

PERENCANAAN BASEMENT GEDUNG PARKIR APARTEMET SKYLAND CITY EDUCATION PARK – BANDUNG

Rizky Harja Dwinata, Djoko Untung, Suwarno
Jurusan S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: djoko@ce.its.ac.id, soewarno@ce.its.ac.id

Abstrak— Terbatasnya lahan parkir dan semakin tingginya harga beli tanah permeter persegi di Kota Bandung saat ini menjadikan permasalahan tersendiri bagi pengembang. Pembangunan struktur bawah tanah (*basement*) untuk lahan parkir saat ini menjadikan pilihan utama bagi pemecahan masalah tersebut. Konstruksi struktur bawah tanah memerlukan kriteria tersendiri dalam desain maupun dalam tahapan pelaksanaan konstruksi. Faktor yang mempengaruhi dari kriteria tersebut diantaranya adalah Karakteristik tanah dan lingkungan di sekitar lokasi proyek.

Hal ini terjadi pada proyek pembangunan Gedung Apartemen Skyland City Education Park Jatinangor (Bandung). Pada *basement* proyek ini mengadopsi metode *bottom-up*, yaitu dengan Sistem *bottom-up* umumnya dimulai dari pembuatan pondasi atau penggalian tanah (dengan kedalaman yang direncanakan untuk kebutuhan pembuatan lantai *basement* gedung bertingkat.

Permasalahan dalam proyek pembangunan gedung apartement ini adalah pada saat penggalian terdapat banyak kebocoran air tanah pada bagian dinding penahan tanah sehingga diperlukan pengerjaan dinding penahan tanah tambahan yang kedap air. Proses *dewatering* mengakibatkan penurunan muka air tanah pada sekitar proyek. Proyek ini menggunakan sistem pondasi semi *bored pile* (diameter lebih kecil dari tujuh puluh enam centimeter), sehingga membutuhkan jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan *bored pile* karena pada umumnya diameter *bored pile* lebih besar dari tujuh puluh enam centimeter. Hal ini menyebabkan bertambahnya waktu dan biaya yang harus dikeluarkan serta berdampak negatif pada lingkungan sekitar khususnya kepada rumah penduduk.

Dalam permasalahan tersebut penulis akan menyusun tugas akhir untuk merencanakan metode yang tepat dalam pembangunan *basement* ini, yaitu dengan menggunakan metode *top-down*. Metode *Top-down* tidak dimulai dari lantai *basement* paling bawah (dasar galian). Tepatnya, titik awal pekerjaan dimulai dari pelat lantai satu (*ground level* atau muka tanah). Struktur yang akan direncanakan untuk konstruksi *basement*, yaitu *diaphragm wall* untuk dinding penahan tanah, dan *bore pile* untuk pondasi utama.

Pada *basement* ini menggunakan *diaphragm wall* dengan kedalaman penanaman dinding sedalam 6 m dengan tebal 50 cm, dinding ini menggunakan *angkur* yang memiliki jarak antar *angkur* yaitu 2 m, dengan kemiringan 25o, panjang *angkur* 9,5 m, dan diameter *angkur* 15 cm. Dengan tebal pelat *basement* 30 cm.

Pada Proyek Pembangunan gedung parkir ini menggunakan 1 buah *bored pile* untuk 1 kolom, hal ini dilakukan karena proyek ini direncanakan menggunakan metode *top-down*. Untuk diameter (*ds*) *bored pile* diseragamkan yaitu 1,5 m, sedangkan untuk diameter *bell shaped* berdiameter 2 m. Kedalaman *bored pile* memiliki variasi 6 – 15 m.

Kata kunci : : *Basement, Bottom Up, Top Down, Bore Pile, Dewatering, Diaphragm Wall.*

I. PENDAHULUAN

Terbatasnya lahan dan semakin tingginya harga beli tanah permeter persegi di Kota Bandung saat ini menjadikan permasalahan tersendiri bagi pengembang. Pembangunan secara vertikal untuk lahan parkir saat ini menjadikan pilihan utama bagi pemecahan masalah tersebut.

Konstruksi struktur bawah tanah memerlukan kriteria tersendiri dalam desain maupun dalam tahapan pelaksanaan konstruksi. Faktor yang mempengaruhi dari kriteria tersebut diantaranya adalah karakteristik tanah dan lingkungan di sekitar lokasi proyek. Desain sebuah struktur bawah tanah di lingkungan yang sekitarnya telah ada bangunan permanen akan lebih sulit dibanding dengan lingkungan proyek yang belum ada bangunan permanen. Penentuan sistem dinding penahan tanah dan tipe pondasi apa yang tepat untuk konstruksi tersebut serta metode konstruksi apa yang tepat agar lingkungan sekitar tidak terganggu dengan proyek pembangunan tersebut.

Hal ini terjadi pada proyek pembangunan Gedung Parkir Apartement Skyland City Education Park Jatinangor (Bandung). Proyek ini mempunyai konstruksi gedung 4 lantai dan 2 lantai *basement* sampai kedalaman 6 m di bawah muka tanah yang digunakan sebagai lahan parkir. Kondisi sekitar lokasi proyek merupakan daerah padat penduduk. Perencanaan awal proyek ini mengadopsi metode *bottom-up*, yaitu dengan sistem *bottom-up* umumnya dimulai dari pembuatan pondasi atau penggalian tanah (dengan kedalaman yang direncanakan untuk kebutuhan pembuatan lantai *basement* gedung bertingkat. Tahapan dilanjutkan dengan pekerjaan pondasi, seperti pemancangan pondasi tiang bisa memakai semi *bored pile* yang diteruskan dengan pembuatan balok pondasi, pelat *basement*, dan kolom. Pekerjaan tipikal untuk kolom, balok, dan pelat akan menerus ke lantai, hingga pelat atap.

Permasalahan dalam proyek pembangunan gedung apartement adalah terdapat banyak kebocoran air tanah pada bagian dinding penahan tanah sehingga diperlukan pengerjaan dinding penahan tanah tambahan yang kedap air. Proses *dewatering* akan mengakibatkan turunnya muka air tanah secara drastis. Berlarinya air tanah dapat berakibat turunnya bangunan di sekitar proyek. Oleh karena itu, tidak tertutup kemungkinan adanya penurunan bangunan di sebelahnya (*settlement*) akibat pengerjaan sistem ini. Sistem ini juga dapat berdampak keringnya sumur milik warga di sekitar lokasi proyek. Proyek ini menggunakan sistem pondasi semi *bored pile* (diameter lebih kecil dari 76 cm), sehingga membutuhkan jumlah yang lebih banyak jika dibandingkan dengan *bored pile* karena pada umumnya diameter *bored pile* lebih besar dari 76 cm. Hal ini menyebabkan bertambahnya waktu dan biaya yang harus dikeluarkan serta berdampak negatif pada lingkungan sekitar khususnya kepada rumah penduduk. Dari permasalahan yang sudah terjadi pada pembangunan apartement tersebut, pihak pengembang tidak menginginkan hal itu terjadi lagi pada pembangunan gedung parkir yang dibangun di sebelah gedung apartement. Pada perencanaan awal gedung parkir

tersebut hanya dapat menampung seratus delapan puluh kendaraan. Pada hal ini pengembang ingin memanfaatkan lahan yang tersisa di sekitar lahan gedung parkir sehingga gedung parkir tersebut dapat menampung tiga ratus kendaraan.

Dalam permasalahan tersebut penulis akan menyusun Tugas Akhir untuk merencanakan metode yang tepat dalam pembangunan gedung parkir, yaitu dengan menggunakan metode *top-down* karena Waktu pelaksanaan (*time schedule*) dapat dipersingkat 10 – 20 % dibanding sistem konvensional, biaya pelaksanaan pembangunan dapat diperkecil, lahan kerja/ luas tanah yang terbatas tidak menjadi halangan terlambatnya proses pekerjaan, pekerjaan awal dapat dimulai secara bersamaan tanpa saling menunggu sehingga tidak ada pekerjaan tunda. Artinya, saat proses galian berjalan, pekerjaan struktur atas juga dapat bergerak bersamaan. Struktur yang akan direncanakan untuk konstruksi *basement*, yaitu *diaphragm wall* untuk dinding penahan tanah, dan *bore pile* untuk pondasi utama.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korelasi Sand Penetration Test (SPT)

Korelasi SPT digunakan pada tugas akhir ini karena data tanah yang didapat adalah hasil dari SPT. [1] mengemukakan bahwa ada korelasi antara nilai pukulan (N) pada SPT dengan parameter tanah lainnya, terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 1. Korelasi Nilai N pada tanah *cohesionless*

N	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
(kN/m ³)	-	16-25	14-18	16-20	18-23
∅	0	25-32	28-36	30-40	>33
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100

Tabel 2. Korelasi Nilai N pada tanah *cohesive*

N	< 4	4-6	6-15	16-25	>25
(kN/m ³)	14-16	16-18	16-18	16-20	18-23
qu (kPa)	< 25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	Very soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

Sumber: Bowles 1983

2.2 Tekanan Tanah Lateral

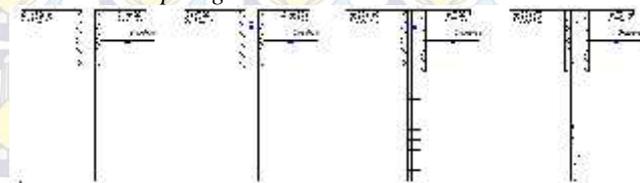
Tekanan Tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi. Dinding penahan dan dinding turap (*sheet pile wall*), galian yang diperkokoh (braced excavation) dan galian tidak diperkokoh (unbraced excavation), tekanan tanah (grain pressure) pada dinding diafragma, dan lain-lain. Semuanya ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun analisa stabilitas (Joseph E. Bowles,1988). Tekanan tanah lateral dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

- Jika dinding tidak bergerak K menjadi koefisien tekanan tanah diam (K₀)
- Jika dinding bergerak menekan ke arah tanah hingga runtuh, koefisien K mencapai nilai maksimum yang disebut tekanan tanah pasif (K_p)
- Jika dinding menjauhi tanah, hingga terjadi keruntuhan, maka nilai K mencapai minimum yang disebut tekanan tanah aktif (K_a)

2.3 Diaphragm Wall

Dinding Diafragma adalah selaput beton bertulang yang relatif tipis (30 cm – 120 cm) yang dicor ke dalam suatu lubang galian, dimana sisi – sisi galian tersebut sebelum

dicor didukung oleh tekanan hidrostatis dari air yang dicampur dengan bentonit (lempung montmorilonit). Bila dicampur dengan air, *bentonite* dengan cepat akan menyebar untuk membentuk suspensi koloid yang memiliki sifat-sifat tiksotropik (membentuk gel jika tidak digerakan) (R.F.Craig:1987). Berikut ini adalah gambar proses konstruksi *diaphragm wall* :



Gambar 1 Konstruksi Diaphragm Wall

Menurut [2], Ketebalan dinding dapat diasumsikan sebesar 5% dari kedalaman galian di preliminary design.

2.3 Bored Pile

Salah satu alternative pemakaian pondasi dalam adalah tiang bor. Istilah tiang bor dikarenakan ketika pemasangan tiang tersebut, dibuat lubang pada tanah di kedalaman tertentu dengan cara dibor, kemudian dimasukkan rangkaian tulangan dan selanjutnya dimasukkan adukan beton. Terkadang penulangan dipasang tidak sampai dasar tiang. Menurut [3] Hal ini dilakukan untuk pertimbangan efisiensi

• **Perhitungan dimensi tiang bor**

$$A = \frac{Q_u}{f'_c} = \frac{Q_u}{0.25 f'_c}$$

$$\frac{1}{4} \pi D_s^2 = \frac{Q_u}{0.25 f'_c} \rightarrow D_s = 2,2b \sqrt{\frac{Q_u}{f'_c}}$$

Dimana,

- A = luas penampang tiang bor
- Q_u = beban yang bekerja diatas tiang
- f'_c = jarak horizontal antar tulangan miring
- D_s = diameter tiang bor

• **Perhitungan daya dukung tiang bor**

Daya dukung tiang dihitung dengan rumus

$$Q_u = Q_e + Q_f \text{ dan } \bar{Q} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana,

- Q_u = daya dukung ultimate
- Q̄ = daya dukung ijin
- Q_e = daya dukung di ujung tiang
- Q_f = daya dukung pada selimut tiang
- SF = angka keamanan

• **Daya Dukung pada selimut tiang bor**

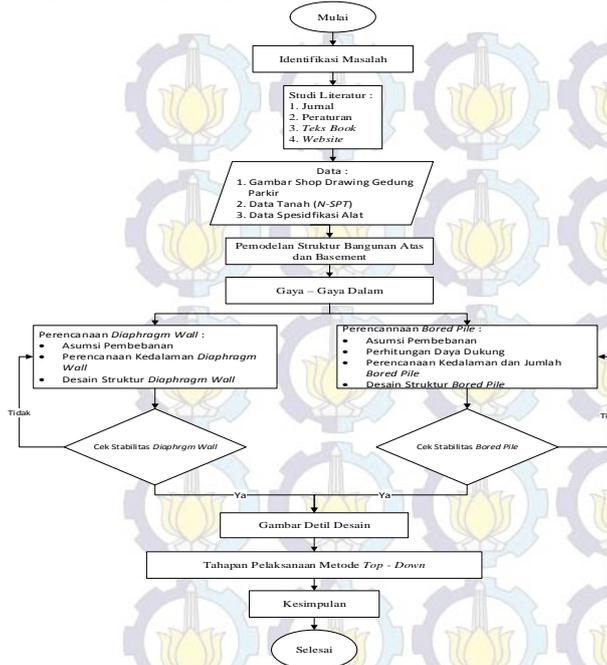
$$Q_f = \int_0^L p f ds$$

Dimana,

- L = panjang tiang
- p = keliling tiang
- f = hambatan gesek
- ds = luas diagram tekanan tanah pada tiang

III. METODE PENELITIAN

Sistematika metode penelitian apabila dibuat dalam diagram alir, dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Diagram Alir Metode Penelitian

IV. PERENCANAAN BASEMENT

4.1 Data Tanah Dasar

Berikut ini adalah hasil rekap data dari nilai parameter-parameter tanah yang didapatkan dari pengujian di laboratorium serta dari hasil korelasi. (lihat tabel 1)

Tabel 1 Hasil korelasi N-SPT

KEDALAMAN	JENIS TANAH	N SPT	NL	f'	γ_{sat}	c_u	τ_0	ϕ	Karakteristik
2	CLAY	2	1.4	1.4	1.4	0.7	0	0	Very Soft
4	SANDY CLAY	6	2.0	2.0	2.0	0.8	0	0	Loose
8	SANDY CLAY	8	2.8	2.8	2.8	1.0	0	0	Loose
10	SANDY SILT	33	8.8	8.8	8.8	1.8	0	7.4	Dense
12	SANDY SILT	50	15.0	15.0	15.0	2.5	0	9	Dense
14	SANDY SILT	50	15.0	15.0	15.0	2.5	0	10.5	Dense
16	SANDY SILT	51	15.3	15.3	15.3	2.6	0	11.2	Dense
18	SANDY SILT	51	15.3	15.3	15.3	2.6	0	11.4	Dense
20	SANDY SILT	53	15.9	15.9	15.9	2.7	0	11.4	Dense
22	SANDY SILT	50	15.0	15.0	15.0	2.5	0	13.0	Dense
24	SANDY SILT	50	15.0	15.0	15.0	2.5	0	20.2	Dense
26	SANDY SILT	51	15.3	15.3	15.3	2.6	0	21.4	Dense
28	SANDY SILT	51	15.3	15.3	15.3	2.6	0	21.4	Dense
30	SANDY SILT	50	15.0	15.0	15.0	2.5	0	25	Dense

4.2 Analisa Data Beban

- Analisa beban untuk dinding penahan tanah
- Beban yang bekerja pada turap dinding terdapat 2 macam:
1. Beban luar : Berupa beban dari luar selama proses konstruksi dinding diafragma
 2. Beban dalam : Berupa beban yang ditimbulkan dari tekanan tanah aktif, serta air tanah
- Beban Luar
- Beban luar pada perhitungan kedalaman turap kemudian akan dianggap sebagai surcharge, yang letaknya berada pada bagian aktif dari dinding penahan tanah yang akan direncanakan. Surcharge yang bekerja pada turap dinding ini dianalisa dari :
1. Gedung *apartemen skyland city education park* yang terletak sebelah tenggara lokasi proyek
 2. Rumah Warga 2 lantai yang terletak di sisi selatan lokasi proyek
 3. Alat berat (clamp shell, excavator, dumptruck, bull dozer).

4.3 Perencanaan Dinding Diafragma

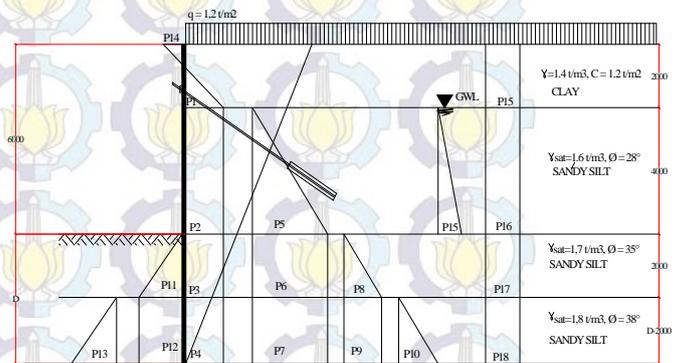
Perencanaan dinding diafragma diambil pada kedalaman galian maksimum dengan tinggi, $h = 6m$, dan pada kedalaman galian minimum dengan tinggi, $h = 4.5m$.

- Perencanaan perkuatan dinding diafragma untuk galian dengan tinggi, $h = 6m$ dengan angkur.

Untuk menentukan kedalaman dinding, ditentukan tegangan tanah yang terjadi, seperti tegangan tanah aktif, tegangan tanah pasif, dan tegangan tanah akibat air tanah. tekanan tanah lateral akibat beban yang bekerja pada tanah, selanjutnya, akan dihitung tekanan tanah lateral tanah yang bekerja akibat beban yang bekerja. Dalam hal ini beban terbagi merata yang digunakan adalah sebesar $1,2 t/m^2$. Dalam proses analisa, akan menghitung berdasarkan 5 pengaruh, yaitu:

- a. Tekanan tanah akibat beban tanah 1
- b. Tekanan tanah akibat beban tanah 2
- c. Tekanan tanah akibat beban tanah 3
- d. Tekanan tanah akibat beban tanah 4
- e. Tekanan tanah akibat beban terbagi merata

diagram tekanan lateral tanah total yang bekerja pada struktur *diaphragm wall* dapat dilihat pada gambar 4.1. diagram ini mempermudah dalam hal menganalisa tekanan yang terjadi pada setiap lapis tanah.



Gambar 3 Diagram tekanan tanah total

Setelah menentukan diagram tekanan tanah total mencari kedalaman jepit menggunakan persamaan persamaan $M_T = 0$, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Perhitungan Momen di titik T

Jenis	Usa Beban (kN/m)	Perakreditasi	T	M
FA1	2.00	0.75	0.75	0.75
FA2	4.00	3.5	3.5	14.77
FA3	1.00	5.5	5.5	2.75
FA4	7.640 1.2	0.5715 5	0.5715 5	0.120 1 + 0.272 - 0.7
FA5	1.72	5.57	5.57	4.59
FA6	1.50	5.5	5.5	7.15
FA7	0.750 1.1	0.5715 5	0.5715 5	0.250 1 + 0.272 + 0.1
EA8	0.38	5.17	5.17	0.38
EA9	0.380 0.64	0.5715 5	0.5715 5	0.380 1 + 0.272 + 0.1
EA0	0.380 0.64 + 0.7	0.670 4.33	0.670 4.33	0.110 1 + 0.272 - 0.700 + 0.50
EA1	2.40	1	1	2.40
EA2	1.42	2	2	2.84
EA3	0.00	0	0	0.00
EA4	0.200-0.10	0.5715 5	0.5715 5	0.000 1 + 0.272 - 0.7
EA5	4.20	4.37	4.37	19.11
EA6	5.00-11 0	0.5715 5	0.5715 5	2.90 + 4.38 22 + 8.4
EA7	17.0 5.70 1.67	0.670 4.33	0.670 4.33	3.140 1 + 0.272 - 0.700 + 0.50
EA8	2.70	1.1	1.1	2.97
EA9	8.00	3.77	3.77	29.76

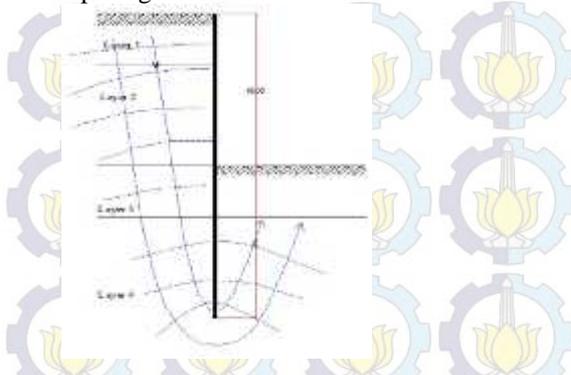
Dari persamaan $M_T = 0$, didapatkan persamaan:

$$M = -0,99d^3 - 4,35d^2 + 4,07d + 61,82$$

Persamaan tersebut kemudian dicari dengan cara *trial & error*, sehingga didapatkan nilai $d = 3,2 m$ maka kedalaman penanaman *diaphragm wall*: $3,2 \times SF (1,2) = 3,84 m$, dengan demikian panjang total kebutuhan *diaphragm wall* (H) adalah kedalaman galian + kedalaman penanaman: $6 + 3,84 m = 9,84 m \approx 10 m$.

a. Perhitungan kedalaman dinding berdasarkan *hydrodynamic*
 - Perhitungan kedalaman galian berdasarkan *hydrodynamic*
 Kedalaman galian dinding akan dihitung berdasarkan kemaman terhadap aliran air atau dikenal dengan *hydrodynamic*. Perbedaan ketinggian hidrolis air antara daerah aktif dan pasif dapat menyebabkan pergerakan air kedalam daerah pasif tanah, dalam hal ini adalah lubang galian. Kedalaman yang aman terhadap *hydrodynamic* berarti dinding dapat memotong aliran tanah, sehingga pada saat proses penggalian nantinya aliran air tidak akan menjadi masalah yang serius namun tetap harus dilakukan *dewatering*.

Berikut ini ditampilkan ilustrasi *hydrodynamic* pada bukaan tanah seperti terlihat pada gambar 4.9.



Gambar 4 *Hydrodynamic* pada bukaan tanah

Kedalaman penurapan (Dc) harus cukup untuk mengatasi gejala *hydrodynamic* yang dapat mengganggu kestabilan dinding dan lubang galian tanah. Gejala tersebut dapat dihitung dengan mengontrol rasio antara nilai gradien hidrolis i dengan gradien hidrolis kritis.

$$i \text{ (gradien hidrolis)} \times SF < i_{cr} \text{ (gradien hidrolis kritis)}$$

$$\frac{h}{D_c} \times 1,2 < \frac{w}{w} \text{ (} w \text{ diambil rata-rata)}$$

$$\frac{4}{D_c} \times 1,2 < 0,8/1$$

$$4,8 < 0,8 D_c$$

$$D_c < 6 \text{ m}$$

Kedalaman penurapan berdasarkan perhitungan stabilitas tanah lebih besar dari kedalaman yang disyaratkan dari perhitungan kedalaman secara *hydrodynamic*, sehingga untuk perencanaan digunakan Dpenurapan = 6 m + 6 m, Sehingga panjang dinding diafragma adalah 12 m

b. Perhitungan gaya, dimensi, dan posisi angkur

- Menentukan gaya angkur

Perhitungan gaya yang diterima oleh angkur bisa didapatkan dengan menghitung total jumlah gaya horizontal sama dengan nol.

$$\text{Anchore force, } T - H = 0$$

$$E_a - E_p - T = 0$$

$$= 28,86 - 13,92$$

$$T = 14,9 \text{ ton}$$

- Menghitung penampang angkur

$$\sigma_b = \frac{F}{A}$$

Divencanakan $\sigma_b = 1200 \text{ kg/cm}^2$

$$1200 = \frac{2 \times (14,9 / \cos 25) \times 10^3}{0,25 \pi d^2}$$

$$D = 5,88 \text{ cm (digunakan diameter 15cm)}$$

- Menentukan gaya dan posisi angkur

Untuk menghitung gaya angkur dipakai persamaan berikut

ini:

$$P_u = \pi \cdot d \cdot l \cdot \sigma'_v \cdot K \cdot \tan \theta; \quad SF = 1,5 - 2$$

Dimana :

θ = sudut geser dalam tanah

σ'_v = tegangan efektif rata-rata (.z)

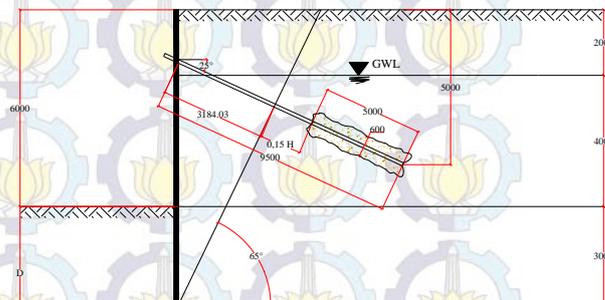
K = Koefisien tanah

$$T_u = \pi \times 0,8 \times 3 \times (0,6 \times 5) \times 1,5 \times \cos 25^\circ$$

$$= 30,75 \text{ ton}$$

$$T_u = 30,75/2 = 15,4 \text{ ton} > T = 14,9 \text{ ton} \dots \text{Ok}$$

Pada gambar 5.5 digambarkan posisi minimum angkur dengan posisi miring.



gambar 4.10 Posisi minimum angkur miring Momen maksimum terletak pada bagian bawah dinding (-2m), dengan momen 8.9 t.m serta geser maksimum 10.06 t dan defleksi sebesar 0.1 mm.

Untuk dinding diafragma basement yang memiliki kedalaman 4,5 m dilakukan perhitungna yang sama namun tidak menggunakan angkur didapatkan kedalaman penurapan (d) adalah 7,5 m sehingga panjang dinding total adalah 12 m.

4.4 Perencanaan Bored Pile

Perencanaan pondasi *bored pile* ini akan dimulai dari kedalaman -6m di bawah permukaan tanah asli. Berikut ini spesifikasi model pondasi yang digunakan pada *Gedung Parkir apartement skyland city education park*.

- Model : Bored pile
- Mutu Beton : 30 Mpa
- Mutu baja : BJ 41

Gaya – gaya yang diperoleh untuk perhitungan struktur bored pile menggunakan alat bantu perhitungan **ETABS v.9**.

a. Perencanaan Dimaeter Bored Pile

$$D_s = 2,257 \sqrt{\frac{Q_w}{f_{cr}}}$$

$$Q_w = 13775 \text{ KN}$$

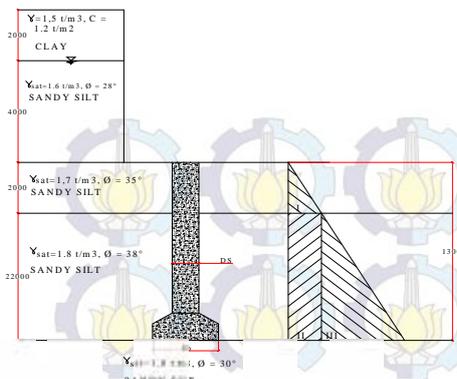
$$f_{cr} = 30 \text{ Mpa} = 30000 \text{ kN/m}^2$$

$$D_s = 2,257 \sqrt{\frac{13775 \text{ KN}}{30000}} = 1,48 \text{ m}$$

Namun untuk perencanaan D shaft digunakan diameter 1,5 m, sedangkan untuk Dbell = 1,5 Ds sehingga Db = 2,3 m., Dalam perencanaan diameter bored pile ini diseragamkan dengan diameter bored pile lain namun untuk Db, perhitungan db dilakukan cara *trial and error*. Penyeragaman diameter dilakukan agar tidak terjadi kesalahan pada saat pelaksanaan di lapangan.

b. Perhitungan Daya dukung Bored pile

Perhitungan daya dukung bored pile dimulai dari kedalaman - 6 m dan panjang bored pile adalah 21 m yang terdapat pada gambar 4.5.



Gambar 6 Bored Pile

$$q' = (\gamma_{sat2} - \gamma_w)h_3 + (\gamma_{sat3} - \gamma_w)h_4$$

$$q' = (1,7 - 1)2 + (1,8 - 1)13 = 11,6 \text{ ton/m}^2 = 116 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_e = A_p \cdot q' (N_q - 1) = 3,14 \cdot 116 (110 - 1) = 40475 \text{ KN}$$

$$Q_s = \pi D_s (1 - \sin \phi) \delta \int \sigma_v dz$$

$$\int \sigma_v dz_1 = (\gamma'_1 \cdot 0,5 h_1) h_1$$

$$= (7 \cdot 0,5 \cdot 2) 2 = 14 \text{ KN}$$

$$\int \sigma_v dz_2 = (\gamma'_1 \cdot 0,5 h_1) h_1 + (h_1 \gamma'_1) h_2 + (\gamma'_2 \cdot h_2) \frac{1}{2} h_2$$

$$= (7 \cdot 0,5 \cdot 2) 2 + (2 \cdot 7) 13 + (8 \cdot 13) 0,5 \cdot 13 = 875,82 \text{ KN}$$

$$Q_{s1} = \pi D_s (1 - \sin 38) \tan(\frac{2}{3} 38^\circ) \int \sigma_v dz$$

$$= \pi 1,5 (1 - \sin 35) \tan(\frac{2}{3} 35^\circ) 20 = 13,34 \text{ KN}$$

$$Q_{s2} = \pi D_s (1 - \sin 40) \tan(\frac{2}{3} 40^\circ) \int \sigma_v dz = \pi 1,5 (1 - \sin 35) \tan(\frac{2}{3} 35^\circ) 875,2 = 836,79 \text{ KN}$$

$$Q_u = Q_e + Q_s = 40475 + 13,34 + 836,79 = 41325,13 \text{ KN}$$

$$Q_{ijm} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{41325,13 \text{ KN}}{3} = 13775,04 \text{ KN}$$

$$Q_{ijm} > Q_w$$

$$13775,04 \text{ KN} > 13775 \text{ KN} \dots \text{OK}$$

c. Perhitungan Penurunan Bored pile

Penurunan bored pile perlu diketahui karena untuk mengetahui perbedaan penurunan antar bored pile. Hal ini mencegah terjadinya kerusakan struktur atas akibat perbedaan penurunan dari bored pile. Perhitungan penurunan dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$S_t = S_1 + S_2 + S_3$$

- Penurunan dari pile shaft (S₁)

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws}) L}{A_s \cdot E_m}$$

$$= \frac{(12925 + 0,67 \cdot 850,13) 15}{1,77 \cdot 21 \times 10^6} = 0,0055 \text{ m}$$

- Penurunan dari ujung tiang (S₂)

$$S_2 = \frac{q_{wp} D_b}{E_s} (1 - \mu_s)$$

$$q_{wp} = \frac{Q_{wp}}{A_p} = \frac{12925}{3,14} = 4116,2$$

Jadi,

$$S_2 = \frac{4116,2 \times 2}{75 \times 10^3} (1 - 0,2) = 0,066 \text{ m}$$

- Penurunan dari penjalaran beban sepanjang selimut tiang (S₃)

$$S_3 = \left(\frac{Q_{ws}}{p \cdot L} \right) \frac{D_s}{E_s} (1 - \mu_s) lws$$

$$lws = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{15}{1,5}} = 3,108$$

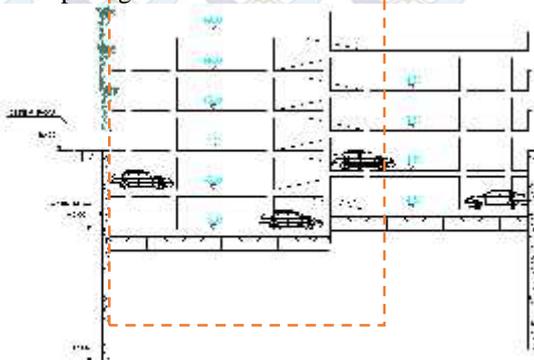
$$S_3 = \left(\frac{850,13}{\pi \cdot 1,5 \cdot 15} \right) \frac{1,5}{75 \times 10^3} (1 - 0,2) 3,39 = 0,0006 \text{ m}$$

- Penurunan Total (S_t)

$$S_t = 0,0082 + 0,025 + 0,0006 = 0,072 \text{ m} = 7,2 \text{ cm}$$

4.5 Perencanaan Pelat Lantai Basement

Dalam mencari tebal pelat lantai basement ini, harus dipastikan struktur aman terhadap uplift. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.18 berikut ini :



Gambar 7 Uplift pda pelat basement

Dengan :

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{beton} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$A = 834,6 \text{ m}^2$$

$$t = 15 \text{ cm}$$

Maka tekanan uplift :

$$u = z \times \gamma_w = 4 \times 10 = 40 \text{ kN/m}^2$$

Sehingga gaya uplift :

$$P = u \times A = 40 \times 834,6 = 33384 \text{ kN}$$

Berat Pelat lantai basement :

$$W_1 = \gamma_{beton} \times t \times A = 24 \times 0,30 \times 834,6 = 6009,12 \text{ kN}$$

Berat Akibat Gedung Parkir

$$W_2 = 34194 \text{ kN}$$

Berat bored pile

$$W_3 = 30286 \text{ kN}$$

$$SF = (6009,12 + 34194 + 30286) / 33382 = 2,1 > 1,5 \text{ OK}$$

Jadi, dengan ketebalan lantai basement 0,3 m sudah cukup untuk menahan gaya uplift

V. METODE PELAKSANAAN BASEMENT

Pada isi bab ini akan membahas mengenai urutan pelaksanaan pembangunan basement gedung parkir *apartement skyland city education park*, tahap pelaksanaan dibagi menjadi 3 bagian utama, yaitu : 1. Urutan pelaksanaan *diaphragm wall* 2. Urutan pelaksanaan *bored pile* 3. Tahapan pelaksanaan *Top-down*

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa data dengan mengacu pada tinjauan pustaka, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Dinding Diafragma

Kedalaman dinding untuk kedalaman galian -6m didapatkan sebesar 12m menggunakan angkur pada elevasi -1.5 m. Sedangkan kedalaman dinding untuk galian -4,5m didapatkan sebesar 12 m. Untuk ketebalan dinding diafragma dari dua tipe kedalaman adalah 50 cm

- Bored Pile

Dalam perencanaan bored pile dilakukan penyeragaman diameter namun memiliki variasi kedalaman yaitu : 6m, 7m, 8m, 9m,10, 11m, 12m. 13m, 14m 15m.. Hal ini dilakukan agar pada saat pelaksanaan tidak perlu mengganti-ganti mata bor.

- Pelat lantai Basement

Tebal pelat lantai basement agar dapat menahan gaya uplift didapatkan ketebalan 30 cm.

B. Saran

Perlu dilakukan pengujian tanah dilab untuk seluruh parameter yang dibutuhkan. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan yaitu kuat, ekonomi, dan tepat waktu dalam pelaksanaannya dan juga hasil yang didapat sesuai dengan yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bowles, J.E. 1983. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid I*. Jakarta: Erlangga
- [2] Yu-Ou, Chang. 2006. *Deep Excavation theory and practice*. London : Taylor & Francis Group.
- [3] Untung, Djoko. 2012. *Bahan Ajar Rekayasa Pondasi dan Timbunan*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- [4] Wahyudi, Herman. 2013. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS