

ANALISIS PERILAKU TANAH DISPERSIF TERHADAP DINDING PENAHAN TANAH DALAM PEKERJAAN *DEWATERING* KONSTRUKSI *BASEMENT*

Arya Febrian¹ dan Chaidir Anwar Makarim²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: aryafebrian97@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: chaidir259@gmail.com

ABSTRAK

Skripsi ini menganalisis tentang metode pelaksanaan dalam pembuatan *basement* 3 lantai menggunakan sistem *dewatering* dengan dinding penahan tanah pada tanah dispersif. Tanah dispersif adalah tanah yang mudah tererosi dan terurai apabila berinteraksi dengan air, sehingga dapat menyebabkan banyak kerusakan. Perilaku tanah dispersif terhadap dinding penahan tanah juga sangat berpengaruh pada pekerjaan konstruksi dan dapat mempengaruhi kriteria desain suatu struktur. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memberi peringatan pentingnya memahami perilaku tanah di lokasi konstruksi, terutama untuk tanah sensitif yang sangat memerlukan keberhati-hatian desain dan juga desain yang bersifat konservatif. Kemudian, analisis dilanjutkan dengan pengecekan kestabilan dinding penahan tanah dengan menggunakan bantuan program. Dalam simulasi program, syarat angka keamanan dan batas deformasi dinding penahan tanah ditingkatkan untuk mencegah kemungkinan terburuk terjadi karena kondisi lapangan dan simulasi pada program tidak sepenuhnya sama. Analisis pada program menunjukkan bahwa kondisi *drained* (SF=2.3394) memiliki angka keamanan lebih kecil dari kondisi *undrained* (SF=3.5499). Hal ini membenarkan teori bahwa pada kondisi *drained*, tanah memiliki permeabilitas tinggi sehingga air dapat dengan mudah mengalir keluar masuk pada tanah.

Kata kunci: *basement*, *dewatering*, tanah dispersif, dinding penahan tanah.

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Seiring berjalannya waktu, keterbatasan lahan mendorong dilakukannya prinsip pembangunan *basement* sebagai salah satu bentuk efisiensi lahan. Dalam pekerjaan *basement* proses galian tidak dapat dihindari. Pekerjaan galian harus mendapat perhatian khusus, seperti galian *basement* yang terletak di bawah muka air tanah yang dapat mempengaruhi lingkungan sekitar galian. Sehingga, perlu menjaga galian tetap dalam keadaan kering melalui proses pengeringan tanah dengan sistem *dewatering*.

Dalam melakukan pekerjaan *dewatering* terutama pada tanah dispersif, diperlukan peninjauan kondisi tanah pada lokasi galian untuk menghindari dampak negatif yang dapat timbul seperti terganggunya stabilitas muka air tanah. Tanah dispersif merupakan tanah yang belum dikenal luas oleh orang-orang sehingga sulit untuk ditangani dan perlu penanganan khusus oleh ahlinya. Hal tersebut terjadi, pada salah satu pembangunan apartemen di area Jakarta Pusat yang berdampak pada bangunan sekitar lokasi galian, salah satunya bangunan rumah sakit yang terletak tidak jauh dari lokasi. Oleh karena itu, diperlukan dinding penahan tanah dalam pekerjaan *dewatering* konstruksi *basement* agar tidak terjadi aliran air di sekeliling luar area galian.

Maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini untuk menganalisis dan menggambarkan perilaku tanah dispersif terhadap dinding penahan tanah serta dampak negatif yang dapat timbul akibat kurangnya pemahaman dan perencanaan terhadap tanah dispersif. Analisis lebih lanjut dilakukan dengan menggunakan program.

Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menjelaskan karakteristik air pada tanah saat dilakukan konstruksi galian di bawah muka air tanah, menjelaskan apa itu *dewatering*, menjelaskan perilaku tanah dispersif terhadap dinding penahan tanah dan menjelaskan hasil perhitungan dengan bantuan program terhadap pekerjaan galian yang menggunakan dinding penahan tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

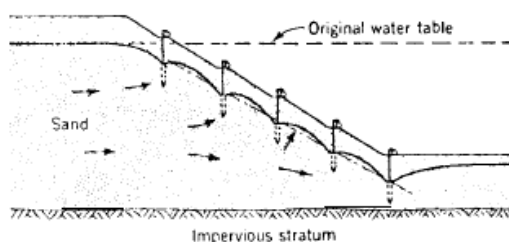
Basement

Dalam pengertian umum, *basement* adalah ruangan di bawah permukaan tanah yang terletak pada sebuah gedung atau rumah. *Basement* dibangun sebagai bentuk usaha untuk mengoptimalkan penggunaan lahan yang semakin terbatas dan mahal, biasanya digunakan sebagai lahan parkir atau ruang utilitas. Metode konstruksi *basement* dibedakan menjadi 2, yaitu *bottom-up construction* dan *top-down construction*. Pada metode *bottom-up construction*, galian dilakukan hingga elevasi rencana terlebih dahulu baru dilakukan pekerjaan struktur konstruksi *basement*. Sedangkan pada *top-down construction*, pekerjaan struktur *basement* dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan galian (Asiyanto, 2008).

Dewatering

Dewatering adalah suatu proses pengendalian air tanah yang dilakukan untuk mengeringkan atau mengurangi air galian pondasi agar tidak mengganggu dan menghambat proses pelaksanaan suatu pekerjaan konstruksi, terutama untuk pelaksanaan bagian struktur yang berada di bawah muka air tanah. Terdapat tiga metode dasar dalam mengendalikan air tanah. Ketiga metode tersebut adalah:

1. *Open pumping*, air tanah dibiarkan mengalir ke dalam lubang galian, kemudian dipompa keluar melalui sumur/selokan penampung di dasar galian.
2. *Predrainage*, muka air tanah (*water table*) diturunkan terlebih dahulu sebelum proses penggalian dimulai dengan menggunakan *wells*, *wellpoints*, dan sistem lainnya.
3. *Cut off*, aliran air tanah dipotong dengan menggunakan *sheet pile*, *diaphragm wall*, *secant piles*, *slurry trenches*, dan beberapa cara lainnya.



Gambar 1. Sistem *wellpoint* (Joint Department of the Army, the Air Force, and the Navy, 1985)

Pekerjaan *dewatering* tidak sepenuhnya berjalan mulus tanpa akibat-akibat samping terhadap kondisi lingkungan sekitarnya. *Dewatering* kadang dapat mengakibatkan *settlement* pada tanah sekitar, bahkan terkadang disertai dengan kerusakan struktur bangunan yang ada. Hal ini diakibatkan karena tersedotnya partikel halus dari dalam tanah oleh kegiatan penyedotan air tanah yang menyebabkan terjadinya *piping* pada tanah.

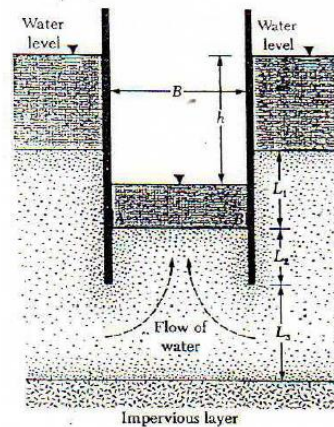
Jadi sebelum dilaksanakannya pekerjaan *dewatering* maka terlebih dahulu dibuat perencanaan yang matang disertai dengan studi terhadap AMDAL (Analisa Mengenai Dampak Lingkungan Hidup) dan hal-hal lain yang dapat mengakibatkan dampak negatif yang tidak diinginkan.

Dinding penahan tanah

Dinding penahan tanah merupakan salah satu hal yang penting, terutama dalam pembangunan konstruksi *basement* yang dilakukan pada tanah sensitif. Hal ini dikarenakan, dinding penahan tanah berguna untuk menjaga kondisi tanah sekitar terus stabil dan mengurangi kemungkinan terjadinya longsor atau ambles. Selain dinding penahan tanah, kondisi tanah di sekitar lokasi juga sangat berpengaruh besar dalam pekerjaan konstruksi *basement*. Sehingga, perlu adanya peninjauan yang tepat apakah kondisi tanah yang tersedia memungkinkan untuk dilakukan konstruksi *basement*.

Kondisi tanah juga dapat mempengaruhi desain dalam perencanaan konstruksi, terutama bagi tanah yang sensitif seperti tanah dispersif, tanah lunak, tanah berpasir dan lainnya. Tanah seperti yang disebutkan dapat bergerak jika berinteraksi dengan air, sehingga sangat rentan terhadap erosi. Oleh karena itu, tanah yang sensitif perlu ditinjau lebih lanjut dan ditangani secara khusus. Peran dinding penahan tanah juga sangat penting, karena jika dinding

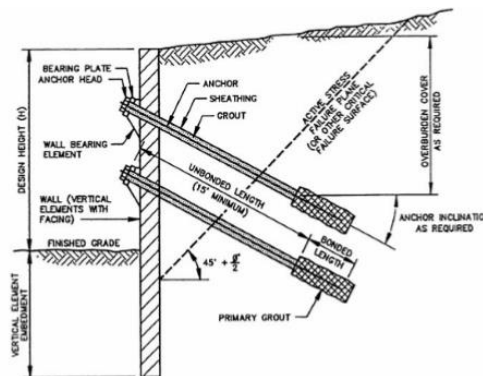
penahan tanah tidak kuat atau terjadi kebocoran, meskipun kecil tetap akan sangat berdampak pada lingkungan disekitarnya.



Gambar 2. Ilustrasi Dinding Penahan Tanah pada Tanah Pasir (Braja M. Das, 1998)

Angkur (*tie back anchor*)

Dinding penahan tanah membutuhkan sistem penunjang yaitu ankur jika terjadi deformasi yang cukup besar pada dinding. Angkur, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3., bertujuan untuk mengurangi *bending moment*, menambah kekuatan lereng, dan meminimalkan deformasi yang terjadi. Prinsip kerja ankur adalah mentransfer gaya tarik akibat pergerakan tanah dengan mengandalkan gaya gesek antara ankur dengan tanah di sekitarnya.

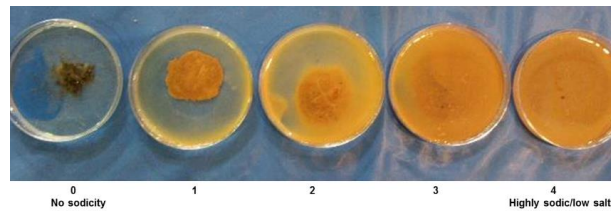


Gambar 3. Angkur (Robert W. Day, 2005)

Tanah dispersif

Tanah dispersif (*dispersive soils*) merupakan tanah yang kurang stabil, yang sangat mudah tererosi dan berubah menjadi partikel-partikel kecil jika berinteraksi dengan air. Hal ini terjadi karena air pori tanah dispersif mengandung larutan sodium dalam kadar yang tinggi, sehingga mineral lempung di dalamnya akan diselubungi oleh lapisan air dua kali lebih tebal dibandingkan dengan lempung pada umumnya. Kondisi ini menyebabkan terjadinya tegangan tolak antar partikel lempung sehingga apabila terendam air maka partikel lempung tersebut akan lepas dan larut didalam air.

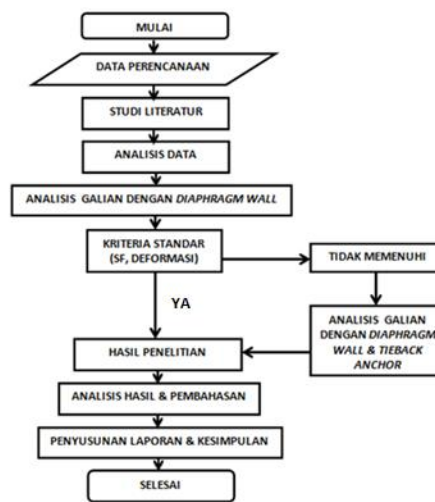
Secara visual, tanah dispersif dapat dikenali dengan adanya pola retakan dan lubang hingga membentuk kubangan air pada tanah. Untuk memastikan tanah berdispersif, dapat dilakukan berbagai macam tes, seperti *crumb test*, *SCS double hydrometer test*, *pinhole test* dan *chemical test*.



Gambar 4. Hasil *crumb test* (http://www.ccmaknowledgebase.vic.gov.au/brown_book/04_Sodic.htm)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil analisis dengan bantuan program. Dalam melaksanakan penelitian dan analisis, langkah-langkah yang ditempuh penulis digambarkan melalui diagram alir penelitian seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Parameter tanah

Jenis tanah yang akan digunakan dalam simulasi galian ini sesuai dengan data tanah yang akan ditinjau. Berdasarkan data tanah yang akan ditinjau, dibedakan dua kondisi yaitu kondisi *drained* (jangka panjang) dan *undrained* (jangka pendek). Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui kondisi saat penggalian selesai dilaksanakan (*end of construction*) yang dianalisis dengan menggunakan kondisi *undrained* dan pada masa yang akan datang yang dianalisis menggunakan kondisi *drained*. Kedua parameter dapat dilihat pada Tabel 1. dan Tabel 2.

Tabel 1. Parameter Tanah Kondisi *Drained*

Parameter		<i>clay</i>	<i>fine sand</i>	<i>silty clay</i>	<i>fine sand</i>	<i>silty clay</i>	Satuan
Kedalaman	<i>h</i>	0 – 5	5 – 9	9 – 14	14 – 19	19 – 20	m
Model material	<i>Model</i>	MC	MC	MC	MC	MC	-
Jenis perilaku	<i>Jenis</i>	<i>drained</i>	<i>drained</i>	<i>drained</i>	<i>drained</i>	<i>drained</i>	-
N-SPT	<i>N</i>	2	6	10	18	9	-
Berat isi tanah di atas M.A.T	γ_{unsat}	16	14,4	16,9	15,5	16,7	kN/m ³
Brt. isi tanah di bawah M.A.T	γ_{sat}	16	18	18,6	19,5	18,3	kN/m ³
Permeabilitas	<i>k</i>	$1. 10^{-5}$	1	$1. 10^{-5}$	1	$1. 10^{-5}$	m/hari

Modulus Young	E_{ref}	5040	13000	30000	30500	27000	kN/m ²
Angka Poisson	ν	0,35	0,3	0,35	0,+3	0,35	-
Kohesi	c_{ref}	2,8	1	13,4	1	12	kN/m ²
Sudut geser	ϕ	20	31	23	37	23	°
Sudut dilatasi	ψ	0	1	0	7	0	°
Faktor reduksi antarmuka	R_{inter}	0,9	0,8	0,85	1	1	-

Tabel 2. Parameter Tanah Kondisi *Undrained*

Parameter		<i>clay</i>	<i>fine sand</i>	<i>silty clay</i>	<i>fine sand</i>	<i>silty clay</i>	Satuan
Kedalaman	h	0 – 5	5 – 9	9 – 14	14 – 19	19 – 20	m
Model material	<i>Model</i>	MC	MC	MC	MC	MC	-
Jenis perilaku	<i>Jenis</i>	<i>undrained</i>	<i>drained</i>	<i>undrained</i>	<i>drained</i>	<i>undrained</i>	-
N-SPT	N	2	6	10	18	9	-
Berat isi tanah di atas M.A.T	γ_{unsat}	16	14,4	16,9	15,5	16,7	kN/m ³
Brt. isi tanah di bawah M.A.T	γ_{sat}	16	18	18,6	19,5	18,3	kN/m ³
Permeabilitas	k	$1 \cdot 10^{-5}$	1	$1 \cdot 10^{-5}$	1	$1 \cdot 10^{-5}$	m/hari
Modulus Young	E_{ref}	5040	13000	30000	30500	27000	kN/m ²
Angka Poisson	ν	0,35	0,3	0,35	0,3	0,35	-
Kohesi	c_{ref}	14	1	67	1	60	kN/m ²
Sudut geser	ϕ	0	31	0	37	0	°
Sudut dilatasi	ψ	0	1	0	7	0	°
Faktor reduksi antarmuka	R_{inter}	0,9	0,8	0,85	1	1	-

Parameter dinding diafragma

Dinding penahan tanah menggunakan tipe *diaphragm wall* atau dinding diafragma yang mempunyai tebal 1,2 meter. Dinding penahan tanah dimodelkan sebagai elemen pelat pada program. Parameter dan ukuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Dinding Diafragma

Parameter	Nama	Nilai	Satuan
Jenis Perilaku	<i>Jenis material</i>	Elastis	-
Kekakuan normal	EA	$1,872 \cdot 10^8$	kN/m
Kekakuan lentur	EI	$2,2464 \cdot 10^7$	kNm ² /m
Ketebalan ekuivalen	d	1,2	m
Berat	w	9,6	kN/m/m
Angka Poisson	ν	0,15	-

Parameter *tie back anchor*

Penentuan parameter ini bersifat fleksibel dan menyesuaikan dengan kondisi lapangan. Prinsip utama dari pemasangan *tie back anchor* adalah mengurangi deformasi dinding dengan menempatkan *bonded (grout body)* pada lapisan tanah keras. Parameter angkur yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4. dan Tabel 5.

Tabel 4. Parameter *Tie Back Anchor*

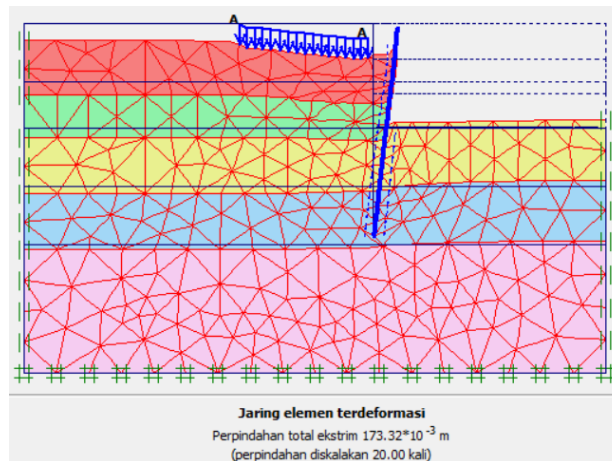
Parameter	Nama	Nilai	Satuan
Jenis Perilaku	<i>Jenis material</i>	Elastis	-
Kekakuan normal	EA	2.10^5	kN
Spasi keluar bidang gambar	L_s	3	m
Gaya maksimum	F_{maks}	1.10^{15}	kN
Gaya prategang	P	121,68	kN/m

Tabel 5. Parameter *Tie Grout Body (Bonded)*

Parameter	Nama	Nilai	Satuan
Kekakuan normal	EA	$1,5.10^5$	kN

Analisis galian dengan dinding penahan tanah (DPT)

Simulasi pada kondisi ini hanya menggunakan dinding penahan tanah, kemudian dilihat kondisi ini masih aman atau tidak berdasarkan angka keamanan dan deformasi dindingnya. Analisis ini dilakukan pada kondisi galian tanah *drained* atau jangka panjang. Berikut hasil *output* dari program hingga galian kedalaman 9 meter, berupa nilai deformasi dinding dan angka keamanan pada Gambar 6. Dilihat dari besaran deformasi dan angka keamanan, galian terbilang tidak aman.



Gambar 6. Galian hingga kedalaman 9 meter menggunakan DPT

Analisis galian menggunakan DPT dengan *tie back anchor*

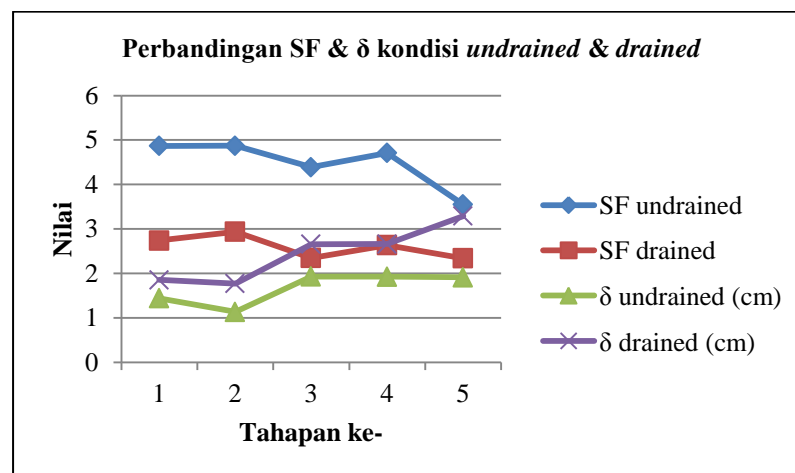
Hasil analisis tanpa menggunakan *tie back anchor* ternyata tidak memenuhi syarat aman yang telah ditentukan, maka dari itu dilakukan analisis dengan bantuan *tie back anchor* sebagai penunjang. Analisis ini perlu dilakukan dengan dua kondisi. Analisis yang pertama adalah analisis dengan kondisi *undrained* dan yang kedua adalah analisis dengan kondisi *drained*.

Berdasarkan persyaratan angka keamanan ($SF > 1.5$), hasil dari seluruh analisis dengan bantuan *tie back anchor* sebagai penunjang memiliki angka keamanan memenuhi persyaratan minimal. Namun, untuk mencegah dan menghindari hal yang tidak diinginkan pada jenis tanah tertentu, maka syarat angka keamanan perlu dinaikkan di

atas syarat angka normal. Karena alasan di atas, maka dalam analisis ini digunakan angka keamanan $SF > 2$. Rekapitulasi analisis dengan bantuan *tie back anchor* dapat dilihat pada Tabel 6. dan Grafik 1.

Tabel 6. Rekapitulasi Angka Keamanan dan Deformasi pada Galian *Undrained* dan *Drained* dengan *Tie Back Anchor* dan Dinding Penahan Tanah

Tahapan ke-	Urutan Pekerjaan	<i>Undrained</i>		<i>Drained</i>	
		SF	δ (cm)	SF	δ (cm)
1	Penggalian 3 m	4.8693	1.439	2.7389	1.853
2	Pemasangan <i>tie back anchor</i> 1	4.8723	1.134	2.9377	1.77
3	Penggalian 6 m	4.3880	1.929	2.3490	2.658
4	Pemasangan <i>tie back anchor</i> 2	4.7087	1.927	2.6349	2.661
5	Penggalian 9 m	3.5499	1.912	2.3394	3.292



Grafik 1. Perbandingan *safety factor* & deformasi dinding kondisi *undrained* dan *drained*

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis pada program menunjukkan bahwa kondisi *drained* memiliki angka keamanan 2.3394 pada akhir penggalian dan besar deformasi sebesar 3.292 cm.
2. Analisis pada program menunjukkan bahwa kondisi *undrained* memiliki angka keamanan 3.5499 pada akhir penggalian dan besar deformasi sebesar 1.912 cm.
3. Analisis pada program menunjukkan bahwa kondisi *drained* memiliki angka keamanan lebih kecil dari kondisi *undrained*. Hal ini membenarkan teori bahwa pada kondisi *drained*, tanah memiliki permeabilitas tinggi sehingga air dapat dengan mudah mengalir keluar masuk pada tanah.

Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dibuat, maka saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Pekerjaan *dewatering* dalam pembangunan *basement* dapat berdampak pada lingkungan sekitar, sehingga perlu peninjauan dan wawasan yang luas terhadap karakteristik tanah sekitar untuk meminimalisir dampak yang mungkin akan timbul.

2. Pekerjaan galian dan *basement* pada tanah dispersif sebaiknya dihindari, atau tetap dilakukan dengan penangan khusus seperti, menaikkan syarat angka keamanan pada proses perhitungan untuk mencegah kemungkinan terburuk yang akan terjadi.
3. Pada tanah dispersif perlu keberhati-hatian dalam mendesain dan kesalahan sekecil apapun pada desain tidak dapat ditoleransi karena tanah dispersif dapat mempengaruhi kriteria desain dan berujung pada kegagalan konstruksi.
4. Galian pada jenis tanah sensitif seperti dispersif, perlu adanya dinding penahan tanah yang kuat dan impermeabel agar dapat mencegah keruntuhan tanah dan dinding penahan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto (2008). *Metode Konstruksi Bangunan Pelabuhan*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Das, Braja M., *Principles of Foundation Engineering 4th Edition*, 1998, PWS Publishing, Pacific Grove.
- Day, Robert W. (2005). *Foundation Engineering Hand Book*. McGraw-Hill Education, United States.
- Joint Departments of the Army, the Air Force, and the Navy, USA, Technical Manual TM 5-818- 5/AFM 88-5, Chap 6/NAVFAC P418, *Dewatering and Groundwater Control*.