



Evaluasi Stabilitas *Contiguous Bored Pile* (CBP) Pada Proyek *High-Rise Building* dan Rancangannya

Aiman Syarifuddin Zaein¹ Paksitya Purnama Putra*¹ Dwi Nurtanto¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember, 68121, Indonesia.

*Email korespondensi: paksitya.putra@unej.ac.id

Diterima November 2022; Disetujui Januari 2023; Dipublikasi Januari 2023

Abstract: One of the construction of a high-rise building in Surabaya requires a lot of parking space to be provided in the basement. So the excavation process is carried out and requires a retaining structure. This project uses a contiguous bored pile type retaining wall. However, this still causes the area on the edge of the building to experience cracks and of course it can endanger people or workers below. Therefore, it is necessary to pay attention to the design of retaining walls with additional reinforcement. The suitable reinforcement is using ground anchor because it can withstand lateral loads from the retaining wall. This study aims to calculate the stability of the retaining wall in the project. Calculation of the stability of the retaining wall is carried out with the help of the Plaxis V8.2 program. Based on the existing analysis, the value of the safety factor (SF) is 1.24 and is not safe against shear ($SF > 1.5$), therefore ground anchor reinforcement is needed so that the retaining wall does not shift and roll. Based on the analysis after being given ground anchor reinforcement, the safety factor results for each condition where condition 1 with SF is 4.73, condition 2 SF is 4.28, condition 3 SF is 3.94 and condition 4 SF is 3.65.

Keywords: *contiguous bored pile, ground anchor, retaining wall.*

Abstrak: Salah satu pembangunan gedung tingkat tinggi di Surabaya membutuhkan banyak tempat parkir yang akan disediakan pada *basement*. sehingga dilakukan proses penggalian tanah dan memerlukan suatu struktur penahan tanah. Pada proyek tersebut menggunakan dinding penahan tanah tipe *contiguous bored pile*. Namun hal tersebut masih mengakibatkan area dipinggir bangunan mengalami keretakan dan tentu dapat membahayakan orang atau pekerja yang ada di bawah. Oleh karena itu, perencanaan dinding penahan tanah dengan penambahan perkuatan sangatlah perlu untuk diperhatikan. Perkuatan yang cocok yaitu menggunakan *ground anchor* karena dapat menahan beban lateral dari dinding penahan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah pada proyek tersebut. Perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dilakukan dengan bantuan program Plaxis V8.2. Berdasarkan analisis existing didapatkan nilai faktor keamanan (SF) sebesar 1,24 dan tidak aman terhadap geser ($SF > 1,5$), oleh karena itu diperlukan perkuatan *ground anchor* agar dinding penahan tanah tidak mengalami pergeseran dan guling. Berdasarkan analisis setelah diberi perkuatan *ground anchor* didapatkan hasil safety faktor tiap kondisi dimana kondisi 1 dengan SF sebesar 4,73, kondisi 2 SF sebesar 4,28, kondisi 3 SF sebesar 3,94 dan kondisi 4 SF sebesar 3,65.

Kata kunci : *contiguous bored pile, dinding penahan tanah, ground anchor.*

Salah satu proyek gedung tingkat tinggi di Surabaya memiliki 5 tower dan mall dalam satu kawasan super blok meliputi pekerjaan struktural yaitu pekerjaan struktur bawah dan struktur atas. Lima tower tersebut dibagi menjadi beberapa fungsi bangunan yaitu apartemen (Tower A dan B, 35 lantai), hotel (Tower C dan D, 30 lantai) dan mall sebanyak 6 lantai. Oleh karena itu, proyek tersebut membutuhkan banyak tempat parkir yang akan disediakan pada *basement*. Karena bangunan *basement* letaknya dibawah permukaan tanah maka diperlukan suatu struktur penahan tanah.

Dalam perencannannya, aspek geoteknik mengenai perencanaan konstruksi dinding penahan tanah perlu diperhatikan (Maneking, 2017). Oleh karena itu, pembangunan *retaining wall* menjadi sebuah keharusan dalam pekerjaan galian pada bangunan tingkat tinggi. Hal ini dikarenakan agar tidak terjadi kelongsoran tanah pada saat pekerjaan *basement*. Proyek ini menggunakan dinding penahan tanah tipe *contiguous bored pile*. Namun, pada pelaksanaannya terjadi sebuah sebuah pergeseran *capping beam*. Pergeseran terbesar terjadi pada titik AC/A3 sebesar 99 mm atau hampir 10 cm. Hal tersebut mengakibatkan area dipinggir bangunan mengalami keretakan dan tentu dapat membahayakan orang atau pekerja yang ada di bawah. Oleh karena itu, kontrol stabilitas perencanaan dinding penahan tanah sangatlah perlu untuk diperhatikan. Perkuatan dinding penahan tanah dapat dilakukan dengan penambahan *ground anchor* apabila kontrol stabilitas masih belum memenuhi (Sepriyanna, 2016).

Ground anchor adalah jangkar tanah yang berfungsi untuk menahan beban lateral dari timbunan tanah dibelakang dinding penahan

tanah. Sistem pengangkuran ini berfungsi untuk menyalurkan gaya tarik yang bekerja ke suatu lapisan tanah/batuan (Badan Standarisasi Nasional, 2017). *Ground anchor* biasanya digunakan sebagai perkuatan dalam bidang geoteknik seperti dinding penahan tanah, *basement*, stabilitas lereng, maupun pada jembatan. Pemasangan struktur pada infrastruktur ditujukan untuk memberikan perkuatan pada struktur agar tidak terjadi penggulingan dari arah horizontal maupun vertikal dari bangunan itu sendiri serta bangunan disekitarnya (Isleem et al., 2022; C. Rahmawati et al., 2018; Cut Rahmawati & Zainuddin, 2016). Dalam studi ini, dilakukan perencanaan dinding penahan tanah *Contiguous Bored Pile* (CBP) dengan perkuatan *ground anchor* pada dinding *basement* proyek tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya dinding penahan tanah digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu dinding gravitasi, dinding semi gravitasi, dinding kantilever, dan dinding *counterfort* (Nurhidayah, 2020).

Pada perencanaan dinding penahan tanah perlu diketahui beberapa hal berikut ini:

1. Memperkirakan ukuran atau dimensi yang diperlukan dari dinding penahan tanah.
2. Mencari besarnya tekanan tanah baik secara analitis maupun grafis berdasarkan cara yang sesuai dengan tipe dinding penahan tanahnya.
3. Lebar dasar dinding penahan tanah harus cukup untuk memobilisasi daya dukung tanahnya.

4. Memperhitungkan kekuatan dinding penahan tanah dan memeriksa tegangan geser serta tegangan tekan yang diijinkan dari struktur dinding penahan tanah.
5. Dinding penahan tanah harus aman terhadap stabilitas gesernya (*sliding stability*).
6. Dinding penahan tanah harus aman terhadap stabilitas terhadap gulingnya (*overtuning stability*).

Pada proyek ini menggunakan tipe dinding penahan tanah CBP. CBP adalah pilihan tepat terhadap pemilihan dinding penahan tanah yang sifatnya kaku dan kedap terhadap air (Abdurrozak, 2017). CBP dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan di cor beton.

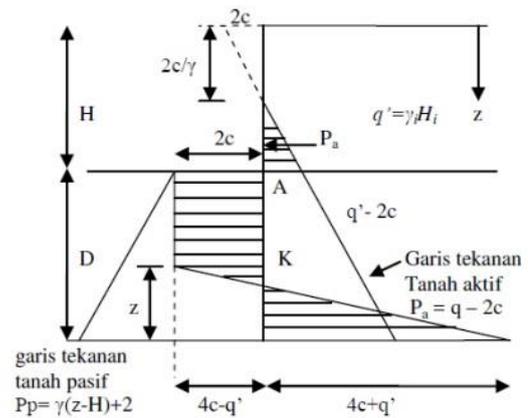
Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan penting dalam sejumlah persoalan teknik pondasi (Hamimullah, 2017). Dinding penahan tanah memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas.

Tekanan lateral tanah dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Jika dinding tidak bergerak K menjadi koefisien tanah diam (K_0).
2. Jika dinding bergerak menekan ke arah tanah hingga runtuh, maka koefisien K mencapai nilai maksimum yang dinamakan tekanan tanah pasif (K_p).
3. Jika dinding menjauhi tanah hingga terjadi keruntuhan, maka nilai K mencapai minimum yang dinamakan tekanan tanah

aktif (K_a).



Gambar 1 : Tekanan tanah pasif dan aktif

Berdasarkan gambar 1. pada umumnya besaran tanah aktif dan pasif dianalisis dengan metode rankine. Berikut persamaan tekanan tanah pasif dan aktif:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p \quad (1)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \frac{\phi'}{2}) \quad (2)$$

$$P_a = K_a \times \gamma \times H \quad (3)$$

$$K_a = \tan^2(45 - \frac{\phi'}{2}) \quad (4)$$

Keterangan

P_p = Tekanan tanah pasif

P_a = Tekanan tanah aktif

H = Kedalaman galian tanah

K_p = Koefisien tanah pasif

K_a = Koefisien tanah aktif

Ground Anchor

Ground anchor adalah salah satu dari perkuatan tanah yang mempunyai suatu sistem mentransmisikan beban ke tanah (Nugraha, 2020). Dalam metode ini pemboran dilakukan di dalam tanah pondasi yang terdiri dari lapisan berpasir, berkerikil, serta bagian yang menahan gaya tarik seperti campuran semen dengan kabel baja yang dimasukkan kedalam lubang hasil pemboran tersebut, kemudian disertai suatu gaya Tarik setelahnya untuk memperkuat konstruksinya (Das,

2017).

Untuk keperluan perencanaan angkur tanah Tipe angkur menggunakan penjangkaran pada lapisan tanah agar dapat menahan beban yang diberikan oleh tanah. Untuk menghitung gaya pada angkur dapat menggunakan rumus :

$$F = \frac{Pa+Pp}{\cos 45^\circ} \quad (5)$$

Keterangan

F = Gaya angkur tanah

Pa = gaya tanah aktif

Pp = gaya tanah pasif

Pada saat melakukan penjangkaran pada lapisan tanah dilakukan perkuatan dengan memasukkan grouting ke dalam lubang bor dengan panjang dan dimensi tertentu. Oleh karena itu untuk mencari panjangnya angkur yang terbenam pada lapisan tanah dapat ditentukan menggunakan rumus berikut :

$$Rult = \alpha \cdot As \cdot Ls \cdot Su \quad (6)$$

Keterangan

α = Faktor adhesi kuat geser tanah

As = Luas selimut angkur

Ls = Panjang angkur

Su = Sudut geser tanah

Plaxis

Plaxis adalah sebuah software atau aplikasi komputer berdasarkan metode perhitungan elemen hingga yang dimaksudkan untuk analisa deformasi dan stabilitas struktur tanah secara dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D), seperti *ground water and heat flow*; dalam dunia geoteknik aplikasinya seperti penggalian, pondasi, dinding penahan tanah, timbunan dan tunel (Plaxis, 2012).

Standart Penetration Test (SPT)

Evaluasi Stabilitas.....

(Zaein, Putra & Nurtanto, 2023)

Menurut SNI 4153:2008 *standart penetration test* (SPT) adalah cara memperoleh parameter lapisan tanah di lapangan untuk identifikasi perlapisan tanah. Uji SPT dilakukan dengan cara pengeboran untuk mengetahui perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh sampel tanah terganggu dengan teknik penumbukan.

METODE PENELITIAN

Tampak atas pembangunan proyek dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini pengambilan data sekunder diperoleh dengan cara mengumpulkan parameter analisa dan perencanaan yang diperoleh dari beberapa instansi salah satunya kontraktor utama. Data tanah yang didapatkan berupa data sekunder seperti NSPT dan data laboratorium. Setelah mendapatkan data yang diinginkan kemudian dilakukan penginputan parameter tanah berupa nilai kohesi, sudut geser tanah, gamma (berat isi tanah), gamma saturated (berat isi tanah dalam keadaan jenuh), dan penggambaran layer profil tanah pada plaxis.. Pada studi ini, analisis kestabilan CBP dilakukan menggunakan program bantu plaxis v8.2. Pemodelan pada plaxis mempunyai keluaran data, yaitu data *total displacement* dan gaya-gaya dalam dari dinding

penahan tanah. Keluaran data ini harus terverifikasi dengan data lapangan yang ada, sehingga bisa dikatakan pemodelan plaxis berhasil sesuai dengan keadaan di lapangan.

Apabila CBP tidak memenuhi salah satu syarat dari kontrol stabilitas maka direncanakan penambahan perkuatan menggunakan *ground anchor*. *Ground anchor* dipilih karena perkuatan ini dapat menahan beban lateral yang relatif besar dan juga fleksibel digunakan pada kedalaman berapapun (SNI : 8460, 2017).

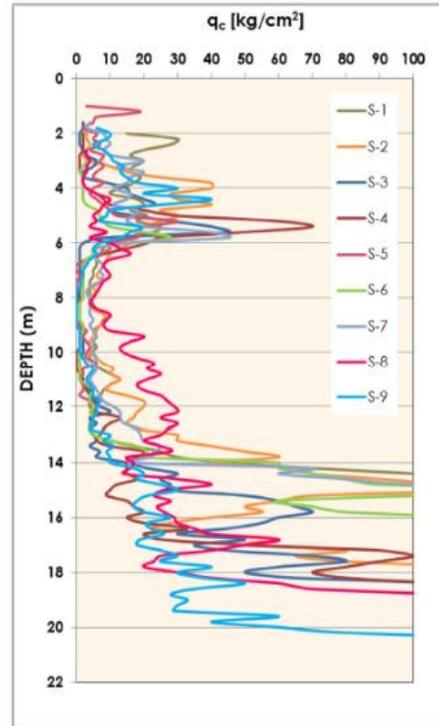
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Data Penyelidikan Tanah

Lingkup pekerjaan yang dilaksanakan yaitu uji lapangan dan uji laboratorium. Uji lapangan dengan melakukan uji sondir dengan kapasitas alat 2,5 ton sebanyak 9 titik pengujian, uji CPT sebanyak 2 titik, disertai dengan uji SPT setiap interval 1,5 m dan pengambilan *Undisturbed Samples* (UDS). Sedangkan untuk uji laboratorium dilakukan pada *undisturbed samples* (UDS) yang meliputi *index properties*, *atterberg limits*, analisa saringan butir, kuat geser tanah, dan uji konsolidasi.

1. Uji Sondir

Uji sondir dilaksanakan pada 9 titik lokasi, dimana menggunakan alat dengan kapasitas 2,5 ton. Hasil uji sondir dapat dilihat pada Gambar 3.

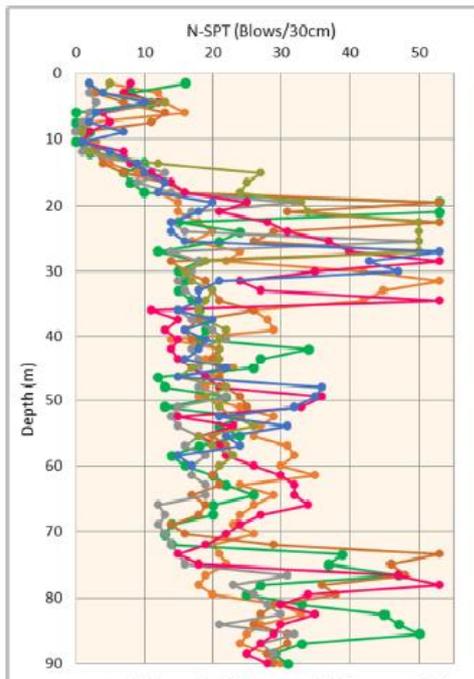


Gambar 3. Uji Sondir

Berdasarkan gambar 3. hasil uji sondir terlihat bahwa dari permukaan tanah hingga kedalaman 2m dijumpai adanya lapisan *fill material* dan *concrete material* serta adanya lapisan lempung kelanauan. Berikutnya kedalaman antara 2m sampai 6m pada beberapa area dijumpai lapisan tanah lempung kelanauan dengan tebal bervariasi dengan nilai Q_c mencapai 70 kg/cm^2 . Namun pada kedalaman 6m hingga 12 meter dijumpai tanah lempung lunak dengan nilai Q_c sondir berkisar antara 20 hingga 60 kg/cm^2 . Pengujian sondir berhenti pada kedalaman antara 14,6 m hingga 21.0 m karena uji sondir telah mencapai kapasitas maksimum alat dan tidak dapat menembus lapisan lanau keras atau pasir sangat padat ($Q_c = 250 \text{ kg/cm}^2$).

2. Pemboran dan Uji SPT

Pemboran dilakukan menggunakan metode pemboran kering dengan sistem *coring* disertai dengan pengujian SPT. Hasil uji N-SPT dapat dilihat pada Gambar 4.

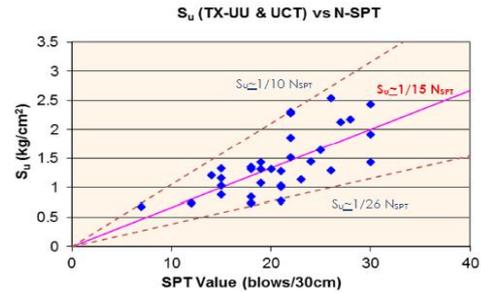


Gambar 4. Uji N-SPT

Berdasarkan Gambar 4. Hasil uji N-SPT secara umum dari permukaan tanah hingga kedalaman 2,0 m dijumpai adanya *fill material*, *concrete material* dan juga lapisan lempung kelanauan lunak hingga sedang. Berikutnya hingga kedalaman 6,0 m dijumpai lapisan pasir lepas hingga sedang berseling dengan lapisan lempung atau lanau lunak. Dibawah kedalaman antara 6.0 m sampai 14,0 m dijumpai lapisan lanau atau lempung sangat lunak. Mulai dari kedalaman 15,0 m sampai 30,0 m mulai didominasi lanau keras dan dijumpai adanya pasir padat dengan ketebalan bervariasi.

3. Uji Kuat Geser Tanah

Uji kuat geser tanah yang dilakukan pada sampel tanah kohesif adalah uji *Triaxial Unconsolidated Undrained (TX-UU)* serta uji *Triaxial Consolidated Undrained (TX-CU)*.



Gambar 5. Korelasi Nilai Kekuatan Geser Terhadap Nilai SPT

Berdasarkan Gambar 5. hasil uji kuat geser diatas, diperoleh nilai S_u dimana nilai rata-rata diperoleh 1/15 NSPT. Uji *Triaxial Cu* pada tanah permukaan menunjukkan hasil nilai kohesi efektifnya berkisar 0,03 kg/cm² hingga 0,38 kg/cm² sedangkan kohesi efektifnya berkisar antara 0,02 kg/cm² hingga 0.35 kg/cm². Untuk *friction angle* total diperkirakan berkisar antara 3° hingga 22° sedangkan *friction angle* efektif berkisar 25°. Data tanah tersebut diinput kedalam program bantu plaxis. Sudut geser tanah sangat berpengaruh terhadap tekanan tanah lateral yang menyebabkan dinding penahan tanah mengalami lendutan atau pergeseran. Hasil Rekapitulasi data tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Parameter Tanah

Parameter Tanah	Simbol	Satuan	Lapisan Tanah			
			Lap1 3m	Lap2 6m	Lap3 9m	Lap4 12m
Berat volume jenuh	γ_{sat}	kN/m ³	21,53	20,4	19,73	20,56
Berat volume kering	γ_{unsat}	kN/m ³	16,64	16,37	15,85	17,32
Angka Pori	E	-	0,6	0,57	0,76	0,52
Angka Poisson	V	-	0,3	0,43	0,31	0,35
Kohesi	C	kN/m ²	11,82	11,82	29,54	9,65
Sudut Geser	ϕ	°	25	25	25,5	20
Modulus Young	E	kN/m ²	11200	21500	20000	20000
Permeabilitas	K	m/sec	0,00178	0,00178	0,00178	0,00178

Sumber : Data Tanah Proyek.

Data Struktur Contiguous Bored Pile

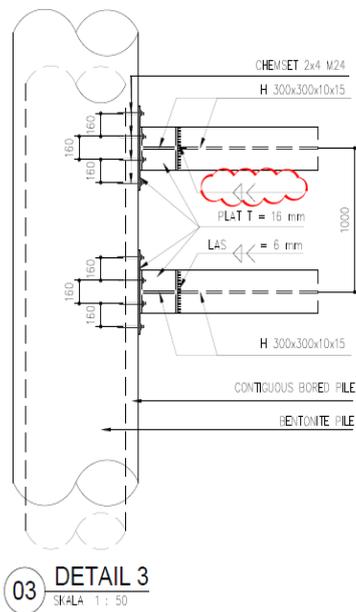
Pada proyek ini direncanakan 4 lantai basement sehingga diperlukan perencanaan dinding penahan tanah tipe CBP. Data dinding penahan tanah CBP dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Parameter Struktur CBP

Parameter struktur	Simbol	Satuan	DPT
Diameter	D	M	0,80
Kedalaman	H	M	25
Modulus Young	E	kN/m ²	2,30E+07
Normal stiffness	EA	kN/m	1,38E+07
Flexural Rigidity	EI	kN/m ²	414000
Plate weight	W	kN/m	2,19
Angka Poison	V	-	0,15

Sumber : Data DPT proyek

Gambar detail CBP dapat dilihat pada gambar 6.

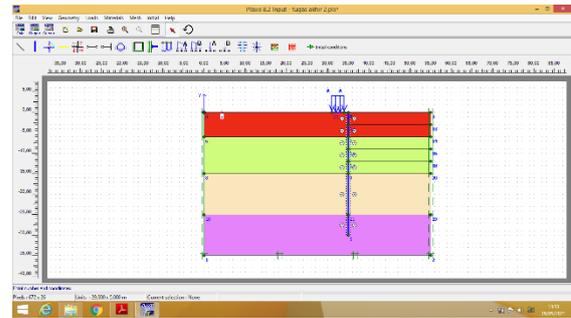


Gambar 6. Detail Contiguous Bored Pile

Analisa Struktur Contiguous Bored Pile dengan Program Plaxis V8.2

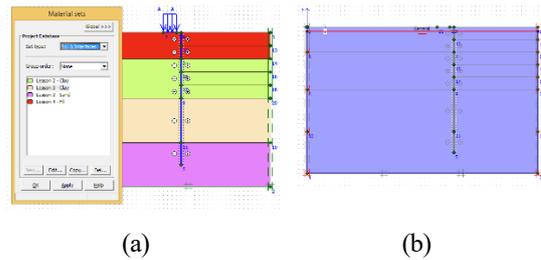
Pemodelan awal yaitu memodelkan kondisi

tanah yang ada di lapangan. Masukkan semua parameter tanah kedalam program Plaxis. Kondisi awal yaitu memasukkan fase pengecoran dinding penahan tanah, lapisan tanah dan pembebanan. Pemodelan awal pada plaxis dapat dilihat pada Gambar 7. Pemodelan Awal DPT



Gambar 7. Pemodelan awal DPT

Berdasarkan Gambar 7. pemodelan awal sebelum pemasangan *ground anchor* yaitu memodelkan dinding penahan tanah, lapisan tanah, muka air tanah dan dan pembebanan. Analisis awal yaitu memasukkan semua parameter tanah kemudian dan muka air tanah sesuai data yang didapatkan. Berikut hasil input data awal pada program plaxis bisa dilihat pada gambar 8.

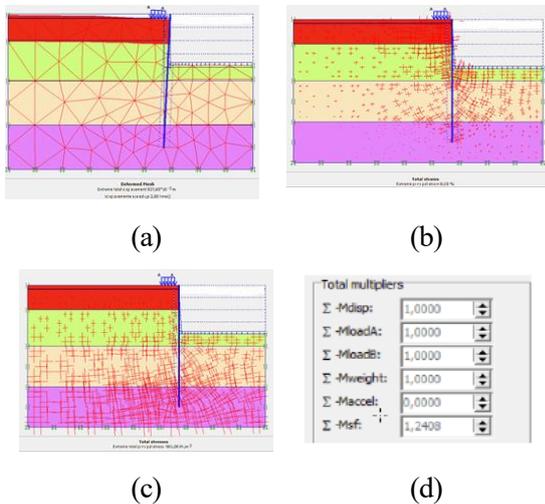


Gambar 8. (A) Kondisi Awal DPT dan Pembebanan ; (B) Kondisi Muka Air Tanah

Berdasarkan Gambar 8. kondisi awal pemodelan semua data tanah yang ada dan juga data CBP dimasukkan kedalam program bantu plaxis untuk mendapatkan nilai total displacement dan faktor keamanan.

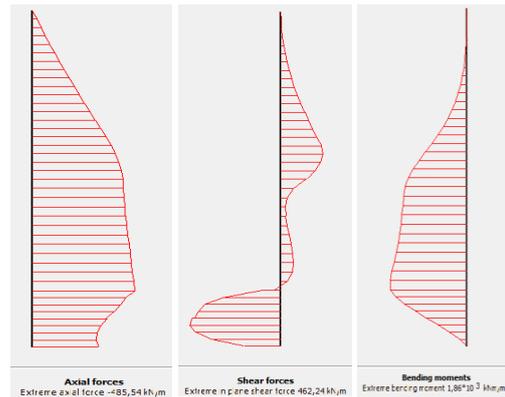
Selanjutnya proses penggalian tanah hingga

12 meter dan muka air tanah 1 meter. Muka air tanah pada *basement* dihilangkan agar pekerjaan *basement* dapat dilakukan dengan baik. Hasil pemodelan galian 12m dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Hasil Kalkulasi Galian Tanah 3 ; (A) Deformasi ; (B) Regangan ; (C) Tegangan ; (D) Safety factor

Berdasarkan gambar 9. didapatkan hasil kalkulasi tanah galian 12m yaitu deformasi terjadi sebesar 93,7 cm, tegangan tanah sebesar $-901,06 \text{ kN/m}^2$ dengan regangan tanah sebesar 8,08%. Berdasarkan hasil analisis dari program bantu plaxis yang menyebabkan pergeseran atau lendutan dinding penahan tanah, yaitu beban lateral dinding penahan tanah lebih besar dibandingkan dengan kapasitas dinding penahan itu sendiri, sehingga dinding penahan tanah eksisting mengalami lendutan hingga hampir mencapai 1m . Berikut ini merupakan grafik gaya-dalam yang terjadi pada dinding penahan penahan dapat dilihat pada gambar 10. Hasil Kalkulasi dinding penahan tanah



Gambar 10. Hasil Kalkulasi Dinding Penahan Tanah Kondisi 1 (A) Gaya Axial;(B) Gaya Momen;(C) Gaya Geser

Pada gambar 10. didapatkan hasil perhitungan dinding penahan tanah gaya axial $-485,54 \text{ kN/m}^2$, gaya momen $1,86 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$, dan gaya geser sebesar $462,24 \text{ kN/m}^2$. Dapat diketahui bahwa semakin dalam galian tanah, maka gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan semakin besar. Apabila gaya-gaya yang bekerja melebihi kapasitas bisa saja nantinya terjadi kegagalan dinding penahan tanah. Hasil rekapitulasi nilai gaya dalam dinding penahan tanah sebelum perkuatan dapat dilihat pada Tabel 3. dan Tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Gaya Dalam Dinding Penahan Tanah

No	Kondisi	Gaya Axial (kN/m)	Gaya Geser (kN/m)	Gaya Momen (kN/m)
1	Galian 1	-373,28	-148,81	-968,21
2	Galian 2	-463,53	201,52	621,49
3	Galian 3	-485,54	462,24	0,0018

Sumber: hasil kalkulasi program plaxis

Tabel 4. Rekapitulasi Output Perilaku Tanah dan DPT sebelum perkuatan

No	Kondisi	Deformasi (m)	Tegangan (kN/m)	Regangan (%)
1	Galian 1	-373,28	-148,81	-968,21
2	Galian 2	-463,53	201,52	621,49
3	Galian 3	-485,54	462,24	0,0018

Sumber: hasil kalkulasi program plaxis

Berdasarkan Tabel 4. hasil rekapitulasi didapatkan perbandingan nilai mulai dari kondisi

galian 1-3 dimana nilai paling ekstrim yang terjadi pada kondisi galian 3 dengan deformasi tanah 93,7 cm atau hampir mencapai 1 meter, tegangan tanah - 901,06 kN/m², regangan tanah 8,08% dan Faktor keamanan yang tidak memenuhi faktor tahanan geser. Menurut RSNI3 tahun 2002 batas lendutan yang terjadi pada DPT akibat beban tekanan tanah sebesar $L/150 = 25000/150 = 166,66$ mm atau 16,6 cm. Nilai lendutan maksimum pada program plaxis yaitu sebesar 93,7 cm dan tentu tidak memenuhi persyaratan. Oleh karena itu diperlukan perkuatan tambahan agar dinding penahan tanah tidak terjadi kegagalan atau guling.

Analisa Penambahan Perkuatan *Ground Anchor*

Menghitung tekanan tanah aktif

$$K_a = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$

$$K_a = 0,4058$$

$$P_a = K_a \times \gamma \times H$$

$$P_a = 485,30 \text{ kN/m}$$

Menghitung tekanan pasif

$$K_p = \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)$$

$$K_p = 2,51$$

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p$$

$$P_p = 90,657 \text{ kN/m}$$

Berdasarkan perencanaan perkuatan ground anchor dimana sudut kemiringan angkur 45 maka gaya total ground anchor dapat dihitung menggunakan rumus :

$$F = \frac{P_a + P_p}{\cos 45^\circ}$$

$$F = 815,51 \text{ kN/m}$$

Pada saat melakukan penjangkaran pada lapisan tanah dilakukan perkuatan dengan memasukkan grouting kedalam lubang bor dengan panjang dan dimensi tertentu. Oleh karena itu untuk mencari panjangnya angkur yang terbenam pada lapisan tanah dapat ditentukan menggunakan rumus

$$R_{ult} = \alpha \cdot A_s \cdot L_s \cdot S_u$$

$$815,51 = (0,7 \cdot 11,82) \pi \cdot 0,15 \cdot L_s \cdot 25$$

$$815,51 = L_s \cdot 97,47$$

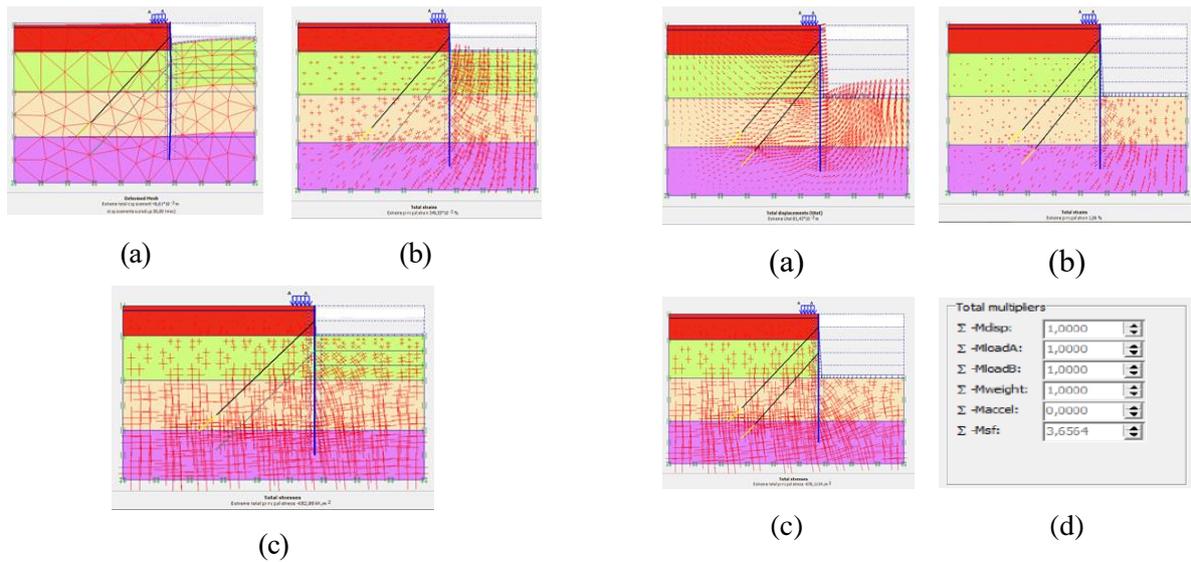
$$L_s = 8,36 \approx 9 \text{ m}$$

Panjang total angkur = 9 m + 12 m (kedalaman rencana mengikuti DPT) = 21 m

Jadi total panjang perencanaan awal ground anchor adalah 21 m dengan tipe ground anchor yaitu tipe jangkar.

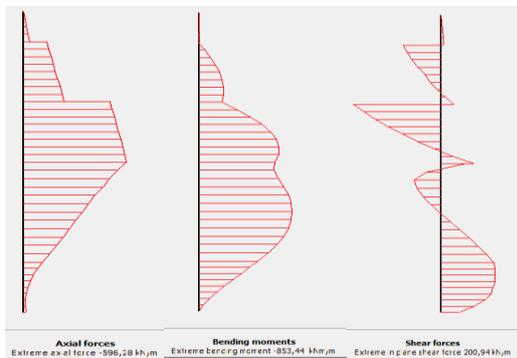
Analisa Struktur *Contiguous Bored Pile* dengan Penambahan Perkuatan *Ground Anchor* pada Program *Plaxis V8.2*

Pada proyek ini perkuatan DPT yang cocok yaitu menggunakan *ground anchor* atau angkur tanah dikarenakan tanah pada lokasi proyek sebagian besar merupakan tanah lunak. Berikut ini merupakan analisis penambahan perkuatan dimana galian tanah sedalam 6 meter dan sudah terpasang *ground anchor* pada kedalaman 3m dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hasil Kalkulasi dengan perkuatan *Ground Anchor* kondisi 2 (A) Deformasi ; (B) Regangan ; (C) Tegangan

Berdasarkan gambar 11. Hasil kalkulasi perkuatan *ground anchor* kondisi 2 deformasi terjadi sebesar 0,048 m, tegangan tanah sebesar -682,89 kN/m² dengan regangan tanah sebesar 0,34%.



Gambar 12. Hasil Kalkulasi Dinding Penahan Tanah Kondisi 4 (A) Gaya Axial;(B) Gaya Momen;(C) Gaya Geser

Berdasarkan gambar 12. hasil perhitungan perkuatan dinding penahan tanah gaya axial yaitu -596,28 kN/m², gaya momen -854,44 kN/m², dan gaya geser sebesar -200,94 kN/m².

Pemodelan terakhir yaitu galian tanah sedalam 12 meter dan sudah terpasang *ground anchor*.

Gambar 13. Hasil Kalkulasi dengan perkuatan *Ground Anchor* kondisi 3 (A) Deformasi ; (B) Regangan ; (C) Tegangan ; (D) Safety Faktor

Berdasarkan gambar 13. hasil kalkulasi perkuatan *ground anchor* deformasi paling besar terjadi sebesar 0,081 m atau 8cm, tegangan tanah sebesar -676,11kN/m² dengan regangan tanah sebesar 1,06% dan faktor keamanan 3,65. Rekapitulasi perilaku tanah dan gaya dalam DPT setelah adanya perkuatan ditunjukkan pada tabel 5 dan tabel 6.

Tabel 5. Rekapitulasi Perilaku Tanah dan DPT setelah Perkuatan

No	Kondisi	Deformasi (m)	Tegangan (kN/m)	SF
1	Galian 1	0,033	-686,23	4,73
2	Galian 2	0,048	-682,89	4,28
3	Galian 3	0,063	-679,75	3,94
4	Galian 4	0,081	-676,11	3,65

Tabel 6. Rekapitulasi Gaya Dalam DPT setelah Perkuatan

No	Kondisi	Gaya Axial (kN/m)	Gaya Geser (kN/m)	Gaya Momen (kN/m)
1	Galian 1	-79,6	35,61	-241,08
2	Galian 2	-153,12	62,67	-363,81
3	Galian 3	-402,94	-118,72	-609,75

Berdasarkan tabel 5. Hasil kalkulasi program plaxis dengan perkuatan *ground anchor* deformasi terjadi sebesar 0,081 m atau 8,1 cm, tegangan tanah sebesar -682,89 kN/m² dengan regangan tanah sebesar 0,34% dan SF (faktor keamanan) dengan nilai 3,65 yang sudah memenuhi standar. Menurut RSNI3 tahun 2002 batas lendutan yang terjadi pada DPT akibat beban tekanan tanah sebesar $L/150 = 25000/150 = 166,66$ mm atau 16,6 cm. Hasil lendutan maksimum pada program plaxis yaitu sebesar 8,1 cm akibat adanya beban tekanan tanah. Nilai lendutan yang terjadi lebih kecil dari nilai lendutan ijin sehingga pada dinding penahan tanah dinyatakan aman memenuhi persyaratan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kestabilan dinding penahan tanah pada *basement* sebelum pemasangan perkuatan *ground anchor* didapatkan bahwa faktor keamanan geser dan guling tidak memenuhi dengan dengan nilai SF 1,24 > 2 (Tidak Aman). Sedangkan nilai lendutan maksimum yang terjadi yaitu sebesar 93,7 cm atau hampir mencapai 1m dan tidak memenuhi lendutan ijin sesuai dengan SNI.

Hasil analisis kestabilan dinding penahan tanah setelah pemasangan perkuatan *ground anchor* didapatkan bahwa pergeseran dinding penahan tanah menjadi 8,1 cm dan faktor keamanannya terpenuhi dengan nilai 3,65 > 2 (Aman).

Saran

Adapun saran pada penelitian ini yaitu dalam merencanakan perkuatan dinding penahan tanah perlu memperhitungkan kondisi tanah dari lokasi dan besarnya beban yang diterima oleh dinding

penahan tanah dan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan perkuatan dinding penahan tanah selain *ground anchor* dengan data tanah yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrozak, M. R. (2017). Pengaruh Kondisi Muka Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng Jalan Dengan Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus Jalan Banjarnegara-Karangkobar Kilometer 77, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah.).
- Das, Braja M. & Sobhan, Khaled 2018 *Principles Of Geotechnical Engineering*, Edisi 9.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2017. SNI 8460:2017 - Persyaratan Perancangan Geoteknik, Jakarta:Badan Standardisasi Nasional.
- Hamimullah, H., Suhudi, S., & Sulistyani, K. F. (2017). Redesain Bangunan Dinding Penahan Tanah pada Ruas Jalan Pujon Desa Ngroto Kabupaten Malang. *eUREKA: Jurnal Penelitian Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 1(2).
- Isleem, H. F., Jagadesh, P., Qaidi, S., Althoey, F., Rahmawati, C., Najm, H. M., & Sabri, M. M. S. (2022). Finite element and theoretical investigations on concrete PVC-CFRP confined concrete columns under axial compression. *Frontiers in Materials*, 9, 695.
- Maneking, F. R. T. (2017). Desain Dinding Penahan Tanah Dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tunnel Pada Proyek Pembangunan Pt. Maxxis International

- Indonesia, New Factory, Cikarang (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Manado).
- Nugraha, R. (2020). Evaluasi Pengujian Ground Anchor Berdasarkan Sni 8460: 2017, Bs 8081: 1989, En 1537: 2013, Dan Pti Dc35. 1-14. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Terbangun Berkelanjutan, 1*(1).
- Nurhidayah, E. (2020). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Sebagai Upaya Penanganan Struktural Bencana Longsor (Studi Kasus Bencana Longsor Desa Dompok Kecamatan Bendungan Kabupaten Trenggalek) (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik).
- Rahmawati, C., Zainuddin, Z., Is, S., & Rahim, R. (2018). Comparison between PCI and Box Girder in Bridges Prestressed Concrete Design. *Journal of Physics: Conference Series, 1007*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1007/1/012065>
- Rahmawati, Cut, & Zainuddin, Z. (2016). Analysing The Route Of PCI Girder-Type Prestressed Concrete Tendons. *International Journal of Science and Research (IJSR), 5*, 1553–1559.
- Sepriyanna, I., & Damanik, W. F. (2016, July). Analisis Perbaikan Pergeseran Dinding Contiguous Bored Pile Dengan Permodelan Plaxis V 8.2 Studi Kasus: Proyek Pembangunan *Basement* Ciputra International Phase 1. In *JURNAL FORUM MEKANIKA* (Vol. 5, No. 1, pp. 15-26)
- Suyanto, Alif Ramdhani. 2014. Studi Stabilitas dinding *Basement* dengan Perkuatan Ground Anchor yang tidak memenuhi kapasitas tarik desain. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Tar Sun Said & Yogie Risdianto, 2019. Desain Metode Ground Anchor terhadap Pergerakan Tanah Proyek Apartemen Grand Darmahusada Lagoon Surabaya. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya