

ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI BORED PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN FLY OVER PENGGANTI JPL 64 KM 38+897 LINTAS SURABAYA-SOLO

Arya Duta Ramadhani¹, Gotot Slamet Mulyono²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A.Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: aryadutaramadhani@gmail.com

Abstrak

Fondasi bored pile adalah fondasi yang pengerjaannya di mulai dengan pengeboran tanah sesuai dengan kedalaman rencana, pengisian tulangan baja yang telah disusun di fabrikasi, dan pengecoran dengan beton. Pelaksanaan fondasi bored pile yang ditetapkan mengikuti jenis tanah, keadaan medan serta metode konstruksi yang ditetapkan. Tujuan dalam penelitian ini ialah untuk mengetahui kapasitas daya dukung bored pile pada saat menahan beban yang berasal dari atas dan mengetahui cara pelaksanaan pekerjaan bored pile di lapangan secara langsung pada Proyek Pembangunan Fly Over Pengganti JPL 64 KM 38+897 Lintas Surabaya-Solo. Metode pelaksanaan bored pile yaitu : penentuan titik as bored pile, fabrikasi tulangan baja bored pile, persiapan alat dan material yang digunakan, pengeboran sesuai dengan gambar yang telah direncanakan, pemasangan casing, pemasangan tulangan b bored pile, pengecoran bored pile, pengangkatan casing, dan pengujian bored pile. Hasil analisis dengan data SPT sebesar 320,443 ton dan hasil pengujian PDA sebesar 498,3 ton.

Kata kunci: *fondasi bored pile, metode pekerjaan, daya dukung*

Abstract

Bored pile foundations are foundations whose work begins with drilling the soil according to the planned depth, filling the steel reinforcement that has been arranged in fabrication, and pouring with concrete. The implementation of bored pile foundation is determined according to the type of soil, terrain conditions and construction methods set. The purpose of this study is to determine the carrying capacity of the bored pile in withstanding the load given from above and knows how to carry out bored pile work in the field directly at the JPL 64 KM 38 + 897 Cross Surabaya-Solo Replacement Fly Over Development Project. The method of bored pile implementation is: determining the bored pile ace point, fabricating bored pile steel reinforcement, preparing the tools and materials used, drilling according to the planned drawings, installing casing, installing bored pile reinforcement, casting bored pile, removing casing, and testing bored pile. The results of the analysis with SPT data amounted to 320,443 tons and PDA test results of 498,3 tons.

Keywords: *bored pile foundation, method of work, carrying capacity*

1. PENDAHULUAN

Fondasi ialah unsur dari struktur yang memiliki fungsi untuk melanjutkan beban struktur ke atas menuju lapisan tanah atau batuan yang memiliki daya dukung aman. Sesuai dengan tingkat kedalaman, fondasi terbagi dalam dua macam yakni fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi yang ditempatkan di atas tanah dengan tekstur keras di dekat lapisan tanah atas, dan di bawah bagian terendah superstruktur disebut dengan fondasi dangkal, sedangkan fondasi yang dipakai apabila lapisan tanah yang keras atau batuan ada di tempat yang dalam disebut dengan fondasi dalam [Bowles, 1998].

Fondasi *bored pile* ialah fondasi tiang yang langkah pemasangan dilakukan dengan pengeboran tanah lebih dahulu yang menjadi struktur bawah yang dipakai guna menyalurkan beban bangunan ke tanah. Pelaksanaan fondasi

bored pile yang ditetapkan mengikuti pada jenis tanah, keadaan lokasi serta metode konstruksi yang ditentukan [Isnain, 2021].

Dalam pengerjaan fondasi *bored pile*, jika terdapat kandungan air dalam tanah, maka diperlukan *temporary casing* sebagai penahan dinding pada lubang bor untuk meminimalisir terjadinya longsor. Kemudian mengeluarkan *temporary casing* pada saat pengecoran berlangsung.

Terdapat sejumlah kelebihan penggunaan pondasi *bored pile* dibanding dengan tiang pancang, yakni:

1. Tidak ada persoalan getaran ataupun suara ketika pemasangan.
2. Berkurangnya beton serta tulangan dowel pada pelat penutup tiang (*pile cap*) yang dibutuhkan.
3. Tingkat dalamnya tiang bisa bervariasi.

4. Dilakukan pengecekan dan pencocokan tanah dengan data laboratorium.
5. Batuan bisa ditembus dengan pondasi *bored pile*.
6. Ketika dibutuhkan, ujung tiang bisa dibuat lebih besar yang bertujuan untuk menciptakan kapasitas dukung yang lebih tinggi, diameter tiang berpotensi untuk dibuat besar.
7. Terhindar dari risiko naiknya muka tanah.

Selain mempunyai kelebihan, ada juga kekurangan memakai pondasi *bored pile*, yakni:

1. Pengecoran beton akan sukar ketika ada pengaruh air tanah dikarenakan mutu beton tidak bisa dikendalikan.
2. Hasil pengecoran berpengaruh pada mutu beton yang dihasilkan, mutu beton tersebut tidak dapat dijamin di sepanjang batang beton *bored pile*, yang dapat menimbulkan berkurangnya kapasitas daya dukung *bored pile*.
3. Pengeboran bisa menimbulkan persoalan kepadatan, apabila tanah berbentuk pasir atau kerikil.
4. Kapasitas dukung tanah dapat berkurang dikarenakan gangguan dari air yang terdapat dalam lubang bor.
5. Tanah akan runtuh jika tidak ada pencegahan hal tersebut, maka dipasang *temporary casing*.

2. METODOLOGI

2.1 Metode Pengumpulan Data

Metode yang dilakukan pada pengkajian ini ialah metode observasi ke lokasi proyek dan metode wawancara yang dilangsungkan tatap muka serta tanya jawab secara langsung penghimpun data ataupun peneliti terhadap narasumber.

2.2 Batasan Masalah

Lingkup permasalahan yang akan dibahas pada pengkajian ini ialah:

- e. Pelaksanaan pekerjaan fondasi *bored pile* pada proyek pembangunan Fly Over JPL 64 KM 38+897 lintas Surabaya-Solo
- f. Metode pelaksanaan pekerjaan fondasi *bored pile*
- g. Perhitungan kapasitas daya dukung fondasi *bored pile*

2.3 Metode Pelaksanaan Fondasi *Bored Pile*

2.3.1 Material

Pekerjaan *bored pile* menggunakan material berupa:

- a. Beton K-350



**Gambar 1. Beton K-350
(Dokumentasi Pribadi, 2022)**

- b. Besi BJTS 42

Tulangan pokok dan *spiral/senggang* menggunakan besi BJTS 42.



**Gambar 2. Besi BJTS 42
(Dokumentasi Pribadi, 2022)**

2.3.2 Alat

- a. *Concrete Mixer Truck*



**Gambar 3. *Concrete Mixer Truck*
(Dokumentasi Pribadi, 2022)**

- b. *Hiab Crane*



**Gambar 4. *Hiab Crane*
(Dokumentasi Pribadi, 2022)**

- c. *Crane Boring*



Gambar 5. Crane Boring
(Dokumentasi Pribadi, 2022)

d. Pipa Tremie



Gambar 6. Pipa Tremie
(Dokumentasi Pribadi, 2022)

e. Concrete Bucket



Gambar 7. Concrete Bucket
(Dokumentasi Pribadi, 2022)

2.3.2 Metode Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan pekerjaan *bored pile* sebagai berikut :

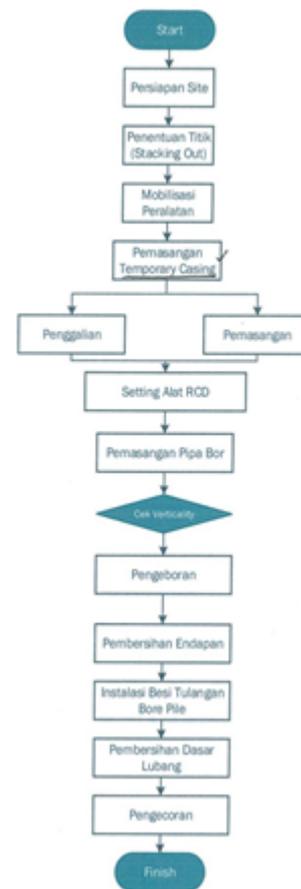
6. *Marking* dan *Stacking Out*

Penentuan titik - titik *bored pile* oleh tim survey sesuai dengan rencana konfigurasi *bored pile* (*setting out* pengukuran) dengan poin minimum sebanyak 2 poin termasuk koordinat x, y, dan z.

7. Mobilisasi Peralatan dan Material
 - a. Peralatan yang akan dimobilisasi terlebih dahulu dilakukan pengecekan dan uji kelayakan alat dengan bukti sertifikat kelayakan alat.

- b. Setelah peralatan tiba di lapangan, maka segera dilakukan penurunan alat dari atas *trailer* secara hati-hati dengan memperhatikan keselamatan kerja agar tidak terjadi kesalahan dan kecelakaan kerja.

c. Setelah alat sudah diturunkan, kemudian dilakukan penyetulan peralatan, antara lain pemasangan *boom*, *counter weight*, *hook*, dan *accessoris* lainnya pada *crane service*, pemasangan *kellybar*, *swiffel*, mata bor, dan *accessories* lainnya pada mesin bor.



Gambar 8. Flowchart Pekerjaan Fondasi Bored Pile
(WIKA, 2022)

3. Fabrikasi tulangan *bored pile*

- Tulangan *bored pile* dibetuk dengan diameter serta banyaknya besi tulangan utama. Jarak besi spiral mengikuti ilustrasi rencana untuk tiap-tiap tiang bor. Kawat beton (bendrat) digunakan sebagai pengikat antara besi utama dengan besi spira.
4. Pekerjaan bak sirkulasi
 - a. Membuat bak sirkulasi dengan cara membuat kolam di dekat titik bor dengan ukuran sesuai dengan kondisi lapangan.
 - b. Kolam kemudian diisi air, kemudian nantinya air akan dialirkan melalui saluran kelubang bor.
 5. Pengeboran
 - a. Lakukan penggalian sekitar 2 meter pada titik *bored pile*, kemudian masukkan casing +/- 4 meter kedalam galian dan dorong casing kedalam tanah menggunakan *excavator*.
 - b. Dinding casing pada bagian kepala dilubangi beberapa titik agar air bisa masuk kedalam casing.
 - c. Setelah casing terpasang, posisikan mesin RCD didekat titik bor kemudian pasang *stand pipe* dan mata bor RCD, kemudian cek posisi tegak lurus stang pipa dengan *waterpass*.
 - d. Alirkan air kedalam casing / lubang bor kemudian *start* pengeboran bersamaan dengan aliran air kedalam lubang bor. Lumpur hasil pengeboran dipompa/dihisap melalui *stand pipe* dan dialirkan ke tangki endapan.
 - e. Apabila kedalaman yang diperlukan hingga + 1 meter lagi, maka dilakukan pemberhentian tahapan penghisapan (tidak aktifnya mesin pompa hisap), selepas itu stang bor dinaikkan sebesar 0,5-1 meter, selanjutnya tahapan penghisapan dilangsungkan terus hingga selang buang mengeluarkan air yang terlihat lebih bersih.
 - f. Jika kedalaman yang diharapkan telah terpenuhi maka stang bor bisa dilakukan pengangkatan lalu dibuka.
 6. Pembersihan Endapan
Pembersihan endapan dari dasar lubang, pada pelaksanaan ini tahapan penghisapan dilangsungkan terus hingga selang buang mengeluarkan air yang terlihat lebih bersih (+/- 15 menit).
 7. *Install* Tulangan
Install tulangan besi ke dalam lubang bor menggunakan *crane* bor (*exactly center*)

serta siapkan jalan akses untuk *truck mixer* dengan menggunakan *excavator*.

8. *Install* Pipa *Tremie*
 - a. Tiap segmen wajib dilakukan penyambungan dengan sistem drat.
 - b. Selepas selesai pemasangan pipa *tremie* hingga titik yang ditentukan, maka dilanjutkan dengan penyambungan *concrete bucket* di bagian paling atas.
9. Pengecoran
Pengerjaan pengecoran, saat *mixer* siap, ambil *sample* beton dan cek kesesuaian *slump* dengan nilai 18+/-2 kemudian tuangkan beton ke dalam lubang pipa *tremie*.
 - a. Pada penggunaan *tremie*, air, lumpur dan tanah akan didorong ke atas selepas *concrete* keluar dari ujung bawah *tremie*.
 - b. Jalankan pengecoran secara terus-menerus, dan pada penggunaan *tremie* jikalau pada corong telah terpenuhi oleh *concrete*, maka *tremie* bisa atau ditarik naik turun yang mengakibatkan *concrete* bisa keluar tanpa hambatan.

2.4 Metode Pehitungan Daya Dukung Fondasi

2.4.1 Kapasitas Daya Dukung Fondasi *Bored Pile* Dari Hasil SPT

Daya dukung fondasi *bored pile* dari hasil data SPT bisa diperkirakan dengan persamaan 1 dan 2 seperti dibawah ini:

$$Q_u = 40 \times N_r \times A_p \quad (1)$$

$$Q_i = \frac{Q_u}{SF} \quad (2)$$

Dimana :

Q_u = daya dukung ultimate (ton)

Q_i = daya dukung ijin (m^2)

N_r = nilai "N" rata-rata

A_p = luas penampang (m^2)

2.4.2 Kapasitas Daya Dukung *Bored Pile* Dari Data SPT Dengan Metode Mayerhoff (1976)

Daya dukung fondasi *bored pile* dari data SPT dengan metode Mayerhoff dapat dihitung dengan persamaan 3,4,5 dan 6 sebagai berikut :

$$Q_u = 40 \times N' \quad (3)$$

$$N' = 15 + \frac{1}{2} \times (N-15) \quad (4)$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (5)$$

$$Q_i = \frac{A \times Q_{ult}}{SF} \quad (6)$$

Dimana :

Q_{ult} = daya dukung ultimit (ton/m²)

Q_i = daya dukung ijin (kN)

A = luas penampang (m²)

N' = nilai SPT terkoreksi

D = diameter tiang (m)

2.4.3 Kapasitas Daya Dukung Fondasi Bored Pile Dari Hasil PDA Test

Pile Driving Analyzer (PDA) merupakan cara pembebanan dinamik dengan dipasangnya *gauge* dan *accelerometer* di dekat kepala tiang, lalu *instrument* itu diinterpretasikan terhadap gelombang yang muncul karena pukulan hammer di kepala tiang.

Pada pengujian PDA terdapat analisa gelombang menggunakan CAPWAP, yang digunakan untuk memperkirakan kapasitas dukung fondasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Fondasi Bored Pile Dari Hasil SPT

Perhitungan daya dukung fondasi *bored pile* dari data SPT sebagai berikut :

7. Menghitung N_r

$$N_r \Rightarrow 8d = 8 \times 1,2 = 9,6 \text{ m}$$

$$4d = 4 \times 1,2 = 4,8 \text{ m}$$

$$8d = 7,8,28,22,23$$

$$4d = 28,25,29$$

$$N_r = \frac{7+8+28+22+23+28+25+29}{8}$$

$$= 21,25 \text{ m}$$

8. Menghitung A_p

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,2^2$$

$$= 1,131 \text{ m}^2$$

9. Menghitung Q_u

$$Q_u = 40 \times N_r \times A_p$$

$$= 40 \times 21,25 \times 1,131$$

$$= 961,327 \text{ ton}$$

10. Menghitung Q_i

$$Q_i = \frac{Q_u}{SF}$$

$$= \frac{961,327}{3}$$

$$= 320,443 \text{ ton}$$

4.2 Pehitungan Kapasitas Daya Dukung Fondasi Bored Pile dari Data SPT Dengan Metode Mayerhoff (1976)

Metode Mayerhoff diterapkan untuk memperkirakan daya dukung fondasi *bored pile* dari data SPT sebagai berikut:

9. Menghitung N'

$$N' = 15 + \frac{1}{2} \times (N-15)$$

$$= 15 + \frac{1}{2} \times (40-15)$$

$$= 27,5$$

10. Menghitung Q_{ult}

$$Q_{ult} = 40 \times N'$$

$$= 40 \times 27,5$$

$$= 1100 \text{ ton/m}^2$$

11. Menghitung A

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,2^2$$

$$= 1,131 \text{ m}^2$$

12. Menghitung P

$$P = A \times \frac{Q_{ult}}{SF}$$

$$= 1,131 \times \frac{1100}{3}$$

$$= 414,7 \text{ ton}$$

3.3 Hasil Pengujian Daya Dukung Fondasi Bored Pile Dari Data PDA Test

Hasil dari pengujian PDA tersaji dalam tabel 1,2 dan 3 sebagai berikut :

Tabel 1
Data Pondasi Tiang Bor Uji PDA

No Tiang	Tgl Pengcoran	Penampang Tiang (m)	Panjang Tiang
P 8-67	3-1-2023	3 Ø 120	42,1

Berat Hammer (ton)	Tinggi Jatuh (m)

Tabel 2
Hasil Pengujian PDA di Lapangan

No Tiang	EMX (ton.m)	RMX (ton.m)	RSU (ton.m)	BTA (%)	DFN (mm)

P 8-6	13,66	863	1098	69	2
-------	-------	-----	------	----	---

Tabel 3
Hasil Analisa CAPWAP

No Tiang	Selimut (ton)	Ujung (ton)	Ultimate (ton)	Ijin (FK = 2)
P 8-6	799,6	197	996,6	498,3

5 KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Sesuai dengan hasil pembahasan di atas, kesimpulan yang bisa dibuat yakni :

1. Diperoleh hasil perhitungan daya dukung fondasi berdasarkan analisis SPT sebesar 320,443 ton dan berlandaskan analisis SPT dengan metode mayerhoff sebesar 414,7 ton. Sehingga hasil perhitungan dengan data SPT diperoleh sebesar 320,443 ton.
2. Diperoleh hasil pengujian PDA sebesar 498,3 ton.
3. Dari hasil tersebut, dapat dibandingkan bahwa hasil pengujian PDA lebih besar 178 ton dari hasil analisis dengan data SPT.

4.2 Saran

1. Pada saat pengujian PDA dipastikan semua alat dapat beroperasi dengan baik dan maksimal.
2. Agar pelaksanaan tes PDA di lapangan dapat berjalan dengan waktu yang efisien, maka permukaan *bored pile* yang akan di uji, terlebih dahulu disiapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J, E., 1991, *Analisa dan Desain Pondasi*, Edisi Keempat Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Dhani Arif Kurniawan, 2013, *Analisis Kapasitas Daya Dukung Fondasi Bored Pile Pada Fly Over Jombor Yogyakarta, Tugas Akhir*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Dimas Anggraito, 2023, *Laporan Uji Pembebanan Dinamis Tiang*, Testana Engineering, Surabaya.
- Fadilah, U. N., & Tunafiah, H., 2018, *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-SPT Menurut Rumus Reese&Wright Dan Penurunan*. Jurnal IKRA-ITH Teknologi, 2(3), 7–13.
- Hardiyatmo, H. C, 2011, *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*, (Edisi 2), Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Isnan Nashrullah, 2021, *Evaluasi Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Pembangunan Gedung SGLC (Smart and Green Learning Center) dan Gedung ERIC (Engineering Reasearch and Innovation Center), Tugas Akhir*, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kementrian Perhubungan Dirjen Perkeretaapian, 2022, *Fly Over JPL 64 Calculation Sheet*, Kemenhub, Surabaya.
- Livia, Suhendra, A, 2018, *Studi kapasitas tiang bor berdasarkan metode pile driving analyzer (PDA) dan load cell*, JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 1(1), 82.