilever.

3. Metode Braced Excavation

Pada metode ini dipasang *strut* atau penyangga di depan dinding penahan tanah di sepanjang area pengerjaan galian dalam secara vertikal maupun horizontal. Penyokong berfungsi sebagai sarana untuk meneruskan gaya lateral dinding galian ke belakang dinding penahan tanah.

4. Metode Anchored Excavation

Pada prinsipnya metode *anchored excavation* atau galian dengan angkur hamper sama dengan metode *braced excavation*. Metode ini menggantikan *strut* atau penyokong dengan angkur yang ditancapkan pada tanah untuk melawan gaya lateral yang ditimbulkan oleh dinding galian dalam.

5. Metode Island Excavation

Pada metode ini dilakukan galian pada tengah dari galian dalam dan dibuat sebuah struktur yang dapat menopang gaya lateral dari tanah. Kemudian sekeliling struktur tersebut digali dan dipasang penyokong yang diarahkan pada struktur yang berada di tengah.

6. Metode Top-down

Pada metode ini dilakukan pengecoran lantai pada setiap kedalaman galian tertentu yang langsung menjadi lantai dari setiap *basement*. Pelat lantai yang langsung di buat tersebut akan menggantikan penyokong yang biasa digunakan untuk mencegah keruntuhan dinding galian.

7. Metode Zoned Excavation

Metode ini melakukan zonasi untuk pengerjaan galian dalam. Hal ini akan membuat gaya deformasi yang dihasilkan oleh dinding galian menjadi lebih kecil.

Struktur Penahan Tanah

Pemasangan struktur penahan tanah pada setiap pengerjaan galian dalam adalah sebuah kewajiban. Semakin dalam sebuah galian, maka resiko keruntuhan struktur galian akan semakin besar.

Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan sebuah struktur yang digunakan untuk memberikan kestabilan tanah dan mencegah tanah untuk mencapai kemiringan alaminya sendiri. Biasanya dipergunakan untuk sistem penahan tanah dangkal. Secara umum terdapat beberapa jenis dinding penahan tanah, antara lain :

1. *Cantilever Wall*

Merupakan dinding penahan tanah yang terbuat dari beton bertulang yang terpasang dengan *footing* atau bagian yang melebar dibawahnya.

2. *Gravity Wall*

Merupakan dinding penahan tanah yang bergantung pada massanya sendiri untuk melawan gaya lateral tanah. Dinding penahan tanah jenis ini menggunakan material dari batu atau semen sehingga bisa mempunyai massa yang besar.

Embedded Wall

Embedded wall merupakan dinding penahan tanah yang dapat dipasang pada kedalaman tertentu. Prinsip kerjanya adalah menggunakan tekanan tanah pasif yang terletak dibawah dasar galian untuk mencapai stabilitasnya. Jenis-jenis *embedded wall* antara lain :

1. *Sheet Piling*

Dinding penahan tanah ini biasanya digunakan pada tanah lunak dengan ruang yang sempit. Penggunaan *sheet pile* ini adalah dengan memancangkan 1/3 atau 2/3 bagian dari *sheet pile* ke tanah.

2. *Bored Pile*

Metode ini dapat menahan tanah dengan menyusun sejumlah *bored pile* dan membuang kelebihan tanah. Apabila dibutuhkan *bored pile* ini diikuti dengan pemasangan angkur, perbaikan tanah, dan lapisan perkuatan.

3. *Anchored*

Dinding penahan tanah tipe angkur dapat diaplikasikan pada semua jenis dinding penahan tanah diatas dengan tujuan untuk menambah kekuatan dengan menggunakan kabel atau angkur yang dipancangkan pada tanah atau batu dibelakangnya

4. *Diaphragm Wall*

Diaphragm wall merupakan salah satu *embedded wall* yang cukup sering digunakan. *Diaphragm wall* akan dibahas secara khusus pada sub bab 2.3.

Diaphragm Wall

Diaphragm wall atau yang dapat kita sebut dinding diafragma merupakan salah satu jenis dinding penahan tanah yang menggunakan beton bertulang untuk menahan gaya lateral tanah.

Dinding diafragma ini merupakan jenis dinding penahan tanah yang sangat sering digunakan untuk menahan tanah karena pada proses pengerjaannya menyebabkan getaran yang minim, tidak berisik, kaku dan deformasi dinding yang kecil. Selain itu dinding diafragma dapat diatur ketebalannya sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Kekurangan dari dinding diafragma adalah peralatan yang dibutuhkan banyak dan besar, lamanya waktu konstruksi dan biaya yang sangat besar. Membutuhkan lahan yang luas dan juga sangat sulit diaplikasikan pada tanah jenis pasir.

Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan gaya yang ditimbulkan oleh berat tanah ke arah horizontal maupun vertikal. Pada mulanya, apabila tanah tidak digali, tegangan tanah seimbang ke segala arah. Pada saat melakukan galian, salah satu tegangan lateral akan mengecil terus menerus dan menimbulkan kelebihan tekanan pada satu sisi yang menyebabkan keruntuhan tanah.

Analisis Deformasi

Pada perencanaan setiap galian dalam pasti menghitung analisis stabilitas. Perhitungan analisis stabilitas ini berguna untuk mencegah runtuhnya dinding galian dalam karena kekurangan tekanan pada tanah. Analisis stabilitas yang dilakukan akan berdampak pada analisis deformasi dinding penahan tanah.

Beberapa faktor yang mempengaruhi deformasi dinding penahan tanah adalah lebar galian, kedalaman galian, *safety factor*, kedalaman penetrasi dinding penahan tanah, kekakuan penyangga, dan lainnya.

Plaxis

Plaxis merupakan program metode elemen hingga yang diciptakan untuk melakukan analisis stabilitas dan deformasi pada bidang geoteknik. Finite Element Method (FEM) atau biasanya disebut Finite Element Analysis (FEA), adalah prosedur numeris yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam bidang rekayasa (engineering). Begitu rumit dan kompleksnya perhitungan dalam bidang geoteknik menyebabkan manusia menciptakan program yang dapat membantu untuk melakukan perhitungan terkait berbagai konstruksi dalam tanah yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kegagalan konstruksi dan meningkatkan faktor keselamatan kerja.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan untuk pengumpulan data penelitian ini adalah teknik dokumentasi dokumentasi yaitu pengumpulan data dari proyek. Setelah data berhasil didapatkan, kemudian dilakukan korelasi parameter tanah sehingga diperoleh parameter yang dibutuhkan untuk melakukan analisis deformasi dinding penahan tanah. Setelah mencari deformasi dinding penahan tanah, kemudian dibandingkan dengan deformasi dinding penahan tanah hasil pengamatan di lapangan. Kemudian dilakukan perhitungan analisis dengan memperhitungkan sifat *unloading* dan pemasangan pondasi.

Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan untuk menganalisa data menggunakan Plaxis 2D untuk mengolah data. Sebelum dilakukannya analisis data, perlu adanya studi *literature* dengan mencari dasar – dasar teori dan sumber data seperti journal, buku referensi untuk mendapatkan rumus – rumus.

3. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Kesimpulan Parameter

Berdasarkan data analisis laboratorium, lapangan dan hasil korelasi, dapat dianalisis untuk mendapatkan pembagian lapisan tanah. Berikut merupakan kesimpulan parameter yang digunakan untuk analisis perhitungan pada Plaxis. Kesimpulan parameter tanah, dinding dan *strut* dapat dilihat pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 1. Kesimpulan Parameter Tanah

| Kedalaman | Nama | Parameter | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------|----------------------------|-------------|-------------|---------|
| | | γ sat KN/m ³ | γ unsat KN/m ³ | E' KN/m ² | v | C ref KN/m ² | ϕ ° | Ψ ° | R inter |
| 0-17 | Lapisan 1 | 17 | 16 | 10000 | 0,35 | 15 | 26 | 0 | 0,95 |
| 17-30 | Lapisan 2 | 20 | 19 | 56000 | 0,35 | 82 | 28 | 0 | 0,5 |
| 30-35 | Lapisan 3 | 20 | 19 | 80000 | 0,35 | 40 | 26 | 0 | 0,6 |
| 35-40 | Lapisan 4 | 20 | 19 | 96000 | 0,35 | 62 | 28 | 0 | 0,5 |
| 40-45 | Lapisan 5 | 21 | 20 | 96000 | 0,35 | 62 | 27 | 0 | 0,5 |
| 45-55 | Lapisan 6 | 21 | 20 | 100000 | 0,35 | | 40 | 10 | 0,9 |
| 59-72 | Lapisan 7 | 21 | 20 | 100000 | 0,35 | 82 | 26 | 0 | 0,5 |

Tabel 2. Parameter Dinding Penahan Tanah

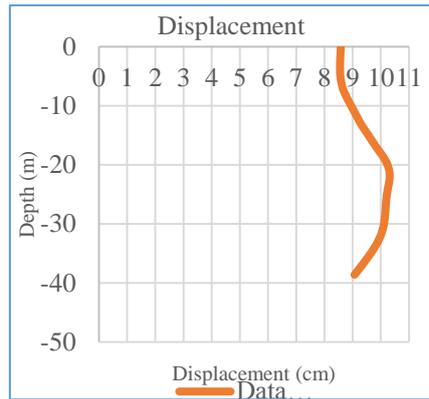
| Tipe | Ec (KN/m ²) | EA (KN/m) | EI (KNm ² /m) |
|----------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Dinding menerus dengan ketebalan 0,8 m | 2,97 x 10 ⁷ | 2,378 x 10 ⁷ | 1,268 x 10 ⁶ |

Tabel 3. Parameter *Strut*

| Tipe | EA |
|-----------------------------|----------------------------|
| <i>Strut (Fixed Anchor)</i> | 2,066 x 10 ⁵ KN |

Pemodelan Plaxis 2D

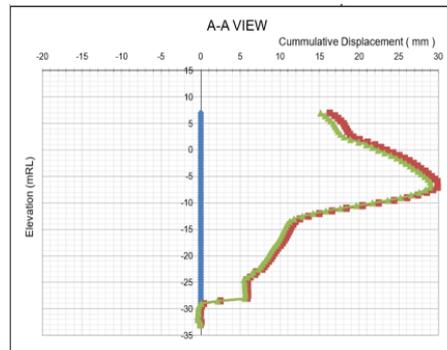
Berdasarkan hasil kesimpulan parameter diatas, data kesimpulan tersebut dimasukkan kedalam program Plaxis untuk mengetahui deformasi dinding penahan tanah yang akan terjadi. Dibawah ini merupakan hasil *output* Plaxis dengan menggunakan parameter tanah, dinding penahan tanah dan *strut* seperti yang sudah dirangkum



Gambar 2 Grafik *Displacement* Dinding Desain galian 23m

Pengamatan Lapangan

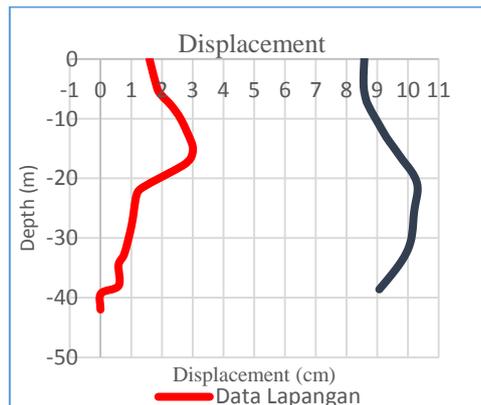
Pengamatan ini merupakan pengamatan nyata mengenai besarnya deformasi yang terjadi pada dinding penahan tanah. Berikut adalah hasil pengamatan deformasi dinding penahan tanah menggunakan *inclinometer*.



Gambar 3 Hasil Pengamatan *Inclinometer*

Perbandingan Hasil Tanah Asli dengan *Inclinometer*

Setelah memperoleh hasil dari Plaxis untuk *input* data asli tanah, dapat kita bandingkan hasil tersebut dengan data *inclinometer* saat dilapangan.



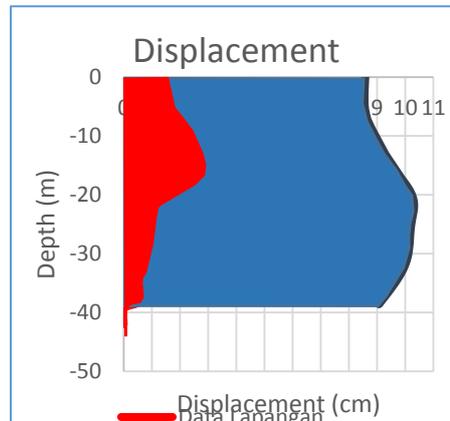
Gambar 4 Grafik Perbandingan *Displacement* Parameter Awal dengan *Displacement Inclinometer*

Terjadi perbedaan antara hasil analisis awal dan hasil pengamatan di lapangan. Pada analisis awal terjadi deformasi sebesar 10,3 cm sedangkan pada pengamatan di lapangan hanya 3 cm. Lokasi deformasi terbesar diantara kedua data ini juga berbeda, yaitu 22 meter pada analisis awal dan 13 meter pada hasil pengamatan di lapangan.

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan} &= \frac{\text{Analisis} - \text{Pengamatan}}{\text{Pengamatan}} \times 100\% \\ &= \frac{10,3 - 3}{3} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 243,3333\%$$

Dilakukan juga analisis perbedaan luas grafik untuk mengetahui ketidaksesuaian yang terjadi.



Gambar 5 Perbandingan Luas Grafik Hasil Lapangan dengan Analisis Awal

$$\begin{aligned} \%Ketidaksesuaian &= \frac{\text{Luas Grafik Analisis} - \text{Luas Grafik Inclinometer}}{\text{Luas Grafik Inclinometer}} \times 100\% \\ &= \frac{367,5683 - 55,5728}{55,5728} \times 100\% \\ &= 467,5891\% \end{aligned}$$

Penyesuaian Parameter

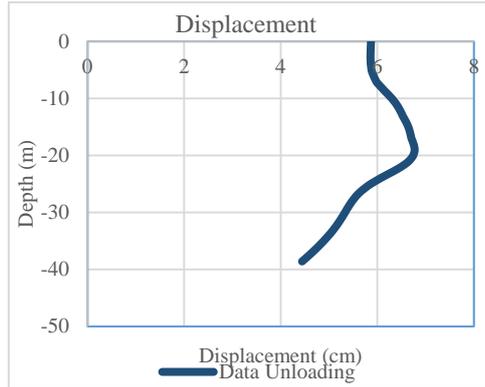
Berdasarkan perbedaan antara analisis awal dan deformasi yang terjadi di lapangan, dilakukan analisis untuk mencari tahu parameter tanah yang sesuai dengan kondisi deformasi yang terjadi di lapangan.

Pengaruh Tanah *Unloading*

Pada pemodelan kali ini pengaruh tanah *unloading* dimasukkan kedalam pemodelan galian dalam. Pada pemodelan kali ini dibedakan parameter tanah antara tanah bagian galian dengan tanah diluar galian karena adanya pengaruh tanah *unloading* pada tanah bagian yang digali. Untuk parameter tanah yang digali, perubahan pada nilai modulus young (E) pada tanah *unloading* dikali 3 dibanding dengan nilai modulus young awal.

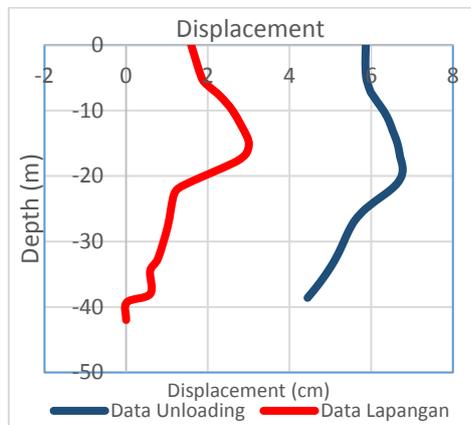
Tabel 4 Parameter Modulus Elastisitas Tanah *Unloading*

| Kedalaman | Nama | Parameter | |
|-----------|-----------|-------------------|---------------------|
| | | E' awal | E' <i>unloading</i> |
| | | KN/m ² | KN/m ² |
| 0-17 | Lapisan 1 | 10000 | 30000 |
| 17-30 | Lapisan 2 | 56000 | 168000 |
| 30-35 | Lapisan 3 | 80000 | 240000 |
| 35-40 | Lapisan 4 | 96000 | 288000 |
| 40-45 | Lapisan 5 | 96000 | 288000 |
| 45-55 | Lapisan 6 | 100000 | 300000 |
| 59-72 | Lapisan 7 | 100000 | 300000 |



Gambar 7 Grafik *Displacement* dengan Tanah *Unloading* Galian 23m

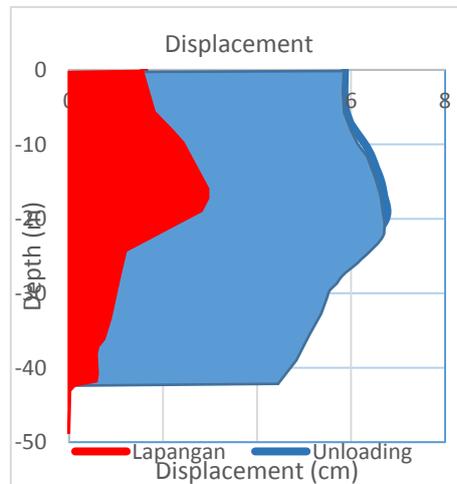
Setelah dimodelkan pengaruh *unloading* pada perhitungan Plaxis deformasi terbesar dinding menjadi 6,8 cm dengan kedalaman 20 meter.



Gambar 8 Perbandingan *Displacement* Tanah *Unloading* dengan *Displacement* *Inclinometer*

$$\begin{aligned} \% \text{ Ketidaksesuaian} &= \frac{6,8 - 3}{3} \times 100\% \\ &= 126,6667\% \end{aligned}$$

Berdasarkan besarnya nilai deformasi, masih ditemukan ketidaksesuaian sebesar 126,6667% antara hasil pengamatan di lapangan dan analisis pengaruh *unloading*.



Gambar 9 Perbandingan Luas Grafik Pengamatan Lapangan dan Pengaruh *Unloading*

$$\% \text{ Ketidaksesuaian} = \frac{227,6132 - 55,5728}{55,5728} \times 100\%$$

$$= 251,4742\%$$

Dilakukan perhitungan besarnya pengaruh pemodelan tanah *unloading*.

$$\begin{aligned} \text{Pengaruh Unloading} &= \frac{10,3 - 6,8}{10,3 - 3} \times 100\% \\ &= 47,9452\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh bahwa pemodelan *unloading* pada tanah memberikan pengaruh sebesar 47,9452% pada kesesuaian deformasi.

Pengaruh Pondasi

Analisis ini dilakukan dengan melakukan *trial and error* hingga diperoleh parameter tanah yang sesuai dengan deformasi pada lapangan dengan menggunakan data parameter tanah awal sebagai acuan awal untuk memulai proses *trial and error*.

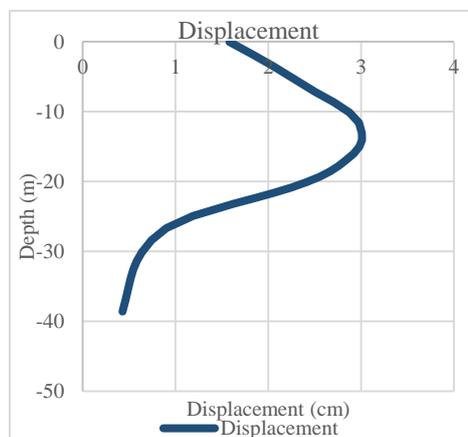
Pada kondisi lapangan, terdapat *capping beam* pada bagian atas dari sepanjang dinding penahan tanah yang memberikan pengaruh untuk memperkecil deformasi pada dinding. *Capping beam* ini akan dimodelkan sebagai *strut* pada Plaxis.

Tabel 5 Nilai E' rata-rata

| Lapisan | E' pondasi | A pondasi | E' tanah | A tanah | A total | E' rata-rata |
|-----------|-------------|-----------|----------|-----------|---------|--------------|
| Lapisan 1 | 29725410.01 | 610.3172 | 10000 | 7319.6828 | 7930 | 2296989.386 |
| Lapisan 2 | 29725410.01 | 610.3172 | 56000 | 7319.6828 | 7930 | 2339449.085 |
| Lapisan 3 | 29725410.01 | 610.3172 | 80000 | 7319.6828 | 7930 | 2361601.971 |
| Lapisan 4 | 29725410.01 | 610.3172 | 96000 | 7319.6828 | 7930 | 2376370.562 |
| Lapisan 5 | 29725410.01 | 610.3172 | 96000 | 7319.6828 | 7930 | 2376370.562 |
| Lapisan 6 | 29725410.01 | 610.3172 | 100000 | 7319.6828 | 7930 | 2380062.709 |
| Lapisan 7 | 29725410.01 | 610.3172 | 100000 | 7319.6828 | 7930 | 2380062.709 |

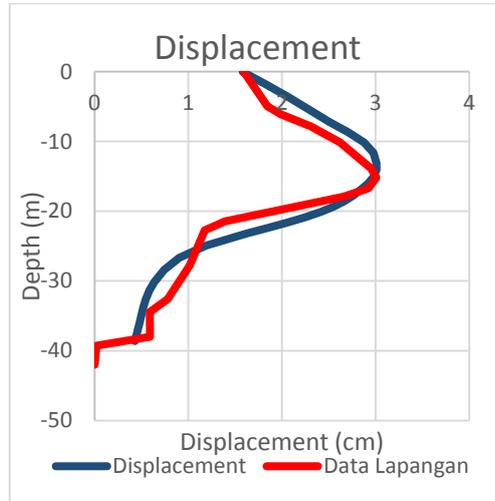
Tabel 6 Batas Bawah dan Batas Atas Untuk Nilai E'

| Lapisan | Batas bawah E' (KPa) | Batas atas E' (KPa) |
|-----------|----------------------|---------------------|
| Lapisan 1 | 48000 | 2332064.79 |
| Lapisan 2 | 216000 | 2487134.99 |
| Lapisan 3 | 312000 | 2575746.54 |
| Lapisan 4 | 331200 | 2593468.85 |
| Lapisan 5 | 300000 | 2564670.09 |
| Lapisan 6 | 307200 | 2571315.96 |
| Lapisan 7 | 408000 | 2664358.08 |



Gambar 12 Grafik *Displacement* Pengaruh *Capping Beam* dan Kekakuan Pondasi Pada Kedalaman 23m

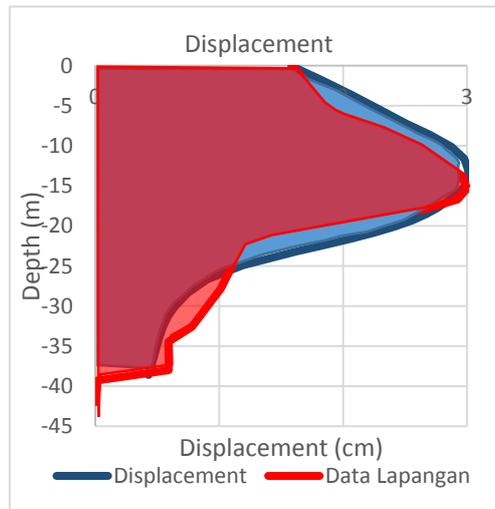
Deformasi yang terjadi pada pemodelan kali ini menghasilkan nilai deformasi sebesar 3 cm pada kedalaman ±13 meter dibawah permukaan tanah.



Gambar 13 Perbandingan *Displacement* Akhir dengan *Displacement Inclinometer*

$$\% \text{ Ketidaksesuaian} = \frac{3 - 3}{3} \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh persentase kesalahan sebesar 0% karena nilai deformasi maksimal untuk kedua grafik adalah sama. Namun, karena kedua grafik tidak sama persis, maka perlu dihitung kembali persentase ketidaksesuaian berdasarkan luasan grafik



Gambar 14 Perbandingan Luas Grafik Hasil Lapangan dengan Pengaruh Kekakuan Pondasi

$$\% \text{ Ketidaksesuaian} = \frac{68,7583 - 55,5728}{55,5728} \times 100\% = 6,1746\%$$

Setelah diperoleh persentase ketidaksesuaian diatas, dilakukan perhitungan pengaruh dari perubahan nilai modulus elastisitas tanah akibat pondasi ini semakin mendekati deformasi yang terjadi hasil pengamatan di lapangan.

$$\text{Pengaruh Kekakuan Pondasi} = \frac{6,8 - 3}{10,3 - 3} \times 100\% = 52,0548 \%$$

Tabel 7 Tabel Parameter *Capping Beam*

| | |
|---------------------|----------|
| Keterangan | EA |
| <i>Capping beam</i> | 80000 kN |

Tabel 8 Parameter Tanah Akibat Kekakuan Pondasi

| Kedalaman | Nama | Parameter | |
|-----------|-----------|-------------------|--------------------|
| | | <i>E loading</i> | <i>E unloading</i> |
| | | KN/m ² | KN/m ² |
| 0-17 | Lapisan 1 | 10000 | 100000 |
| 17-30 | Lapisan 2 | 56000 | 710000 |
| 30-35 | Lapisan 3 | 80000 | 2300000 |
| 35-40 | Lapisan 4 | 96000 | 2300000 |
| 40-45 | Lapisan 5 | 96000 | 2200000 |
| 45-55 | Lapisan 6 | 100000 | 2000000 |
| 59-72 | Lapisan 7 | 100000 | 2000000 |

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terhadap berbagai simulasi yang ada, dapat disimpulkan beberapa hal berikut ini:

1. Ketidaksesuaian antara perhitungan hasil analisis terhadap bersamanya nilai deformasi maksimum yang terjadi adalah sebesar 243,3333%.
2. Besarnya ketidaksesuaian luas grafik antara hasil pengamatan dengan hasil analisis awal adalah 467,5891%
3. Pada percobaan Plaxis pertama tidak menggambarkan secara keseluruhan perubahan parameter yang terjadi setelah adanya beberapa pekerjaan sebelum galian dilakukan.
4. Ketidaksesuaian yang terjadi setelah dilakukan pemodelan *unloading* dalah sebesar 126,6667%. Berdasarkan luas grafik, terjadi ketidaksesuaian sebesar 251,4742%.
5. Pengaruh kondisi *unloading* meningkatkan kesesuaian hasil percobaan dengan deformasi yang terjadi di lapangan sebesar 47,9452%
6. Pemasangan pondasi *bor pile* sebanyak 587 buah yang tersebar diseluruh bagian galian juga dapat. Ketidaksesuaian berdasarkan luas grafik sebesar 6,1746%.
7. Penambahan *tie beam* dan pondasi ini berpengaruh sebesar 52,0548% terhadap kesesuaian deformasi hasil analisis dengan deformasi hasil pengamatan lapangan.
8. Berdasarkan hasil percobaan, diperoleh parameter tanah yang mendekati parameter tanah di lapangan

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. 1997. *Foundation Analysis and Design 5th Edition*. McGraw-Hill, Singapore.
- Bowles, J.E. and Hainim, J.K. 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga, Jakarta.
- Budhu, M. and J.E. Bowles. 2015. *Soil Parameters and Correlation*. John Wiley & Sons, New York
- Brinkgreve, R.B.J,ed. 2002. *PLAXIS 2D-Version 8*, Netherland: A.A.Barkema Publishers.
- Canadian Geotechnical Society. 2006. *Foundation Engineering Manual 4th Edition*. Canadian Geotechnical Society, Canada.
- Das, Braja M. 2002. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Erlangga, Jakarta.
- Ou, Chang Yu. 2006. *Deep Excavation Theory and Practices*. Taylor & Francis/Balkema, Taiwan.
- Terzaghi and Peck. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed.Wiley.