

Pengaruh Perkuatan *Sheetpile* terhadap Deformasi Area Sekitar Timbunan pada Tanah Lunak Menggunakan Metode *Partial Floating Sheetpile (PFS)*

AZIZI ROCHMAN, INDRA NOER HAMDHAN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email: Zizi.gondu26@gmail.com

ABSTRAK

Konstruksi timbunan pada tanah lunak mengakibatkan penurunan, deformasi lateral, dan geseran tanah ke atas yang dapat terjadi pada area sekitar timbunan. Hal ini disebabkan karena tanah lunak memiliki kuat geser dan permeabilitas yang rendah serta kompresibilitas besar. Perkuatan sheetpile digunakan untuk membentuk ketidaksinambungan tegangan antara timbunan dan area sekitarnya sehingga dapat mengurangi permasalahan yang terjadi. Tujuan penulisan ini adalah untuk membandingkan beberapa metode pemasangan sheetpile pada tanah lunak yaitu all bottom out (pemasangan semua sheetpile sampai tanah keras) dan partial floating sheetpile (pemasangan sheetpile dengan dengan sebagian mencapai tanah keras dan sebagian floating) dengan menggunakan program PLAXIS 3D. Sehingga hasil analisis dapat mengetahui besarnya penurunan dari berbagai metode pemasangan sheetpile yang telah dimodelkan.

Kata kunci: *timbunan, sheetpile, penurunan, metode elemen hingga, partial floating sheetpile (PFS)*

ABSTRACT

The construction of embankment on a soft ground has involved a ground settlement, lateral deformation, and upheaval that occur to surrounding area. This is due to soft soils have low shear strength, low permeability and great compressibility. The sheetpile is used to form stress discontinuity between the embankment and the surrounding area so that its reduce the problem that occur. The purpose of this paper is to compare several methods of sheetpile installation on soft soil such as all bottom out (all sheetpile installation into bearing stratum), and partial floating sheetpile (installation of sheetpile with partially reaching bearing stratum and Partly floating) by using the PLAXIS 3D program. The results of the analysis is settlement of various methods of sheetpile installation that has been modeled.

Keywords: *embankment, sheetpile, settlement, finite element method, partial floating sheetpile (PFS)*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan infrastruktur merupakan salah satu indikator dari kemajuan suatu daerah. Dalam perkembangan dan pertumbuhannya terkadang mengharuskan adanya suatu konstruksi pada lokasi padat penduduk. Tanah merupakan komponen penting untuk menopang struktur konstruksi, karena tanah merupakan material yang menerima seluruh beban dari struktur di atasnya. Namun seringkali jenis tanah, dan kondisi tanah menjadi permasalahan pada saat konstruksi. Tanah lunak merupakan salah satu penyebab terjadinya kegagalan pada suatu konstruksi. Tanah lunak memiliki daya dukung yang rendah, dimana dapat mengakibatkan penurunan (*settlement*) dan geseran tanah ke atas (*upheaval*) yang besar jika diberi beban seperti timbunan. Oleh karena itu, untuk mencegah penurunan dan *upheaval* yang terjadi pada area sekitar akibat maka digunakan perkuatan *sheetpile*. Pemancangan *sheetpile* terus menerus sampai kedalaman tanah keras membentuk ketidaksinambungan tegangan antara timbunan dan tanah sekitarnya (Karstunen & Leoni, 2009). Metode pekerjaan pemasangan *sheetpile* yang dipilih pada analisis ini adalah PFS (*Partial Floating Sheetpile*). Program *PLAXIS 3D* yang berbasis metode elemen hingga dilakukan sebagai perhitungan analisis ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah merupakan campuran butiran-butiran mineral tanpa kandungan bahan organik. Tanah terdiri dari tiga komponen material penyusun yaitu udara, air dan partikel padat.

Berdasarkan ukuran materialnya tanah dapat di klasifikasikan sebagai berikut :

- a. Berangkal (*boulders*), potongan batuan yang besar, tidak berkohesi, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm.
- b. Kerikil (*gravel*), partikel batuan tidak berkohesi yang berukuran 5 mm sampai 150 mm. kerikil biasanya terdiri dari pecahan-pecahan batu.
- c. Pasir (*sand*), partikel batuan tidak berkohesi berukuran 0,074 mm sampai 5 mm berkisar dari kasar (3 sampai 5 mm) sampai halus (<1 mm).
- d. Lanau (*silt*), bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Partikel batuan berukuran dari 0,002 sampai 0,074 mm.
- e. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. lempung ini memiliki sifat *plastisitas* dan *cohesive*.
- f. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang "diam", berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2.2 Tanah Lempung Lunak

Tanah lunak memiliki daya dukung yang rendah, dimana dapat mengakibatkan penurunan (*settlement*) dan geseran tanah ke atas (*upheaval*) yang besar jika diberi beban seperti timbunan. Hal ini disebabkan karena tanah lunak umumnya memiliki kuat geser dan permeabilitas yang rendah serta kompresibilitas yang besar.

2.3 Konsolidasi Tanah

Tanah yang mengalami proses konsolidasi ialah proses bertahap pengurangan volume air di dalam rongga pori tanah akibat beban tambahan dan pengalihan tekanan air pori yang berlebih ke tekanan efektif tanah sehingga menyebabkan penurunan yang bergantung waktu pada tanah lunak (Das, 2014).

Pada proses konsolidasi ini ada dua hal yang perlu diamati, ialah laju konsolidasi dan besarnya penurunan yang terjadi. Laju konsolidasi dipengaruhi oleh permeabilitas tanah, tebal tanah kompresibel, waktu pembebanan bekerja, serta kondisi drainase di atas dan dibawah lapisan kompresibel. sedangkan besarnya penurunan yang akan terjadi ditentukan oleh

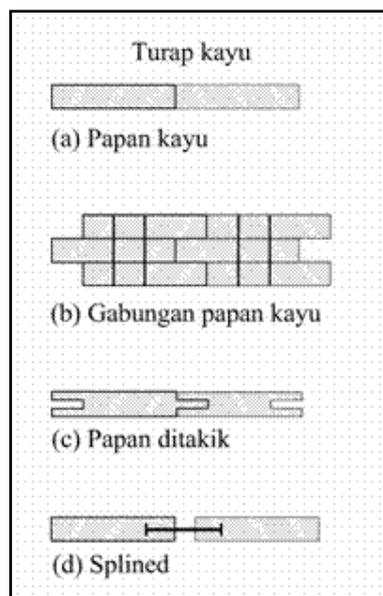
kompresibilitas tanah dan besarnya tambahan beban efektif, serta dipengaruhi juga oleh tebal tanah kompresibel.

2.4 Perkuatan Tanah Menggunakan PFS (*Partial Floating Sheetpile*)

Sheetpile merupakan suatu material yang disusun menyerupai bentuk dinding berfungsi sebagai penahan tebing, penahan tanah galian sementara, bangunan-bangunan di pelabuhan, penahan tanah sekitar tepian sungai, dan lain-lain. *Sheetpile* disusun dengan bentuk khusus agar dapat tersusun dan saling mengikat satu sama lainnya. Menurut material bahan yang digunakan dalam pemasangannya, *sheetpile* terdiri dari kayu, beton, dan baja:

a. *Sheetpile* Kayu

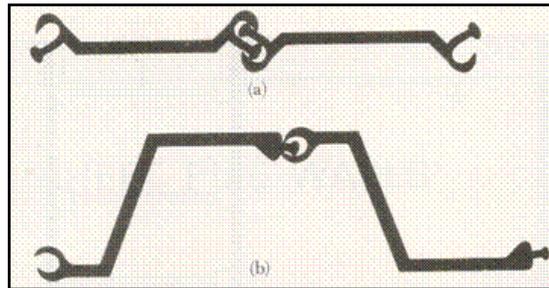
Sheetpile kayu digunakan untuk dinding penahan tanah yang tidak begitu tinggi. Karena tidak kuat menahan beban-beban lateral yang besar. *Sheetpile* kayu tidak cocok digunakan pada tanah yang berkerikil karena *sheetpile* cenderung retak bila dipancang. Bila *sheetpile* kayu digunakan untuk bangunan permanen yang berada di atas muka air, maka perlu diberikan lapisan pelindung agar tidak mudah lapuk. *Sheetpile* kayu banyak digunakan pada pekerjaan-pekerjaan sementara, misalnya untuk penahan tebing galian. Tiang *sheetpile* yang digunakan adalah papan kayu atau beberapa papan yang digabung (*wakefield piles*). Jenis – jenis *sheetpile* kayu dapat dilihat pada **Gambar 1** (Hasanah, 2014).



Gambar 1. Jenis-jenis *sheetpile* kayu

b. *Sheetpile* Baja

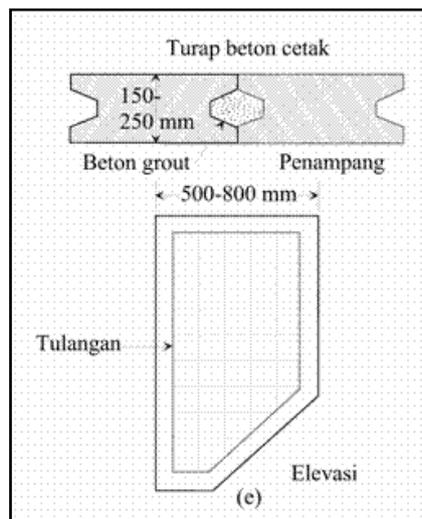
Sheetpile baja sangat baik digunakan karena daya tahannya terhadap tegangan yang tinggi selama penyorongan ke dalam tanah yang keras. Tiang ini juga relatif ringan dan dapat digunakan kembali (penggunaan yang berulang-ulang). Oleh karena itu *Sheetpile* baja sering dipakai untuk pemakaian sementara. *Sheetpile* sementara dipakai ketika dilakukan penggalian, misalnya dalam pembuatan gorong-gorong. Jenis – jenis *sheetpile* baja dapat dilihat pada **Gambar 2** (Hasanah, 2014).



Gambar 2. Jenis-jenis *sheetpile* baja

c. *Sheetpile* Beton

Sheetpile ini terdiri dari balok-balok beton yang telah dicetak sebelum dipasang dengan bentuk tertentu. Balok-balok *sheetpile* dibuat saling mengkait antara satu balok dengan balok yang lain. Masing-masing balok, kecuali dirancang kuat menahan beban – beban yang bekerja pada *sheetpile*, juga terhadap beban-beban yang akan bekerja pada waktu pengangkatannya, ujung bawah *sheetpile* biasanya dibuat runcing karena untuk mempermudah pemancangan. Jenis – jenis *sheetpile* beton dapat dilihat pada **Gambar 3** (Hasanah, 2014).



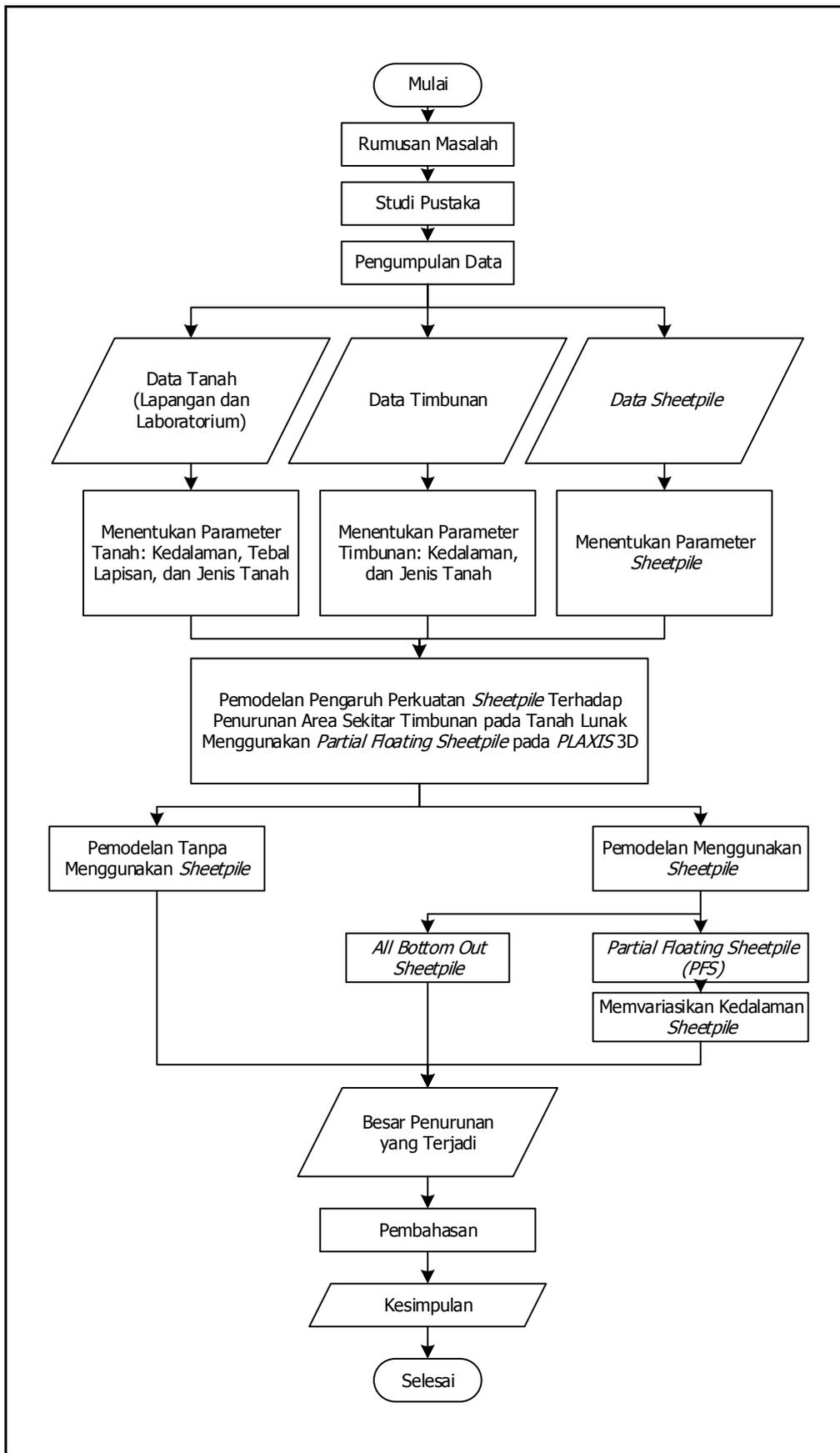
Gambar 3. Jenis-jenis *sheetpile* beton

Metode pekerjaan pemasangan *sheetpile* terbagi dalam dua jenis pemasangan, yaitu *all bottom out method* dan PFS (*Partial Floating Sheetpile*) *method*. Perbedaan dari kedua metode tersebut terdapat pada jarak kedalaman pemasangan *sheetpile*. Dimana pekerjaan *all bottom out sheetpile* dipasang hingga mencapai lapisan tanah keras sedangkan pada metode PFS pemasangan *sheetpile* berpola, dimana pemasangan *sheetpile* ada yang mencapai lapisan tanah keras dan ada juga yang mengambang.

3. METODE PENELITIAN

Analisis ini membahas mengenai deformasi area sekitar timbunan pada tanah lunak menggunakan metode PFS (*Partial Floating Sheetpile*). Prosedur analisis yang dilakukan ditunjukkan dengan diagram alir pada **Gambar 4**.

Pengaruh Perkuatan Sheetpile terhadap Deformasi Area Sekitar Timbunan pada Tanah Lunak Menggunakan Metode Partial Floating Sheetpile (PFS)



Gambar 4. Diagram alir penelitian

4. PEMODELAN DAN ANALISIS

4.1 Pemodelan pada PLAXIS 3D

Analisis pengaruh perkuatan *sheetpile* terhadap penurunan area sekitar timbunan pada tanah lunak dilakukan dengan cara melakukan pemodelan dengan program *PLAXIS 3D* yang berbasis metode elemen hingga, sehingga pada akhirnya akan didapat nilai penurunan yang terjadi. Tabel – tabel berikut berisi parameter-parameter yang digunakan dalam pemodelan *partial floating sheetpile*. **Tabel 1** berisi parameter tanah yang digunakan dalam pemodelan.

Tabel 1. Parameter Tanah

Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_{unsat} (kN/m^3)	ν	E' (kN/m^2)	C (kN/m^2)	ϕ ($^\circ$)
Lunak	15	14	0,3	5.000	18	5
Lunak Sedang	18	17	0,3	10.000	42	5
Pasir	20	19	0,15	216.000	5	30
Timbunan	18	17	0,2	300.000	5	35

Tabel 2 merupakan parameter *sheetpile* yang digunakan dalam pemodelan.

Tabel 2. Parameter *Sheetpile*

Jenis Tanah	d (m)	γ (kN/m^3)	ν	E' (kN/m^2)
<i>Sheetpile</i>	0,02	78,5	0,15	200.000.000

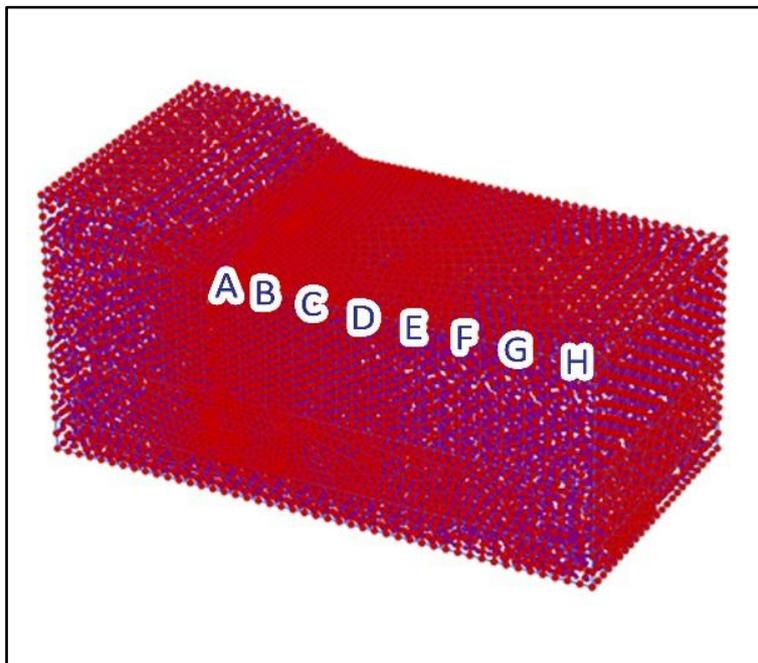
Setelah parameter tanah di peroleh, kemudian pemodelan dilanjutkan dengan *finite elemen method* menggunakan perangkat lunak *PLAXIS 3D*. Pemodelan yang dilakukan dengan beberapa variasi:

1. Analisis timbunan tanpa perkuatan.
Pada analisis ini hanya pemodelan tanah timbunan tanpa menggunakan *sheetpile*.
2. Analisis timbunan dengan *all bottom out sheetpile*.
Pada analisis ini semua *sheetpile* dimodelkan hingga kedalaman tanah keras.
3. Analisis timbunan dengan *partial floating sheetpile* (PFS) (kedalaman 50%).
Pada analisis ini *sheetpile* dipasang zig-zag dimana pemasangan *sheetpile* dilakukan dengan sebagian sampai ke tanah keras dan sebagian mengapung di kedalaman 50% dari tanah keras.
4. Analisis timbunan dengan *partial floating sheetpile* (PFS) (kedalaman 60%).
Pada analisis ini *sheetpile* dipasang zig-zag dimana pemasangan *sheetpile* dilakukan dengan sebagian sampai ke tanah keras dan sebagian mengapung di kedalaman 60% dari tanah keras.
5. Analisis timbunan dengan *partial floating sheetpile* (PFS) (kedalaman 70%).
Pada analisis ini *sheetpile* dipasang zig-zag dimana pemasangan *sheetpile* dilakukan dengan sebagian sampai ke tanah keras dan sebagian mengapung di kedalaman 70% dari tanah keras.
6. Analisis timbunan dengan *partial floating sheetpile* (PFS) (kedalaman 80%).
Pada analisis ini *sheetpile* dipasang zig-zag dimana pemasangan *sheetpile* dilakukan dengan sebagian sampai ke tanah keras dan sebagian mengapung di kedalaman 80% dari tanah keras.
7. Analisis timbunan dengan *partial floating sheetpile* (PFS) (kedalaman 90%).
Pada analisis ini *sheetpile* dipasang zig-zag dimana pemasangan *sheetpile* dilakukan dengan sebagian sampai ke tanah keras dan sebagian mengapung di kedalaman 90% dari tanah keras.

Pengaruh Perkuatan Sheetpile terhadap Deformasi Area Sekitar Timbunan pada Tanah Lunak Menggunakan Metode Partial Floating Sheetpile (PFS)

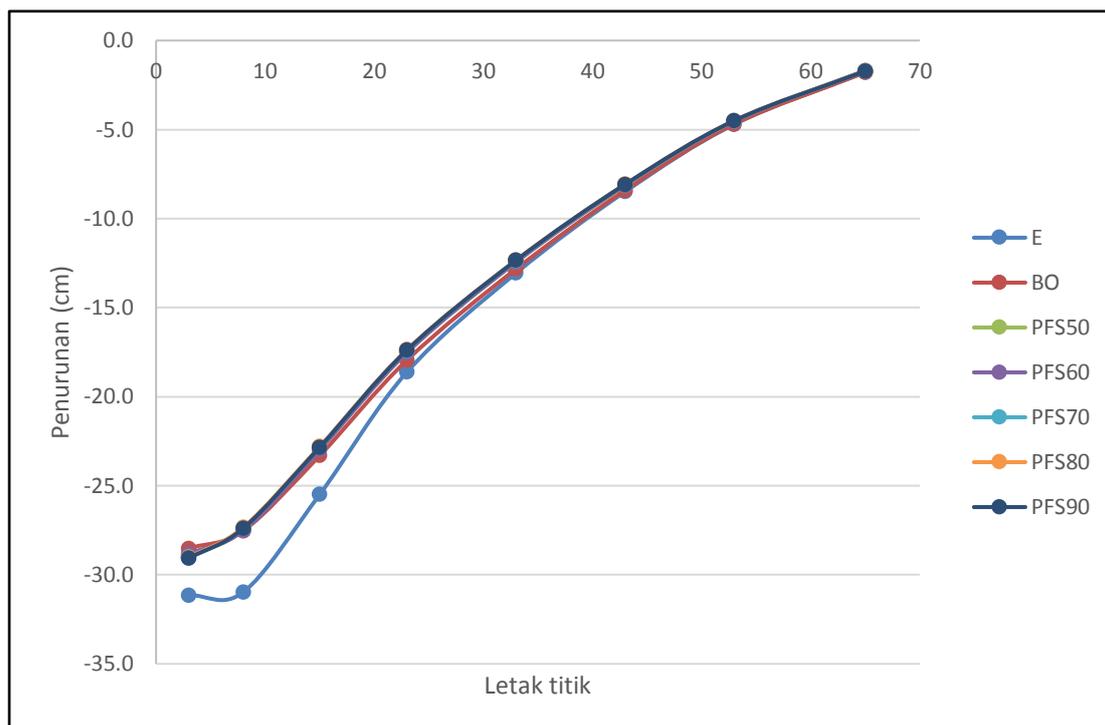
8. Analisis timbunan dengan pemasangan *sheetpile* terletak 5m dari timbunan. Pada analisis ini *sheetpile* dipasang sampai kedalaman tanah keras dan pemasangan *sheetpile* dilakukan dengan jarak pemasangan 5 m dari timbunan.
9. Analisis timbunan dengan pemasangan *sheetpile* terletak 10m dari timbunan. Pada analisis ini *sheetpile* dipasang sampai kedalaman tanah keras dan pemasangan *sheetpile* dilakukan dengan jarak pemasangan 10 m dari timbunan.

Hasil yang di peroleh dari pemodelan menggunakan perangkat lunak *PLAXIS 3D* yaitu berupa besarnya penurunan yang terjadi akibat beban timbunan. Kemudian hasil analisis tersebut membandingkan pola deformasi, besar penurunan dan seberapa efektif variasi pemodelan yang dilakukan dalam grafik penurunan yang di tinjau dari beberapa titik tinjau. Berikut titik tinjau tersebut seperti yang tertera pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Pemodelan titik tinjau menggunakan aplikasi *PLAXIS 3D*

Kemudian setelah menentukan titik tinjau didapatkan perbandingan hasil *output* dari berbagai macam pemodelan yang dilakukan. *Output* tersebut berupa data penurunan dari setiap *node* (titik tinjau). Dari data penurunan tersebut dibuat grafik yang menunjukkan antara nilai penurunan dan letak titik tinjau. **Gambar 6** merupakan grafik dari data *output* yang dihasilkan.



Gambar 6. Hasil *output* analisis perbandingan dari setiap pemodelan

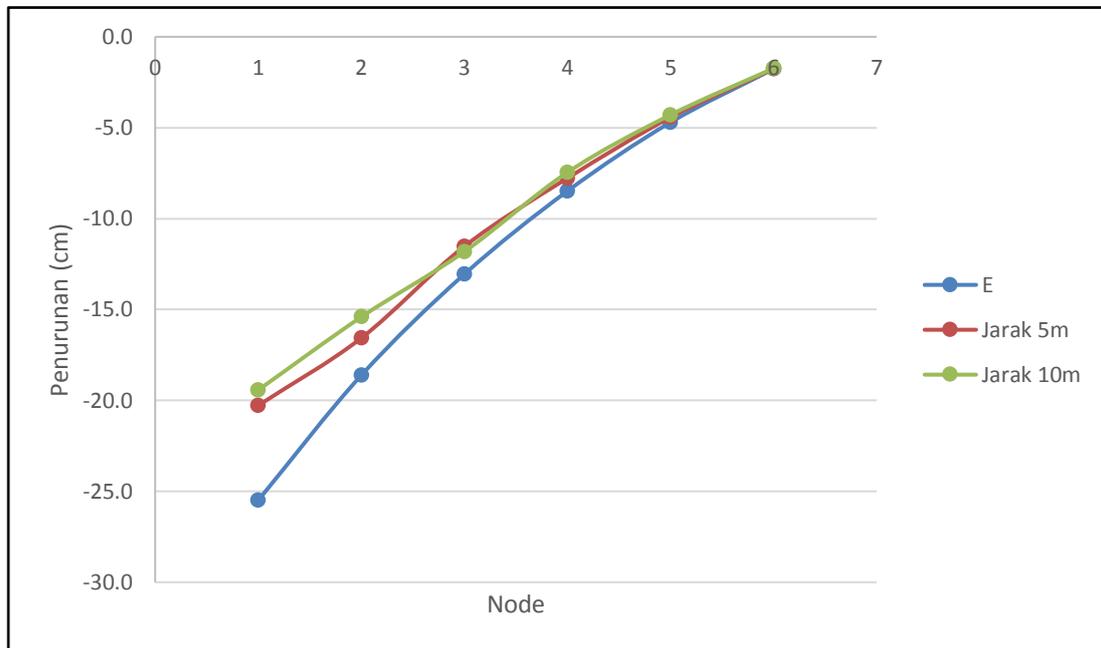
Tabel 3 berisi nilai – nilai penurunan dari setiap pemodelan variasi kedalaman *partial floating sheetpile* berdasarkan titik tinjauannya. Dibuat menjadi tabel agar mempermudah dalam menganalisa hasil pemodelan.

Tabel 3. Nilai penurunan setiap pemodelan

Kondisi	Penurunan (cm)							
	Node A	Node B	Node C	Node D	Node E	Node F	Node G	Node H
E	-31,1	-31,0	-25,5	-18,6	-13,1	-8,5	-4,7	-1,8
BO	-28,5	-27,5	-23,3	-17,9	-12,8	-8,4	-4,7	-1,8
PFS50	-28,9	-27,5	-22,9	-17,5	-12,4	-8,1	-4,5	-1,7
PFS60	-28,8	-27,5	-23,0	-17,5	-12,4	-8,1	-4,5	-1,7
PFS70	-29,1	-27,4	-22,8	-17,4	-12,4	-8,1	-4,5	-1,7
PFS80	-29,0	-27,3	-22,8	-17,4	-12,3	-8,1	-4,5	-1,7
PFS90	-29,1	-27,4	-22,8	-17,4	-12,3	-8,1	-4,5	-1,7

Dari gambar dan tabel diatas menjelaskan bahwa variasi kedalaman *partial floating sheetpile* tidak terlalu berpengaruh terhadap deformasi sekitar timbunan. Akan tetapi, *partial floating sheetpile* dapat lebih baik dari segi ekonomis karena dengan pemasangan yang tidak semuanya mencapai tanah keras *partial floating sheetpile* dapat memiliki nilai penurunan yang hampir sama dengan *all bottom out sheetpile*.

Selain perbandingan diatas, perbandingan jarak pemasangan *sheetpile* juga dilakukan untuk mengetahui pengaruh jarak pemasangan terhadap penurunan yang terjadi. Berikut hasil dari perbandingan tersebut. **Gambar 7** merupakan grafik perbandingan dari variasi jarak pemasangan *sheetpile*.



Gambar 7. Hasil *output* analisis perbandingan jarak pemasangan

Tabel 4 berisi nilai – nilai penurunan dari setiap pemodelan dengan variasi jarak pemasangan *sheetpile* berdasarkan titik tinjauanya. Dibuat menjadi tabel agar mempermudah dalam menganalisa hasil pemodelan.

Tabel 4. Nilai penurunan setiap pemodelan

Kondisi	Penurunan (cm)					
	Node C	Node D	Node E	Node F	Node G	Node H
E	-25,5	-18,6	-13,1	-8,5	-4,7	-1,8
J5	-20,3	-16,6	-11,5	-7,8	-4,4	-1,8
J10	-19,4	-15,4	-11,8	-7,5	-4,3	-1,7

Tabel diatas menjelaskan bahwa variasi jarak pemasangan *sheetpile* berpengaruh terhadap penurunan karena semakin jauh dari timbunan maka lateral deformasi akibat timbunan semakin kecil. Diantara dua kondisi diatas yang paling efisien adalah J5 karena memiliki selisih yang besar dengan kondisi tanpa *sheetpile*.

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis perkuatan tanah menggunakan *partial floating sheetpile* (PFS) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi kedalaman *partial floating sheetpile* tidak terlalu berpengaruh terhadap deformasi sekitar timbunan. Akan tetapi, *partial floating sheetpile* dapat lebih baik dari segi ekonomis karena dengan pemasangan yang tidak semuanya mencapai tanah keras *partial floating*

sheetpile dapat memiliki nilai penurunan yang hampir sama dengan *all bottom out sheetpile*.

2. Variasi jarak pemasangan *sheetpile* berpengaruh terhadap penurunan karena semakin jauh dari timbunan maka deformasi akibat timbunan semakin kecil. Diantara dua kondisi diatas yang paling efisien adalah J5 karena memiliki selisih yang besar dengan kondisi tanpa *sheetpile*.

DAFTAR RUJUKAN

- Das, B. M. (2014). *Principle of Geotechnical Engineering*. Stamford: CENGAGE Learning.
- Hasanah, F. (2014). *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Turap dan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional.
- Karstunen, M., & Leoni, M. (Penyunt.). (2009). *Geotechnic of Soft Soil - Focus on Ground Imprivement*. London: Taylor & Francis Group.