

BAB VIII

TEKNIK PONDASI LANJUT

8.1 Tinjauan Pustaka

Pondasi merupakan elemen penting dalam sebuah struktur bangunan yang berfungsi untuk mentransfer beban dari bangunan ke lapisan tanah di bawahnya (Aditi Misra and Dipanjan Basu 2011). Terdapat berbagai jenis pondasi yang digunakan dalam konstruksi salah satunya ada pondasi *raft* dan pondasi *bored pile*. Dalam Proyek Pembangunan Rumah Sakit Eka Hospital menggunakan dua jenis pondasi yaitu *bored pile* dan *raft foundation*.

8.2 Metode Pondasi Raft

Pondasi raft adalah salah satu jenis pondasi gedung bertingkat yang sekarang banyak digunakan. Pondasi raft merupakan jenis pondasi dangkal yang berbentuk plat yang lebar dan masif dengan ketebalan tertentu. Pondasi raft terbuat dari beton bertulang dan meneruskan beban-beban bangunan di atasnya dan diteruskan ke dalam tanah keras. Raft pondasi atau disebut juga dengan mass concrete adalah pengecoran satu area dengan volume beton yang sangat besar. Pada Proyek Rumah Sakit Eka Hospital untuk pekerjaan pengecoran raft pondasi dengan volume raft tahap 1 sebesar 4.240 m³, raft tahap 2 sebesar 4.320 m³, raft tahap 3 sebesar 4.529 m³.

Ada beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi raft yaitu :

1. Distribusi Beban Yang Merata

Pondasi raft mampu mendistribusikan beban bangunan secara merata ke seluruh area tanah dibawahnya. Pada tanah yang tidak homogen atau tanah yang memiliki daya dukung rendah pondasi raft memiliki keuntungan lebih.

2. Cocok untuk Tanah Lempung atau Tanah Lunak

Pondasi ini efektif digunakan di lokasi dengan tanah yang mudah amblas, lempung atau tanah yang cenderung bergerak. Pondasi raft distribusikan beban yang merata dapat menghindari terjadinya penurunan atau pergeseran yang tidak diinginkan pada struktur bangunan.

3. Pemasangan lebih sederhana dan efisien

Pondasi raft lebih mudah dibangun dari pada pondasi tipe lainnya, seperti pondasi tiang pancang atau pondasi dangkal lainnya, terutama untuk tanah yang tidak stabil. Proses pembuatannya juga lebih efisien karena tidak memerlukan banyak komponen terpisah seperti pondasi tiang atau pelat beton bertulang.

4. Meminimalkan risiko kerusakan pada bangunan

2. Fabrikasi Besi Tulangan

Pada raft pondasi diperlukan beberapa jenis tulangan tekuk dengan berbagai ukuran panjang tulangan. Proses tekuk dan potong besi dilakukan di area fabrikasi pembesian menggunakan rebar bender dan rebar cutter. Pekerjaan ini disesuaikan dengan gambar *shop drawing* yang telah disetujui oleh arsitektur, *engineering* struktur, *engineering manager*, *project manager*, dan *owner*.



(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Gambar 8.2 Gambar Alat Rebar Cutter

3. Pekerjaan Raft Pondasi

Pada Proyek Rumah Sakit Eka Hospital, pekerjaan pengecoran raft pondasi memiliki berbagai spesifikasi yang harus dilaksanakan kontraktor sesuai dengan Rencana dan Syarat Kerja (RKS). Adapun langkah-langkah pekerjaannya sebagai berikut:

- 1) Pada area pengecoran dilakukan penutupan kolom dengan plastik proteksi kolom. Hal ini bertujuan agar besi tulangan pada kolom, bersih dari sisa pengecoran raft pondasi dan menjaga keutuhan mutu beton kolom yang akan dicor di pekerjaan selanjutnya.
- 2) Selanjutnya, mempersiapkan keperluan lampu penerangan, panel listik, pemasangan tenda perlindungan (*blue sheet*). Tenda perlindungan (*blue sheet*) berfungsi untuk mengatasi banjir saat pengecoran terjadi. Selain itu, tenda juga bermanfaat untuk mengantisipasi panas matahari secara langsung agar menghambat kenaikan suhu beton dengan cepat dan memperlambat pengeringan *mat foundation*.
- 3) Pengaturan pipa pengecoran sambungan concrete pump. Hal ini agar proses pengecoran berjalan sesuai waktu yang ditentukan, pipa pengecoran diatur sesuai panjang area yang akan dicor. Ketinggian pipa pengecoran diatur di ketinggian maximal 1 meter dari lantai

pengecoran. Aturan jarak ketinggian pipa bertujuan agar komposisi agregat beton menyatu sempurna saat ditembakkan ke raft pondasi.



(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Gambar 8.3 Gambar Pemasangan Pipa Tremi

- 4) Dikarenakan volume raft pondasi yang cukup besar. Raft pondasi dibagi menjadi 3 tahap pengecoran. Masing-masing tahap dibagi lagi sebesar $\pm 100 \text{ m}^3$ untuk pemasangan wiremesh atau kawat ayam. Hal ini agar tidak terjadi peluberan beton di area yang tidak diinginkan. Selain itu, pembatasan ini berfungsi menjaga beton agar mengalami setting secara merata.
- 5) Melakukan checking kebersihan raft pondasi dari sisa potongan kawat, air genangan, plastik bekas, atau sampah lainnya. *Checking* kebersihan ini bermaksud untuk menghindari terbentuknya rongga udara dan celah saat proses pengecoran beton. Sehingga meningkatkan kualitas kelekatan beton dengan besi tulangan.
- 6) Pemasangan kabel *thermocouple* dan probe indicator monitoring suhu beton. Kabel dan probe indicator dipasang di dalam raft pondasi dan diikatkan pada besi tulangan tegak. Kabel dan probe dipasang sebanyak 3 layer (lapis atas, tengah, dan bawah).
- 7) Dilakukan pengujian kekentalan beton dengan metode uji slump test. Karena beton yang digunakan pada raft pondasi yaitu beton *fly ash* 15%, maka beton lebih plastis dan kohesif. Oleh karena itu, nilai slump test yang disetujui adalah 8 ± 2 (beton normal) dan 16 ± 2 (beton integral).



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

(a)



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

(b)

Gambar 8.4 Gambar (a) Nilai Slump Beton Segar (b) Nilai Slump Beton Integral

- 8) Pengecoran dilakukan dengan menuangkan beton dari truck mixer dan dimasukkan ke dalam concrete pump. Selanjutnya, beton ditembakkan ke dalam pipa pengecoran. Beton disebar menggunakan vibrator agar beton tersebar merata dan untuk mengeluarkan udara dalam beton sehingga tidak menimbulkan rongga atau celah.



(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Gambar 8.5 Gambar Proses Penuangan Beton dari TM ke CP

- 9) Dilakukan proses curing beton raft pondasi menggunakan plastic sheet pada lapis pertama (bawah) dan styrofoam pada lapis kedua (atas). Proses curing menggunakan plastic sheet dan styrofoam bertujuan sebagai thermal insulation. Material ini untuk mengantisipasi kebocoran panas drastis sehingga meminimalisir retak thermal.



(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Gambar 8.6 Gambar Curing Beton

- 10) Melakukan pemantauan suhu raft pondasi menggunakan *thermocouple*.

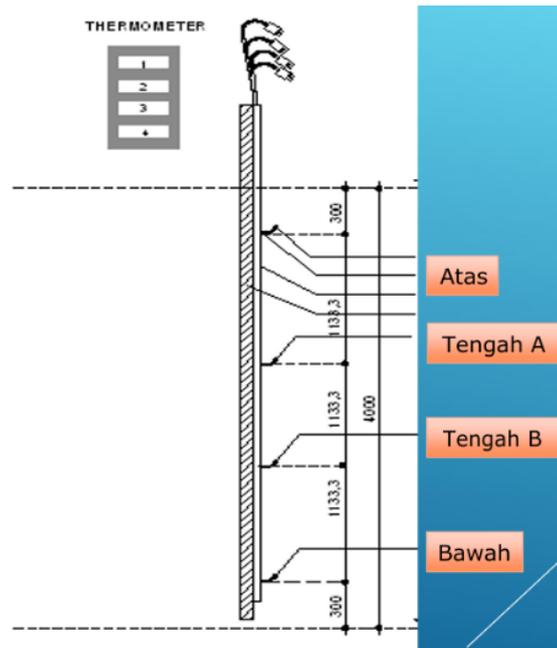
4. Metode Monitoring Suhu Beton

Pada pekerjaan raft pondasi perlu adanya penanganan tertentu untuk mengatasi tergenerate panas hidrasi yang besar dan perubahan volume untuk meminimalisir keretakan. Oleh karena itu untuk memonitoring suhu beton agar sesuai dengan metode pekerjaan, dipasang sebuah alat ukur yang disebut *thermocouple*. *Thermocouple* adalah sensor suhu yang ditanam didalam beton untuk memantau suhu beton agar menghindari kegagalan pada beton.

Pada Proyek Rumah Sakit Eka Hospital, spesifikasi untuk beton struktural sesuai standar ACI-301 suhu maksimum dalam beton setelah pengecoran tidak boleh melebihi 160°F (70°C) dan • Perbedaan suhu maksimum antara pusat dan permukaan pengecoran tidak boleh melebihi 35°F (19°C). Jika suhu beton yang tinggi diluar batas toleransi harus dilakukan tindakan dengan cara membuka dan menutup *sterofoam* (pelepasan udara panas) sampai suhu beton kembali normal (Metode Curing *Sterofoam*).

A. Metode pemasangan instalasi *thermocouple* yaitu sebagai berikut :

- 1) Menentukan titik lokasi *thermocouple*
- 2) Siapkan besi D16 (panjang besi disesuaikan dengan kedalaman *raft Foundation*)
- 3) Siapkan tag label yang akan digunan sebagai penanda sensor yang meliputi sensor atas, tengah dan bawah.
- 4) Pasang *thermocouple* pada titik-titik yang telah ditentukans sebelumnya. Dalam pemasangan *thermocouple* dihubungkan menggunakan connector dan kabel, untuk mempermudah daam pengecekan suhu beton *raft foundation*.
- 5) Setelah pemasangan selesai dilakukan test pemanasan dengan api untuk mengetahui *thermocouple* berfungsi.
- 6) Setelah dilakukan pengetesan kaitkan ujung kabel pada socket agar dapat dihubungkan dengan thermometer saat monitoring dan diproteksi dengan plastik penutup agar terhindar terkena beton saat proses pengecoran *raft foundation*.



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 8.7 Gambar Instalasi *Thermocouple*



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 8.8 Gambar Aktual Instalasi *Thermocouple*

B. Metode pembacaan dan monitoring suhu beton

1) Siapkan alat temperatur indikator (thermometer suhu)



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 8.9 Gambar Thermometer Suhu

- 2) Pembacaan suhu mulai dilakukan setelah pekerjaan floor hardener selesai dikerjakan
- 3) Pembacaan suhu dilakukan selama 7 hari. Hari pertama dilakukan pembacaan setiap jam, hari ke dua dan tiga dilakukan pembacaan setiap 3 jam, dan hari ke empat sampai hari ke tujuh dilakukan pengecekan setiap pukul 11.30-12.00.
- 4) Pengecekan suhu dilakukan mengenakan alat thermometer suhu, dimulai dengan mengecek suhu normal, kemudian dilakukan pengecekan suhu beton layer atas, tengah dan bawah.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 8.10 Gambar Monitoring Suhu beton

- 5) Setelah dilakukan pengecekan suhu beton, dilanjutkan dengan mengidentifikasi selisih suhu atas-bawah, atas-tengah, dan tengah-bawah. Titik terpanas suhunya adalah titik tengah selisih suhu tengah dengan atas (T-A) dan selisih suhu tengah dengan bawah (T-B) $\leq 19^{\circ} \text{C}$. Proses curing dinyatakan selesai apabila selisih suhu atas dengan udara luar 20°C , pada saat itu curing diperbolehkan untuk dibongkar.

THERMOCOUPLE CHECK & RECORD - RAFT FOUNDATION EKA HOSPITAL BSD PHASE 3
POINT : 2

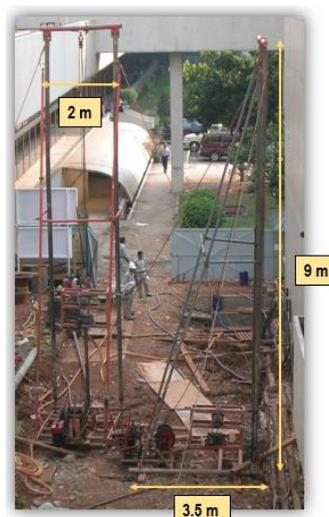
No	Time	Air Temp, °C	Temperature, °C			Difference $\leq 20^{\circ} \text{C}$			Remark
			Top	Middle	Bottom	Top-Bot	Top-Midd	Midd-Bot	
1	11.16	34	64	69	61	3	5	8	
2	14.49	32	64	69	58	6	5	11	
3	18.07	31	65	69	59	6	4	10	
4	21.08	29	63	67	60	3	4	7	
5	00.08	29	63	67	60	3	4	7	Monday, 7/10/2024
6	6.05	28	65	69	61	4	4	8	
7	12.30	35	64	68	62	2	4	6	Tuesday, 8/10/2024
8	11.30	34	63	67	62	1	4	5	Wednesday, 9/10/2024
9	12.10	34	61	65	62	1	4	3	Thursday, 10/10/2024

(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 8.11 Gambar Form Monitoring Suhu Beton

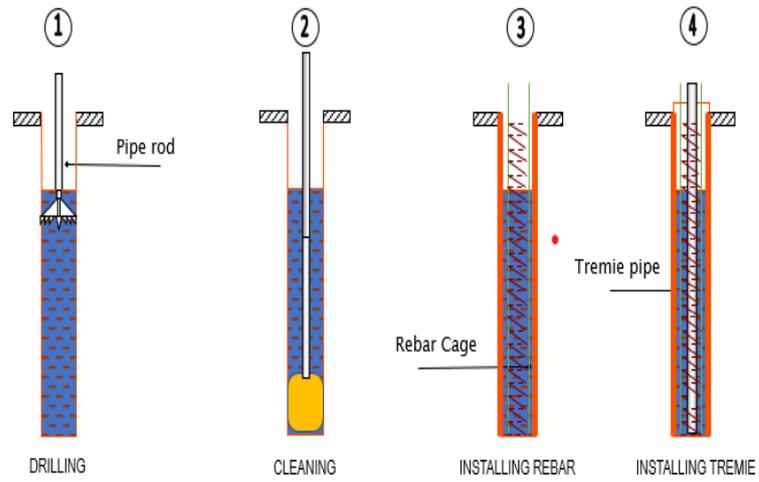
8.4 Metode Pondasi Bored Piel

Pekerjaan pemasangan bored pile pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Eka Hospital BSD Tangerang menggunakan metode *wash boring*. *Wash boring* adalah metode pengeboran tanah dengan bantuan air dalam proses pengeborannya sekaligus untuk mengangkat sampah sisa pengeboran. Pelaksanaan *wash boring* dapat dilihat pada gambar 9.11, 9.12, dan 9.13 berikut :

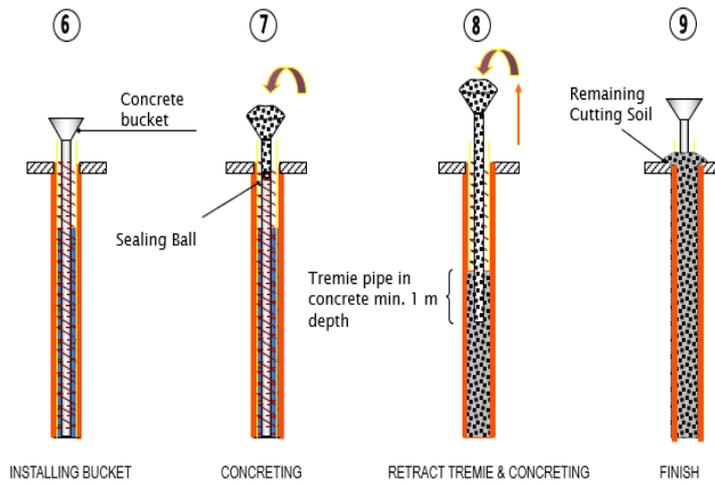


(Sumber : dokumentasi proyek)

Gambar 8.12 Dokumentasi Alat Wash Boring



(a)



(b)

(Sumber : dokumen proyek)

Gambar 8.13 (a) (b) Urutan Pekerjaan Wash Boring



(Sumber : dokumentasi proyek)

Gambar 8.13 Pelaksanaan *Wash Boring*

Tahapan dalam pelaksanaan metode wash boring sebagai berikut :

1. Pengeboran dimulai dengan menggunakan pipa bor berdiameter besar untuk menembus lapisan tanah. Proses ini dilakukan secara berputar dan bersamaan dengan menginjeksikan air ke dalam lubang bor.
2. Air digunakan untuk membilas dan membawa material tanah yang terbor ke permukaan.
3. Selama pengeboran dilakukan penyuntikan air melalui pipa bor untuk membilas serpihan tanah yang tercipta akibat pengeboran dan mencegah pengeboran terhenti. Air juga digunakan untuk mendinginkan mata bor dan menjaga kestabilan lubang bor.
4. Setelah beberapa kedalaman tercapai, pipa casing diturunkan untuk menstabilkan lubang bor dan mencegah runtuhnya dinding lubang bor.
5. Pengeboran dilanjutkan dengan menambah kedalaman lubang bor. Selama proses ini, material tanah yang terangkat dibawa keluar dengan air yang disemprotkan.
6. Pembersihan lubang bor untuk menghilangkan material atau serpihan tanah yang masih ada di dalam lubang. Proses ini dilakukan dengan menyuntikan air hingga lubang bor benar-benar bersih.
7. Jika diperlukan pengambilang sampel setelah pengeboran selesai dan mencapai kedalaman yang ditentukan, sampel batuan digunakan untuk diambil analisis lebih lanjut.
8. Dipasangkan penutup lubang bor jika diperlukan.

8.5 Pembahasan

8.5.1 Daya Dukung Pondasi Bored Pile

Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Eka Hospital BSD Tangerang, detail pekerjaan *bored pile* adalah sebagai berikut :

Kontraktor Pelaksana : PT. Adhi Persada Gedung

Jenis Pondasi : Bored Pile

Kedalaman : 29 m

Diameter : 0,8 m

Jenis Tanah : Liat Berdebu (silt Clay)

Mutu : K-350

Analisa daya dukung dilakukan untuk mengetahui daya dukung tanah maksimum pada pondasi dan dalam perhitungannya menggunakan rumusan Schmertmann dan Nottingham (1975). Kapasitas daya dukung maksimum (*ultimate*) tiang tunggal dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

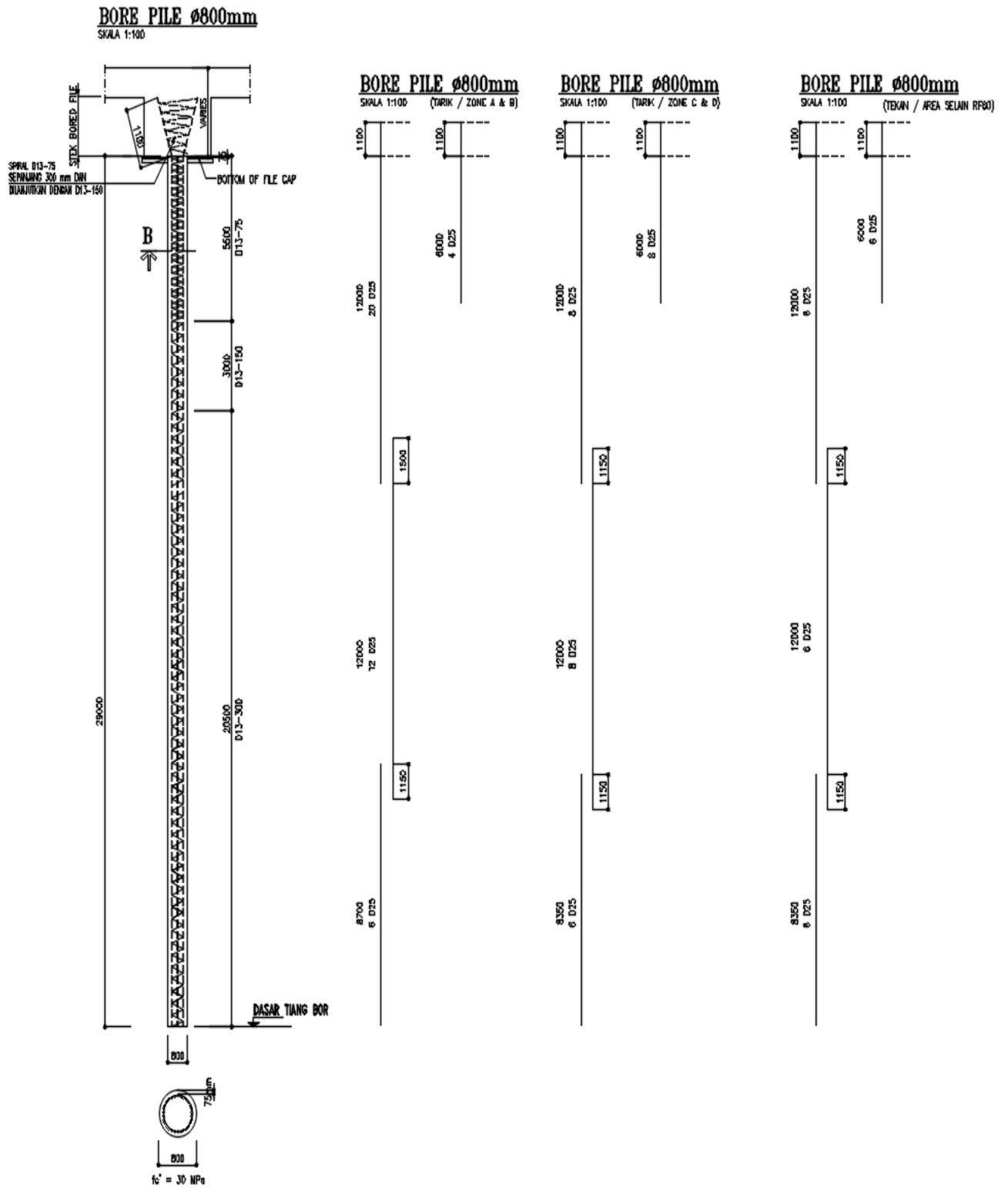
$$Q = Q_b + Q_s$$

Dimana :

Q : daya dukung maksimum pondasi

Q_p : kapasitas daya dukung ujung tiang tunggal

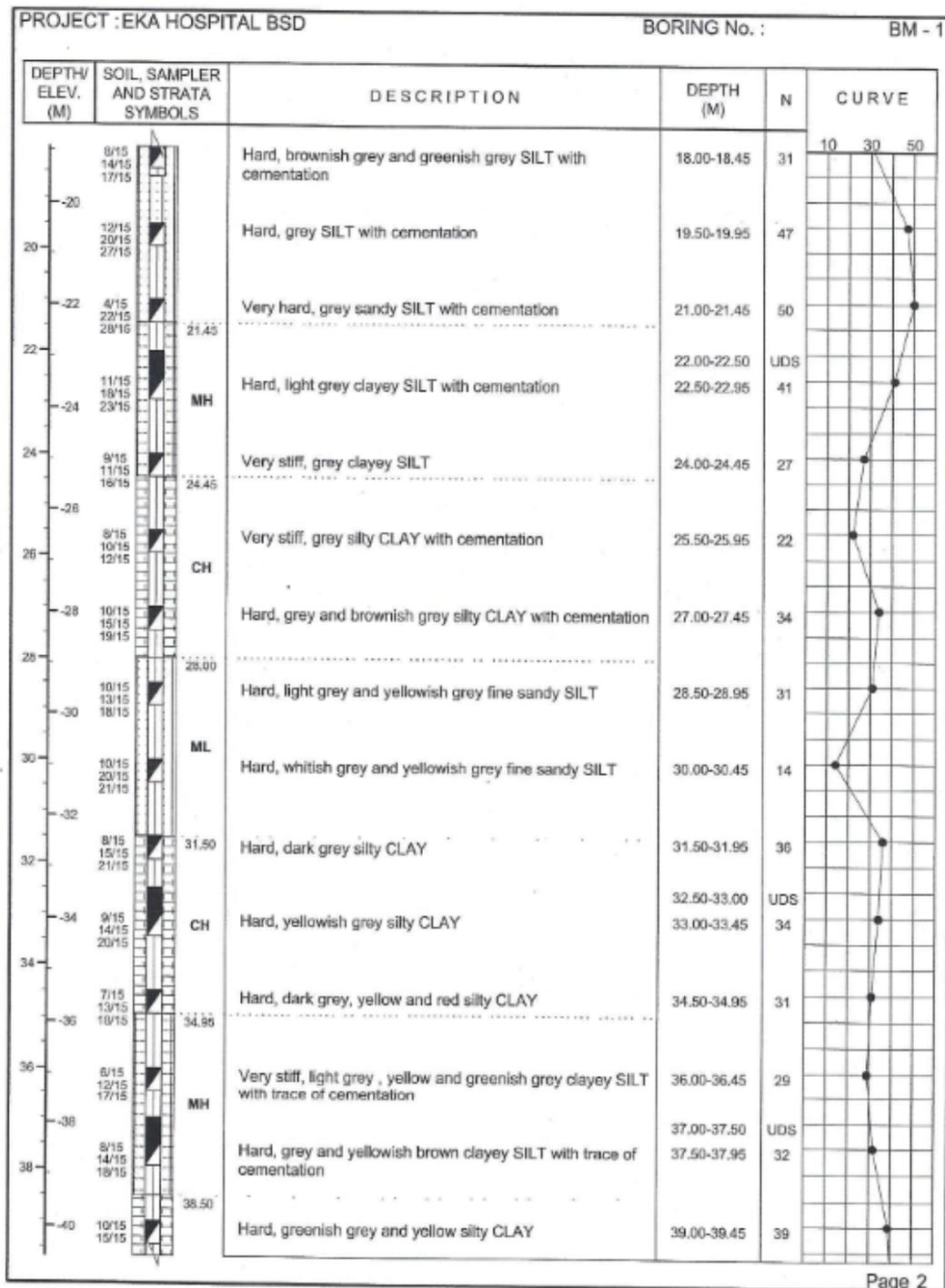
Q_s : kapasitas daya dukung selimut tiang tunggal



(Sumber : dokumentasi proyek)

Gambar 8.14 Gambar Detail *Bored Pile*

Hasil pengujian tanah dengan metode boring test dapat ditunjukkan pada gambar 9.14 berikut :



(Sumber : Dokumentasi Proyek)

Gambar 8.15 Gambar hasil Boring Log

Tahanan Ujung Persatuan Luas (f_b)

$$Q_u = A_b \times f_b + A_s \times f_s$$

atau

$$Q_u = A_b \times \omega \times q_{ca} + A_s \times K_s \times Q_f$$

Dimana :

f_b = Tahanan ujung satuan (kg/cm²)

A_b = Luas penampang ujung tiang bor (cm²)

f_s = Tahanan gesek satuan (kg/cm²)

A_s = Luas selimut tiang bor (cm²)

ω = Koefesien korelasi (cm²)

q_f = Tahanan gesek sisi konus (kg/cm²)

K_f = Koefesien tak berdimensi

Tabel 8.1 N-SPT Boring Log

Depth (m)	N-SPT
2	7
4	1
6	3
8	38
10	22
12	29
14	30
16	41
18	31
19,4	42,2
20	47
21	48,5
22	50
22,5	46,25
23	45,5
24	41
25,8	28,4
26	27
28	30

8D

29	33,5	→ Dasar Pondasi
30	37	
31	39	
32	41	→ 4D
34	25	
36	21	
38	34	
40	41	
42	38	
44	42	
46	30	
48	37	
50	33	
52	36	
54	38	
56	50	
58	50	
60	50	
62	50	
64	40	
66	50	
68	50	
70	50	
72	50	
74	50	
76	50	
Rata-rata	37,18556	

1. q_{c1} = qc rata-rata pada zona 0,7 atau 4D dibawah dasar tiang (kg/cm^2)

$$= \frac{(37+39+41)}{3} = 39 \text{ kg/cm}^2$$

2. q_{c2} = qc rata-rata pada zona 8D diatas dasar tiang (kg/cm^2)

$$= \frac{(46,25+45,5+41+28,4+27+30)}{6} = 36,358 \text{ kg/cm}^2$$

3. q_{ca} = $\frac{1}{2}(q_{c1} + q_{c2})$

$$q_{ca} = \frac{1}{2} (39 + 36,358)$$

$$= 37,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 3695,064 \text{ KN/m}^2$$

Tabel 8.2 Faktor ω berdasar kondisi tanah

Tabel Tanah	Faktor ω
Pasir terkonsolidasi normal (OCR = 1)	1
Pasir mengandung banyak kerikil kasar, Pasir dengan OCR = 2 sampai 4	0,67
Kerikil halus; pasir dengan OCR = 6 sampai 10	0,5

(Sumber : Bowles, 1996)

Tanah hasil boring test pasir terkonsolidasi normal maka nilai faktor ω adalah 1

$$\begin{aligned} 4. f_b &= \omega \times q_{ca} \leq 150 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 1 \times 3695,064 \text{ KN/m}^2 \leq 15000 \text{ KN/m}^2 \\ &= 3695,064 \text{ KN/m}^2 \leq 15000 \text{ KN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5. Q_b &= A_b \times f_b \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times f_b \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 80^2 \times 37,68 \\ &= 189300,133 \text{ kg} \\ &= 1893,001333 \text{ KN} \end{aligned}$$

6. Tahanan Gesek

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$\begin{aligned} A_s &= \pi \times D \times L \\ &= \pi \times 0,8 \times 29 \\ &= 72,848 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$f_s = k_f \times q_f$$

Dimana :

$$k_f = 0,9$$

$$q_f = \text{Rata - rata sondir} = 37,185$$

$$f_s = 0,9 \times 37,185 = 33,467 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$= 72,848 \times 33,467$$

$$= 2438,004016 \text{ KN}$$

7. Daya Dukung Ultimit

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$= 1893,001333 + 2438,004016$$

$$= 4331,005349 \text{ KN}$$

8. Kapasitas Daya Dukung yang Diijinkan (Allowable) Tiang Tunggal

$$Q_p \text{ ijin} = Q_b / S_f$$

$$= 1893,001333 / 2,5$$

$$= 725,2 \text{ KN}$$

$$Q_s \text{ ijin} = Q_s / S_f$$

$$= 2438,004016 / 2,5$$

$$= 975,2016 \text{ KN}$$

$$Q_{ult} \text{ ijin} = Q_p \text{ ijin} + Q_s \text{ ijin}$$

$$= 725,2 + 975,2016$$

$$= 1700,4016 \text{ KN}$$

Kesimpulan :

Dari perhitungan daya dukung ultimate dan daya dukung ijin tanah per-meter dapat diketahui bahwa besarnya nilai $Q_{ult} > Q_{ijin}$ yaitu $4331,005349 \text{ KN} > 1700,4016 \text{ KN}$. Maka, perhitungan daya dukung sudah memenuhi.