

ANALISIS KEGAGALAN *GROUND ANCHOR* PADA TANAH DENGAN KEPADATAN LEPAS LUNAK SAMPAI SEDANG

Lorenzo¹ dan Chaidir A. Makarim²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: lorenziolorenzo322@gmail.com

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

ABSTRAK

Pada proses pembangunan suatu konstruksi kerap dijumpai pekerjaan penggalian *basement*, yang dilakukan dari permukaan tanah sampai pada kedalaman tertentu sesuai dengan kebutuhan pembangunan konstruksi tersebut. Konstruksi galian *basement* lazim menggunakan dinding penahan tanah yang disokong oleh komponen struktur penyangga. Struktur penyangga tersebut dapat berupa *ground anchor*, *soil nailing*, dan lain-lain yang bekerja saling memperkuat dengan dinding penahan tanah. Namun pada beberapa kasus, sering dijumpai adanya kegagalan konstruksi galian *basement* yang melibatkan komponen struktur ini. Kasus kegagalan konstruksi galian *basement* yang belum lama terjadi di Indonesia merupakan suatu contoh kasus kegagalan nyata pada komponen struktur tersebut, hal tersebut diduga terjadi karena kesalahan konsultan struktur dalam perancangan serta diperburuk dengan kondisi di lapangan yang bermasalah sehingga struktur penyangga yang semula bertujuan untuk memperkuat dinding penahan tanah tidak dapat berfungsi secara optimal. Penelitian ini akan mengupas penyebab gagalnya *ground anchor* dengan melakukan simulasi galian *basement* secara komprehensif sesuai dengan data aktual lapangan.

Kata kunci: kegagalan, galian, *basement*, *ground anchor*

1. PENDAHULUAN

Pada proses pembangunan suatu konstruksi kita sering menjumpai pekerjaan penggalian yang dilakukan dari permukaan tanah sampai pada kedalaman tertentu sesuai dengan kebutuhan pembangunan konstruksi tersebut. Proses penggalian ini dapat dilaksanakan secara langsung maupun bertahap tergantung kedalaman penggalian, jenis tanah, sudut penggalian, dan luas lahan pembangunan sebuah konstruksi.

Dalam konstruksi galian dengan penahan diperlukan konstruksi dinding penahan tanah agar tanah disamping galian tidak tergelincir. Struktur penyangga tersebut bisa berupa *ground anchor* atau jangkar tanah, dan lain-lain.

Namun pada beberapa kasus, perancangan struktur penyangga yang dilakukan oleh seorang ahli teknik sipil mengalami kegagalan, hal ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti kesalahan dalam perancangan, kondisi tanah di lapangan yang bermasalah, sehingga struktur penyangga yang semula bertujuan untuk memperkuat dinding penahan tanah tidak dapat berfungsi secara optimal sehingga terjadi kegagalan pada struktur penyangga tersebut.

Kegagalan pada struktur penyangga dapat mengakibatkan longsor, hal ini dapat mengganggu pelaksanaan pekerjaan konstruksi seperti membahayakan para pekerja, mengganggu akses mobilitas pengiriman barang untuk pekerjaan konstruksi, mengganggu fasilitas umum berupa jalan raya, pasokan listrik, dan juga yang terburuk dapat mengganggu konstruksi yang sebelumnya sudah jadi disekitar lokasi kegagalan galian tanah.

Pada bahasan kali ini, objek yang akan dijadikan bahan penelitian adalah gagalnya struktur penyangga dinding penahan tanah *ground anchor* pada salah satu proyek galian *basement* di Indonesia, pada proyek ini, kegagalan disebabkan perancangan struktur penyangga serta dinding penahan tanah yang kurang tepat untuk kedalaman yang diinginkan oleh perencana sipil serta kondisi tanah yang kurang baik sehingga mengakibatkan longsor pada jalan sekitar proyek tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Studi Literatur

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan teori untuk analisis penyebab kegagalan *ground anchor* pada konstruksi dermaga pada salah satu kawasan pulau di Indonesia berupa buku, jurnal, dan peraturan seperti *Geotechnical*

Circular no.4: Ground Anchor and Anchorage System dan SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.

Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang dikumpulkan berupa data *boring log*, *proving test ground anchor*. Jenis *ground anchor* yang digunakan adalah *temporary ground anchor* 3 buah dengan panjang ankur paling atas 28 meter dan 29 meter untuk 2 ankur dibawahnya. Data-data *boring log* akan dikorelasikan sehingga mendapatkan parameter yang dibutuhkan untuk menganalisa penyebab kegagalan *ground anchor*, dan data *proving test ground anchor* dan *shop drawing* digunakan untuk menganalisa *ground anchor* yang mengalami kegagalan.

3. PEMODELAN DENGAN BANTUAN PROGRAM

Data yang Digunakan

Data yang telah dikumpulkan berupa data *boring log* serta data *proving test* dapat digunakan untuk melakukan pemodelan pada program. Data yang telah dikumpulkan berasal dari salah satu wilayah di Indonesia yang tidak diperbolehkan untuk dipublikasi. Sehingga, berikut adalah kesimpulan parameter yang diperlukan untuk digunakan pada program.

Tabel 1 Hasil Korelasi Berat Jenis Tanah (Data Proyek Wilayah Indonesia)

Depth	Gamma Sat (gr/cm ³)
0-15	1,65
15-50	2,15

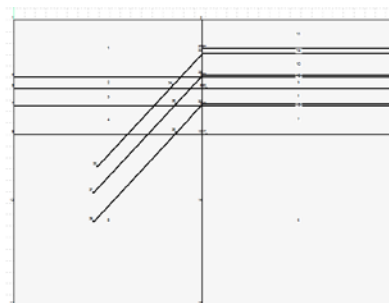
Tabel 2 Hasil Korelasi *Modulus Elasticity* dan *Poisson's Ratio* (Data Proyek Wilayah Indonesia)

Depth	Modulus Elasticity	Poisson's Ratio
0-10	20000	0,4
10-12	5000	0,35
12-15	20000	0,49
15-20	15000	0,25
20-50	30000	0,3

Pemodelan Galian

Pertama kali dalam memodelkan kedalam program terlebih dahulu menggambarkan garis setiap lapisan tanah sesuai dengan jenis tanah, serta garis dari setiap komponen struktur pada tanah yaitu dinding penahan tanah serta *ground anchor*. Setelah menggambarkan garis yang diperlukan, kemudian dilanjutkan dengan menggambarkan region sehingga garis yang telah digambarkan membentuk region. Gambar garis serta region dari lapisan tanah serta struktur pendukungnya dapat dilihat pada gambar 1 berikut

Gambar 1 Model Garis dan Region Galian



Setelah menggambarkan garis serta region, selanjutnya adalah menentukan material dari setiap lapisan tanah, sesuai dengan korelasi data tanah yang telah dilakukan sebelumnya, dapat dilihat pada gambar 2 sampai gambar 6 berikut

Gambar 2 Material Tanah Layer 1

Name: layer 1

Stress

Material Category: Total Stress Parameters

Material Model: Linear Elastic (Total)

Total E-Modulus

☒ Constant: 2.000 kPa

☐ Function: (none) ...

Unit Weight: 16,1809 kN/m³

Poisson's Ratio: 0,4

☐ Specify Insitu Ko: 0,6666667

Gambar 3 Material Tanah Layer 2

Name: layer 2

Stress

Material Category: Total Stress Parameters

Material Model: Linear Elastic (Total)

Total E-Modulus

☒ Constant: 5.000 kPa

☐ Function: (none) ...

Unit Weight: 16,1809 kN/m³

Poisson's Ratio: 0,35

☐ Specify Insitu Ko: 0,53846154

Gambar 4 Material Tanah Layer 3

Name: layer 3

Stress

Material Category: Total Stress Parameters

Material Model: Linear Elastic (Total)

Total E-Modulus

☒ Constant: 20.000 kPa

☐ Function: (none) ...

Unit Weight: 16,1809 kN/m³

Poisson's Ratio: 0,49

☐ Specify Insitu Ko: 0,96078431

Gambar 5 Material Tanah Layer 4

Name: layer 4

Stress

Material Category: Total Stress Parameters

Material Model: Linear Elastic (Total)

Total E-Modulus

☒ Constant: 15.000 kPa

☐ Function: (none) ...

Unit Weight: 21,0843 kN/m³

Poisson's Ratio: 0,25

☐ Specify Insitu Ko: 0,33333333

Gambar 6 Material Tanah Layer 5

Name: layer 5

Stress

Material Category: Total Stress Parameters

Material Model: Linear Elastic (Total)

Total E-Modulus

☒ Constant: 30.000 kPa

☐ Function: (none) ...

Unit Weight: 21,0843 kN/m³

Poisson's Ratio: 0,3

☐ Specify Insitu K_0 : 0,42857143

Setelah menentukan material dari tanah, selanjutnya menentukan dinding penahan tanah serta angkur bagian *bond length* yang diasumsikan sebagai *structural beams*. Dapat dilihat pada gambar 7 sampai 9 berikut.

Gambar 7 *Properties* dari Dinding Penahan Tanah

Name: secant piles

E-Modulus: 23.500.000 kPa

Cross-sectional Area: 0,5027 m² ☒ Allow Tension

Moment of Inertia: 0,0012566371 m⁴ ☒ Allow Compression

Gambar 8 *Properties Bond Length* dari *Ground Anchor* Pertama

Name: anchor 1

E-Modulus: 1,9121006e+08 kPa

Cross-sectional Area: 0,0314 m² ☒ Allow Tension

Moment of Inertia: 7,8539816e-05 m⁴ ☒ Allow Compression

Gambar 9 *Properties Bond Length* dari *Ground Anchor* Kedua dan Ketiga

Name: anchor 2 & 3

E-Modulus: 1,9121006e+08 kPa

Cross-sectional Area: 0,0314 m² ☒ Allow Tension

Moment of Inertia: 7,8539816e-05 m⁴ ☒ Allow Compression

Selanjutnya menentukan *properties* dari *free length* dari setiap angkur yang diasumsikan sebagai *structural bars*, dapat dilihat pada gambar 10 dan 11 berikut.

Gambar 10 *Properties Free Length* dari *Ground Anchor* Pertama

Name: angkur 1

E-Modulus: 1,9121006e+08 kPa

Cross-sectional Area: 0,0314 m²

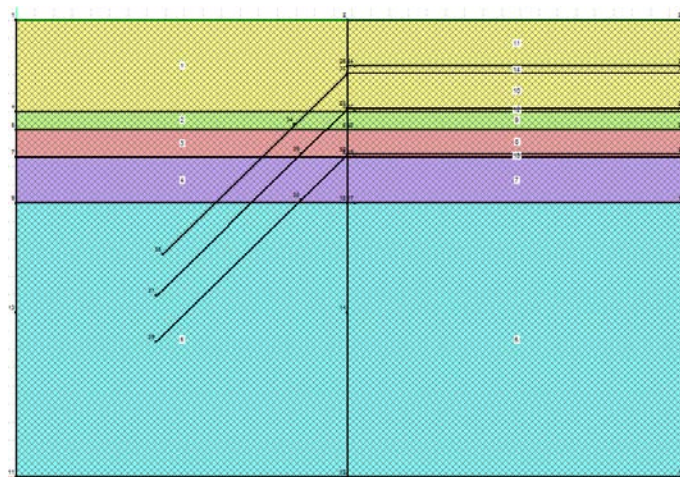
Pre-Axial Force: -92 kN

Gambar 11 *Properties Free Length* dari *Ground Anchor* Kedua dan Ketiga

Name:	angkur 2&3
E-Modulus:	1,9121006e +08 kPa
Cross-sectional Area:	0,0314 m ²
Pre-Axial Force:	-92 kN

Setelah selesai menentukan material dari setiap lapisan tanah dan juga struktur pendukungnya, selanjutnya menggambarkan material dari tanah tersebut kedalam region seperti pada gambar 1 di atas. Dapat dilihat pada gambar 12 berikut

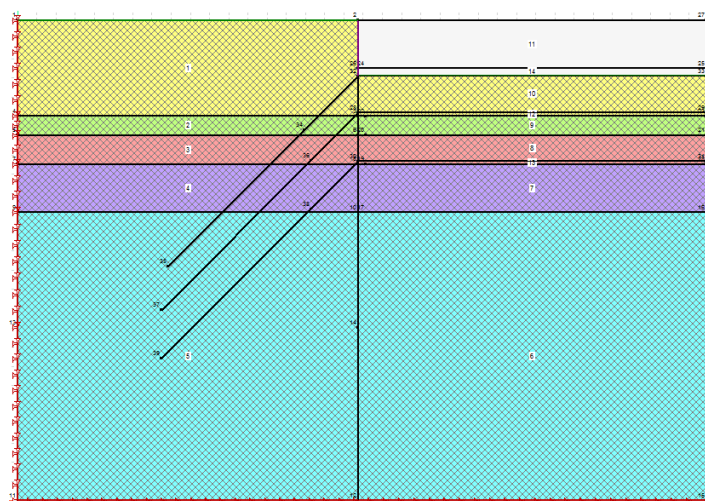
Gambar 12 Layer Tanah yang Telah Digambarkan Kedalam Region



Pemodelan Galian

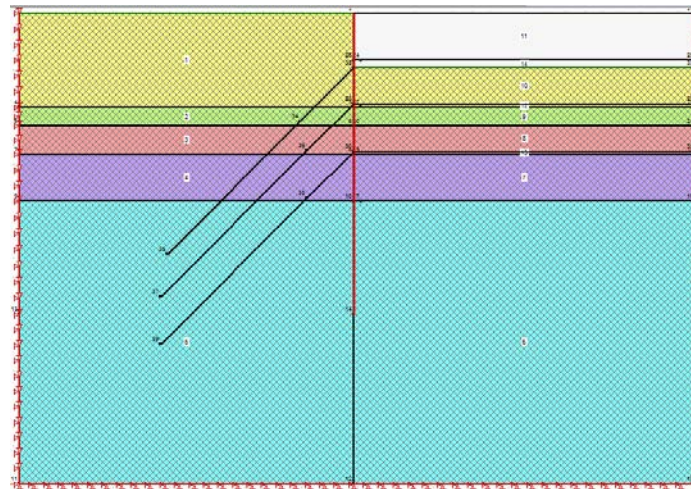
Setelah menggambarkan material tanah kedalam region, dilanjutkan dengan proses penggalian tahap pertama serta pemasangan dinding penahan tanah. Tahapan pertama adalah dengan menggambarkan *boundary condition* pada bagian samping kiri, kanan, dan bawah, serta menghilangkan materia tanah sesuai dengan kedalaman galian. Dapat dilihat pada gambar 13

Gambar 13 *Boundary Condition* Serta Galian Tahap Pertama



setelah menggambarkan *boundary condition* pada bagian samping kiri, kanan, dan bawah, dilanjutkan dengan menggambarkan *structural beams* pada garis yang mewakili dinding penahan tanah sesuai dengan gambar 7 diatas. *Structural beams* yang telah digambar dapat dilihat pada gambar 14 berikut.

Gambar 14 Dinding Penahan Tanah Pada Model Galian



Setelah menggambarkan *structural beams* dilanjutkan dengan menggambarkan kembali *boundary condition* pada bagian atas galian untuk mewakili terjadinya pengangkatan tanah yang digali, dapat lihat pada gambar 15 serta 16 berikut

Gambar 15 *Boundary Condition* Untuk Galian Tahap Pertama

Name: Galian tahap pertama Color: Set...

Kind: X-Y Stress

X-Stress:

☒ Constant: 0 kPa

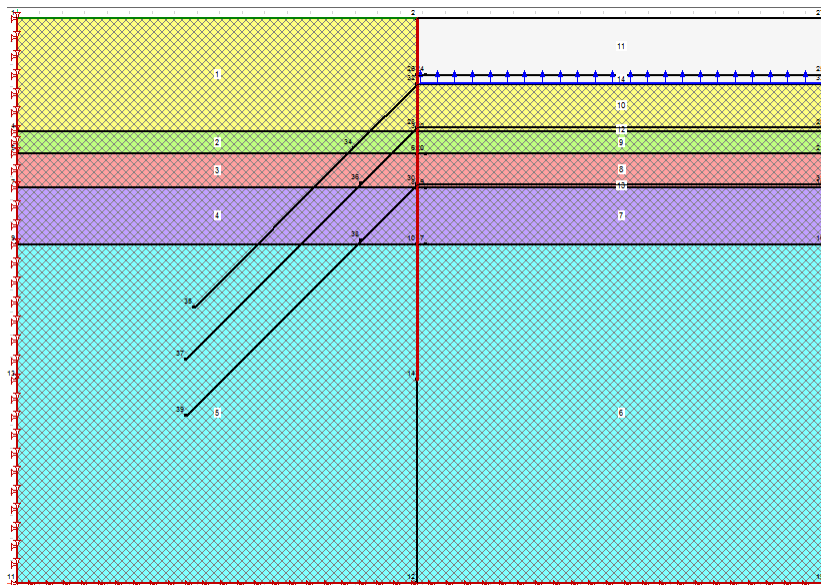
☐ Function:

Y-Stress:

☒ Constant: 93,8492 kPa

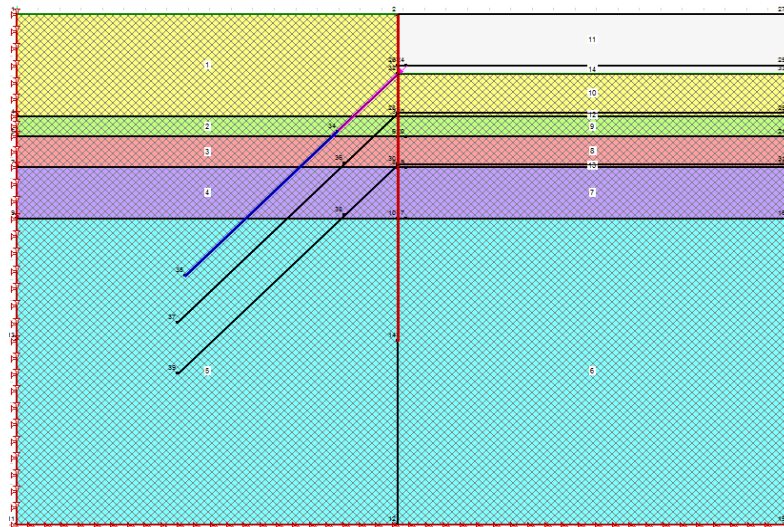
☐ Function:

Gambar 16 *Boundary Condition* Tahap Pertama Setelah Digambarkan Pada Galian



Setelah memodelkan galian tahap pertama (lantai LG) dilanjutkan dengan pemasangan *ground anchor* untuk lantai LG. Pertama kali dengan menggambarkan *free length* dengan *structural bars* yang besarnya sesuai dengan gambar 10 di atas, kemudian selanjutnya menggambarkan *bond length* yang besarnya sesuai dengan gambar 8 di atas, pemasangan *ground anchor* dapat dilihat pada gambar 17 berikut.

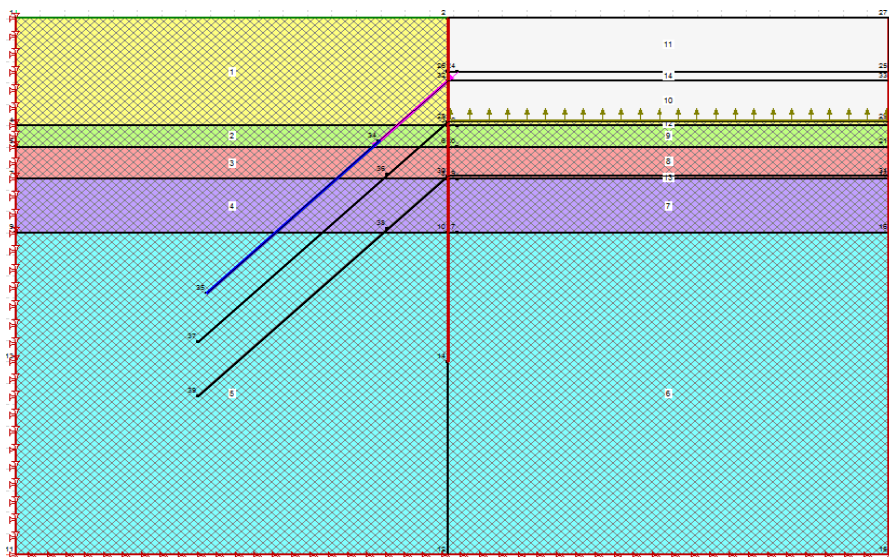
Gambar 17 Pemasangan *Ground Anchor* Pada Galian Tahap Pertama



Untuk galian tahap kedua, proses yang dilakukan untuk memodelkan pada program serupa dengan galian pada tahap pertama, dilakukan dengan menghilangkan terlebih dahulu material dari tanah sesuai dengan kedalaman galian tahap kedua, setelah itu dilanjutkan dengan menambahkan *boundary condition* pada bagian atas galian yang mewakili terjadinya penggalian tanah tahap kedua. Dapat dilihat pada gambar 18 sampai 20 berikut.

Gambar 18 *Boundary Condition* Untuk Galian Tahap Kedua

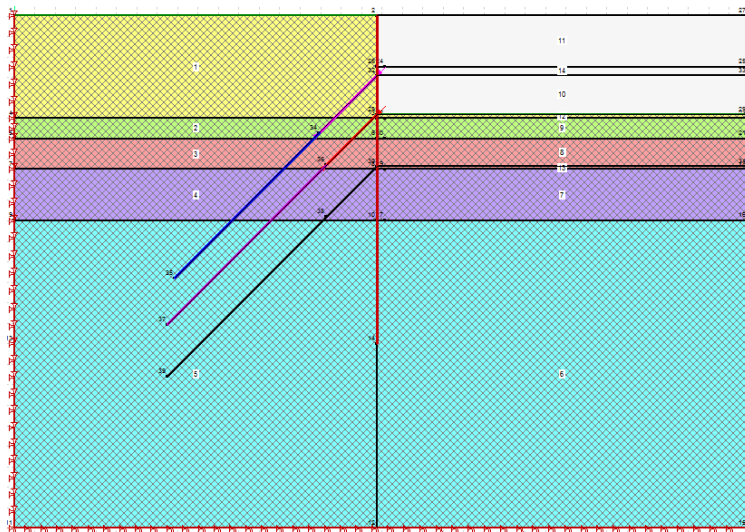
Gambar 19 *Boundary Condition* Tahap Pertama Setelah Digambarkan Pada Galian



Setelah menggambarkan *boundary condition* yang mewakili terjadinya penggalian tahap kedua, dilanjutkan dengan pemasangan *ground anchor* untuk galian tahap kedua. Dengan menggambarkan *free length* dengan *structural bars* yang besarnya sesuai dengan gambar 11 di atas, kemudian selanjutnya menggambarkan *bond length* yang

besarannya sesuai dengan gambar 9 di atas. Pemasangan angkur untuk galian tahap kedua dapat dilihat pada gambar 20 berikut.

Gambar 20 Pemasangan *Ground Anchor* Pada Galian Tahap Kedua



Setelah Memodelkan Pada Galian Tahap Kedua, langkah yang sama dilakukan untuk memodelkan galian tahap ketiga, besaran *boundary condition* untuk galian tahap ketiga dapat dilihat pada gambar 21 berikut

Gambar 21 *Boundary Condition* Untuk Galian Tahap Ketiga

Name: Galian tahap ketiga Color: Set...

Kind: X-Y Stress

X-Stress:

☒ Constant: 0 kPa

☐ Function:

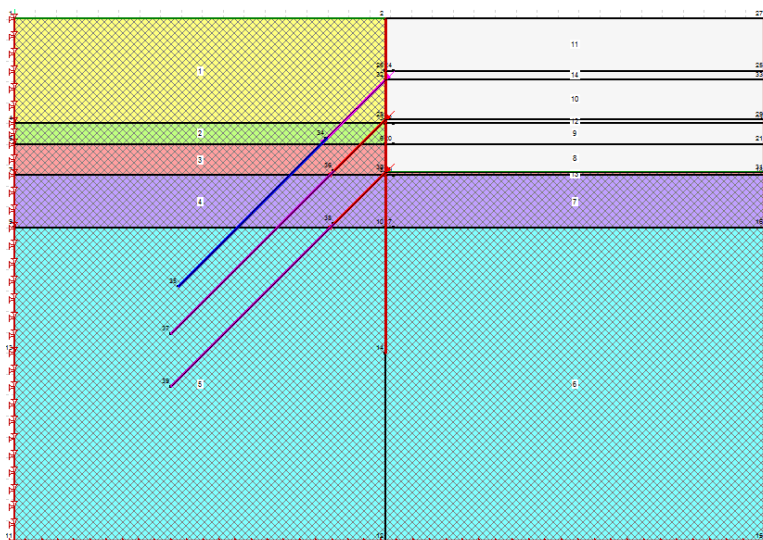
Y-Stress:

☒ Constant: 237,8592 kPa

☐ Function:

Setelah menentukan besaran *boundary condition* pada galian tahap ketiga, dilanjutkan dengan menggambarkan kembali *boundary condition* untuk mewakili pengangkatan tanah, yang kemudian dilanjutkan dengan pemasangan angkur tahap ketiga. Dapat dilihat pada gambar 22 berikut

Gambar 22 Pemasangan *Ground Anchor* Pada Galian Tahap Ketiga



Hasil Analisis Program dan Pembahasan

Setelah selesai memodelkan seluruh galian dari tahap pertama hingga tahap ketiga, selanjutnya hasil dari pemodelan ini dapat mulai dianalisis, sehingga mendapatkan hasil *displacement*, serta gaya lainnya yang bekerja disetiap komponen struktur pendukung. Hasil dari setiap gaya yang bekerja pada komponen struktur pendukung tanah dapat dilihat pada tabel 3 sampai 5 berikut

Tabel 3 *Displacement, Axial, Moment* Yang Terjadi Pada Angkur

	Diplacement (m)		Axial (kN)		Moment (kNm)	
	Depth (m)	Max Value	Depth (m)	Max Value	Depth (m)	Max Value
angkur ke - 1	20	0,494	0	3004,048	28	195,653
angkur ke - 2	21,8	0,489	22,2	-2503,181	29	553,197
angkur ke - 3	23,8	0,341	0	1798,345	29	148,643

Tabel 4 *Shear, Max Strain, Min Strain* Yang Terjadi Pada Angkur

	Shear (kN)		Max Strain		Min strain	
	Depth (m)	Max Value	Depth (m)	Max Value	Depth (m)	Max Value
angkur ke - 1	20	63,874	20	0,064	20	0,048
angkur ke - 2	22,7	368,093	29	0,018	29	0,00846
angkur ke - 3	29	247,954	23,8	0,0233	29	0,00727

Tabel 5 *Total Stress* Yang Terjadi Pada Angkur

	Total Stress (MPa)	
	Depth (m)	Max Value
angkur ke - 1	18	58,9238
angkur ke - 2	23,8	221,7631
angkur ke - 3	23,8	178,5632

Gaya aksial yang terjadi lebih pada ketiga angkur lebih besar dibandingkan dengan *max stressing force* yang telah direncanakan yaitu sebesar 1472 kN. Sedangkan besaran *total stress* yang terjadi sudah melebihi dari *yield stress* dari mutu baja angkur yang digunakan yaitu sebesar 37 MPa. sehingga dapat disimpulkan bahwa kegagalan angkur dapat terjadi secara katastrofik.

4. KESIMPULAN

1. Gaya aksial yang terjadi lebih pada ketiga angkur lebih besar dibandingkan dengan *max stressing force* yang telah direncanakan yaitu sebesar 1472 kN. Sedangkan besaran *total stress* yang terjadi sudah melebihi dari *yield stress* dari mutu baja angkur yang digunakan yaitu sebesar 37 MPa. sehingga dapat disimpulkan bahwa kegagalan angkur dapat terjadi secara katastrofik
2. Kondisi dari galian sudah cukup lama ditinggal sehingga tanah disekitar lokasi mengalami *creep* akibat adanya beban dinamik dari jalan raya disekitar lokasi proyek
3. Air hasil *dewatering* dibuang langsung kedalam saluran drainase kota, sehingga menyebabkan terjadinya rembesan air dari arah luar dinding penahan tanah selama kurang lebih 7.5 bulan. Rembesan tersebut menyebabkan turunnya elevasi muka air tanah sekitar ± 10 meter, dan tegangan vertikal efektif dari tanah meningkat.
4. Pada bagian dinding penahan tanah sebelah timur yang mengalami kegagalan terjadi erosi *piping* pada butiran pasir lepas yang halus, hal ini disebabkan karena adanya rembesan air ekstra dari air *dewatering* yang dibuang langsung melalui saluran drainase yang relatif tidak kedap air pada bagian sambungannya dan tanah karena tanah disekitarnya berupa tanah berpasir, air *dewatering* yang dibuang masuk kembali kedalam tanah, sehingga

menyebabkan tanah menjadi jenuh air dan terjadi rembesan air tambahan kedalam tanah galian, yang meningkatkan beban pada tanah.

5. Angkur hanya dirancang terhadap gaya tarik normal saja, beban ekstra tersebut menyebabkan gaya tarik berlebih pada angkur yang melampaui kekuatan leleh dari kabel baja, sehingga angkur menjadi gagal dan putus
6. Kegagalan dari angkur tanah menyebabkan dinding penahan tanah tidak lagi mampu menahan gaya lateral tanah yang berada dibelakangnya sehingga kelongsoran tidak dapat dihindari.
7. Runtuhnya dinding penahan tanah mengakibatkan tanah dibelakangnya mengalami kelongsoran kearah galian yang diikuti dengan kelongsoran dari jalan raya disekitar lokasi kejadian.
8. Adanya penemuan kepala dari angkur yang terlepas dilapangan beberapa hari sebelum terjadi kelongsoran

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. (2002). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hunt. Roy E. (2005). *Geotechnical Engineering Investigation Handbook Second Edition*. New York: Taylor & Francis Group
- Ubani. Obinna. (2017). *Solved Example on Elastic Settlement of Foundations*. Diakses pada 21 Maret 2019 Melalui <https://www.structville.com/2017/06/solved-example-on-elastic-settlement-of.html>