

## EVALUASI KEUTUHAN DAN DAYA DUKUNG FONDASI BORED PILE DENGAN CROSSHOLE SONIC LOGGING (CSL), PILE INTEGRITY TEST (PIT) DAN PILE DRIVING ANALYZER (PDA) PADA PROYEK FLY OVER KOPO BANDUNG

Chandra Afriade Siregar<sup>1)</sup>, Shilvia Citra Adinda<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung

Email : chandra.afriade@usbykp.ac.id ; siilviiadinda@gmail.com

### ABSTRAK

Pondasi bor (*bored pile*) merupakan jenis pondasi dalam yang pembuatannya dengan cara cor di tempat (*cast in-situ*). Maka diperlukan struktur yang kuat yaitu dengan perhitungkan daya dukung dan kontrol mutu pekerjaan pengecoran pondasi bor berupa integritas beton menggunakan metode uji *non-destructive* yaitu uji *Pile Integrity Test* (PIT) dan *Crosshole Sonic Logging* (CSL). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perhitungan dan membandingkan daya dukung pondasi *Bored Pile* Ø1.2m pada P-10 BP-5 dengan menggunakan hasil data sekunder yaitu data *Standart Penetration Test* (SPT) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA) di lapangan. Penelitian ini mengambil studi kasus pada Proyek Fly Over Kopo Kota Bandung.

Dalam menganalisis daya dukung pondasi *Bored Pile* ini menggunakan metode *Reese & Wright*. Spesifikasi ukuran *Bored Pile* yang dianalisis yaitu Ø1.2m dengan panjang 24m. Berdasarkan data SPT diperoleh hasil daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) = 49 ton, sedangkan hasil data PDA diperoleh  $Q_p$  = 79 ton. Daya dukung selimut tiang berdasarkan data SPT diperoleh ( $Q_s$ ) = 1.101 ton, dengan data PDA didapat  $Q_s$  = 1.338 ton. Daya dukung ultimit dengan data SPT diperoleh  $Q_u$  = 1.151 ton, dengan data PDA didapat  $Q_u$  = 1.418 ton. Efisiensi kelompok tiang berdasarkan Metode *Converse-Labarre* berdasarkan data SPT diperoleh  $Q_g$  = 12.512 ton, dengan data PDA  $Q_g$  = 15.427 ton.

Hasil Pengujian PIT menunjukkan integritas beton tiang masuk dalam kategori *undamaged*. Untuk hasil pengujian CSL menunjukkan bahwa integritas beton tiang masuk dalam kategori *Good* (G). Dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel pondasi bor yang dilakukan pengujian PIT dan CSL memiliki integritas beton yang baik.  
**Kata Kunci :** *Bored Pile, CSL, Daya Dukung, Keutuhan Tiang, PDA, PIT, Reese & Wright, SPT*

### ABSTRACT

*Bored pile foundations are a type of in-situ cast-in-place foundation construction method. Therefore, a strong structure is required, taking into account load-bearing capacity and quality control of the bored pile casting work, particularly regarding concrete integrity. This is achieved through non-destructive testing methods such as Pile Integrity Test (PIT) and Crosshole Sonic Logging (CSL). The objective of this research is to calculate and compare the load-bearing capacity of Ø1.2m Bored Pile foundations at P-10 BP-5 using secondary data from Standard Penetration Test (SPT) and Pile Driving Analyzer (PDA) obtained in the field. This study focuses on a case study within the Kopo Flyover Project in the city of Bandung.*

*In analyzing the load-bearing capacity of these Bored Pile foundations, the Reese & Wright method is employed. The analyzed Bored Pile specifications are Ø1.2m in diameter and 24m in length. Based on SPT data, the ultimate tip load capacity ( $Q_p$ ) is determined as 49 tons, while the PDA data yields  $Q_p$  of 79 tons. The side load capacity based on SPT data ( $Q_s$ ) is calculated as 1.101 tons, compared to 1.338 tons from PDA data. The ultimate load capacity from SPT data ( $Q_u$ ) is found to be 1.151 tons, with PDA data indicating  $Q_u$  of 1.418 tons. The group efficiency of piles according to the Converse-Labarre Method using SPT data is  $Q_g$  = 12.512 tons, and with PDA data,  $Q_g$  = 15.427 tons.*

*PIT results show that the concrete integrity of the piles falls within the "undamaged" category. CSL testing indicates that the concrete integrity of the piles is categorized as "Good (G)." In conclusion, all tested bored pile foundation samples, evaluated through PIT and CSL testing, exhibit good concrete integrity.*

**Keywords:** *Bored Pile, CSL, Load-Bearing Capacity, PDA, Pile Integrity, PIT, Reese & Wright, SPT*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban struktur atas ke lapisan tanah yang mempunyai daya dukung aman. Struktur pondasi dapat memikul bangunan dengan aman dengan syarat pondasi tidak boleh mengalami keruntuhan daya dukung maupun kegagalan struktur. Keruntuhan daya dukung dalam hal ini adalah pondasi tidak boleh mengalami penurunan yang dapat membahayakan struktur yang dipikulnya serta tanah yang terbebani tidak mengalami keruntuhan. Sedangkan kegagalan struktur yang dimaksud dalam hal ini adalah bahan yang digunakan untuk menyalurkan beban bangunan harus cukup kuat dan tidak mengalami kerusakan bahan. Hal ini dikenal dengan keutuhan (*integrity*) bahan.

Pada sekitar tahun 80-an, para ahli berusaha mencari teknologi pengajuan pelaksanaan uji beban dan uji keruntuhan bahan pada fondasi yang ekonomis, praktis dan tidak merusak struktur fondasi. Kemudian diperkenalkan teknik uji keruntuhan tiang beton yang tidak merusak (*non destruktif*) struktur tiang, yaitu teknik uji integritas tiang atau *pile integrity test* (PIT) dan *Crosshole Sonic Logging* (CSL) untuk mendapatkan data kerusakan fondasi. Sedangkan untuk uji kapasitas atau daya dukung tiang digunakan metode Standard Penetration Test (SPT) untuk menentukan daya dukung dari data parameter tanah dan metode loading test yang termasuk metode statis, sedangkan metode

dinamis untuk menentukan kelayakan dan daya dukung tiang fondasi yaitu *Pile Driving Analyzer* (PDA).

### 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

#### 1.2.1 Maksud

- Menganalisa besarnya daya dukung pondasi Bored Pile menggunakan metode *Reese & Wright*.
- Menganalisa besarnya daya dukung pondasi Bored Pile berdasarkan data uji SPT dan PDA.
- Menganalisa keutuhan tiang bor menggunakan CSL dan PIT.

#### 1.2.2 Tujuan

- Mendapatkan dan membandingkan nilai daya dukung pondasi Bored Pile berdasarkan data uji SPT dan PDA.
- Mendapatkan nilai efisiensi kelompok pondasi Bored Pile.
- Mengetahui integritas tiang berdasarkan hasil uji CSL dan PIT.

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini batasan masalah yang ditinjau adalah:

- Penelitian ditinjau pada Proyek Jalan Layang Kopo.
- Perhitungan daya dukung berdasarkan data SPT menggunakan metode *Reese & Wright*.
- Bored Pile material beton dengan diameter 1,2 m
- Pengujian CSL pada titik P-10 BP-5
- Pengujian PIT dan PDA pada titik P-9 Bp-14

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Tinjauan Umum

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan. Pondasi Bored Pile adalah pondasi yang dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

Ada beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi *Bored Pile* jika dibandingkan dengan tiang pancang (Braja M Das, 1995), yaitu : mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan *Bored Pile* mengurangi kapasitas dukung *Bored Pile*.

## 2.2 Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan Data SPT

Daya dukung pondasi *Bored Pile* dapat dihitung dengan berbagai metode tergantung dengan data-data yang tersedia pada proyek tersebut.

Berikut adalah metode untuk menghitung daya dukung berdasarkan data SPT dengan metode *Reese & Wright* (1997).

a. Daya Dukung Ujung Pondasi Bored Pile (*end bearing*).

Kapasitas daya dukung ujung pondasi Bored Pile dinyatakan dengan rumus:

(Untuk Tanah Kohesif)

$$Q_p = q_p \times A_p$$

Keterangan:

$Q_p$  = tahanan ujung per satuan luas (ton/m<sup>2</sup>)

$A_p$  = luas penampang pondasi (m<sup>2</sup>)

(Untuk Tanah Non Kohesif)

$$Q_p = \frac{40}{0,3048^2} \times A_p$$

(untuk  $N_{spt} > 60$ )

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times N \times A_p$$

(untuk  $N_{spt} \leq 60$ )

Keterangan:

$N$  = nilai  $N_{spt}$  tanah

b. Daya Dukung Selimut Pondasi Bored Pile ( $Q_s$ ).

Kapasitas daya dukung selimut pondasi Bored Pile dinyatakan dengan rumus:

(Untuk Tanah Kohesif)

$$Q_s = C_u \times \alpha \times p \times \Delta l$$

Keterangan:

$\alpha$  = factor koreksi

$p$  = keliling pondasi Bored Pile (m)

$\Delta l$  = kedalaman tiang yang ditinjau (m)

(Untuk Tanah Non Kohesif)

$$Q_s = 0,32 \times N \times p \times \Delta l$$

(untuk  $N_{spt} < 53$ )

$$Q_s = \frac{N-53}{450} \times \frac{1}{0,3048^2} \times p \times \Delta l$$

(untuk  $N_{spt} \geq 53$ )

c. Daya Dukung Ultimate Pondasi Bored Pile

Kapasitas daya dukung ultimate pondasi Bored Pile dinyatakan dengan rumus:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Keterangan:

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang (ton)

$Q_s$  = daya dukung selimut (ton)

### 2.3 Kapasitas Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan Data PDA

Daya dukung tiang dari hasil PDA akan dianalisa lebih lanjut dengan menggunakan program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*), yaitu metoda untuk menentukan persamaan gelombang berdasarkan parameter tanah aktif akibat beban impact, yang dikembangkan di *Case Western Reserve University*.

Pada pengujian dengan metode PDA terdapat beberapa parameter pendukung, yaitu:

#### a. CAPWAP (*Case Wave Analysis Program*)

Analisis ini menggunakan data yang diperoleh dari pengujian PDA untuk memberikan hasil analisis yang lebih detail (ASTM D-4945-1996).

#### b. Data dan Parameter Pengujian PDA Test

Penghentian re-strike dan perekaman data dilakukan setelah pengujian yakin bahwa hammer telah memberikan energi transfer maksimum yang mampu dilakukannya.

#### c. Refusal dan Ultimate

Pengertian daya dukung yang bersifat refusal adalah daya dukung yang terdeteksi / terdata dan di analisis merupakan daya dukung yang diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang belum sepenuhnya termobilisasi.

Pengertian daya dukung yang bersifat ultimate adalah daya dukung yang

diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang sudah termobilisasi sepenuhnya (ASTM D-4945-1996).

Kedua kondisi tersebut (refusal atau ultimate) dapat diterima selama daya dukung yang diperoleh masih memenuhi syarat faktor keamanan yang dituntut dari desain yang ditetapkan.

#### d. Safety Factor

Safety Factor yang digunakan untuk pengujian PDA adalah 2,0.

### 2.4 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang Bored Pile

Persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut:

#### a. Metode *Converse – Labarre*

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

Keterangan:

$m$  = jumlah baris tiang

$n$  = jumlah tiang dalam satu baris

$\theta$  = Arc tg D/S (°)

#### b. Metode *Los Angeles Group*

$$E_g = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} \left[ m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(n-1)(m-1)} \right]$$

Keterangan:

$d$  = diameter pondasi (cm)

$s$  = jarak pusat ke pusat tiang (cm)

#### c. *Seiler – Keeney Formula*

$$E_g = \left\{ 1 - \left[ \frac{11s}{7(s^2-1)} \right] \left[ \frac{m+n-2}{m+n-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{m+n}$$

### 2.5 Analisa Keutuhan Tiang

#### a. Uji *Pile Integrity Test* (PIT)

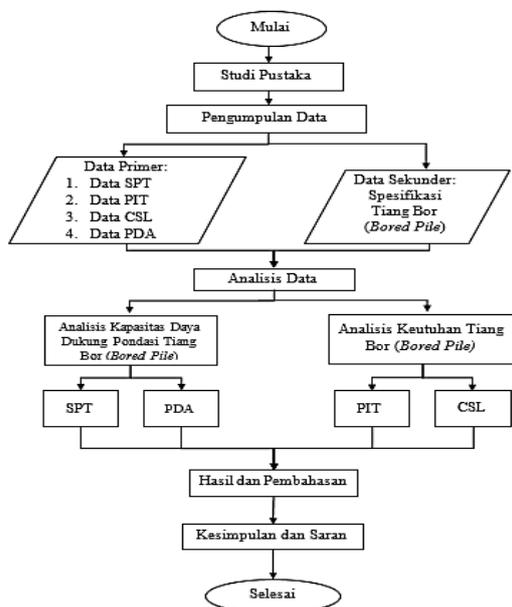
*Pile Integrity Test* bisa dikenal juga sebagai pengujian dinamis regangan

rendah (*low strain dynamic testing*) untuk memeriksa adanya potensi bahaya pada fondasi tiang bor seperti adanya rongga atau retakan, integritas tiang pada kedalaman total, dan menentukan panjang tiang yang belum diketahui pada struktur yang ada.

- b. Uji *Crosshole Sonic Logging* (CSL) *Crosshole Sonic Logging* pertama kali dikembangkan oleh *French National Industry* (CEBTP) di akhir tahun 1960-an. Metode ini sekarang banyak dipergunakan secara luas untuk menentukan integritas dari tiang bor (*bored pile*) atau sumuran bor (*drilled shafts*). *Crosshole Sonic Logging* digunakan untuk memastikan integritas dari beton, letak kerusakan dan untuk evaluasi efektifitas dari perbaikan.

**3. METODE PENELITIAN**

Adapun rencana tahapan penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

**4. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA DATA**

**4.1 Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT**

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi *Bored Pile* dari data SPT memakai metode Reese & Wright dan data diambil pada titik AB-2 BH-P8.

Tabel 4. 2 Statigrafi Lapisan Tanah Berdasarkan Nilai N-SPT

MAT	-8,0	-3,0	-3,0	-3,5	-3,0	-3,0	-3,0	-18,0	-3,0	-6,0	-3,0	-3,0	-8,0	
Depth	A1	P2	P3	P5	P6	P8	P10	P11	P13	P15	P16	P18	P19	A2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	9	42	14	7	8	13	8	8	18	17	2	25	60	9
-4	10	30	12	27	11	14	10	10	15	41	17	34	17	10
-6	22	5	18	3	26	17	12	44	46	53	2	60	60	22
-8	60	60	17	32	42	10	20	18	36	34	38	60	60	60
-10	24	60	22	53	53	60	40	21	50	37	19	34	60	24
-12	27	17	22	56	56	60	60	51	55	60	60	56	60	27
-14	60	60	42	60	60	20	60	60	60	60	60	60	60	60
-16	60	60	59	60	60	22	60	60	60	60	60	60	60	60
-18	60	60	60	60	60	24	60	60	60	60	60	60	60	60
-20	60	60	60	60	60	52	60	60	60	60	60	60	60	60
-22	60	60	39	60	60	57	60	60	60	60	60	60	60	60
-24	60	60	43	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
-26	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
-28	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
-30	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
-32	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
N rata-rata	44	48	38	46	47	36	44	44	48	49	43	51	54	44
Site Class	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD							

Keterangan:  
 = Sangat Urai - Urai  
 = Agak Padat  
 = Padat  
 = Sangat Padat  
 = Sangat Lunak - Lunak  
 = Teguh - Sangat Teguh  
 = Tanah Keras  
 = Tanah sangat Keras

a. Daya dukung ujung tiang (Qp)

Data Bored Pile:

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$p = \pi \times d$$

$$= 3,14 \times 1,2$$

$$= 3,768 \text{ m}$$

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

$$= 1,130 \text{ m}^2$$

Untuk tanah kohesif:

Sebagai contoh sampel perhitungan digunakan nilai  $N_{spt}$  dengan kedalaman 4 meter yaitu nilai  $N_{spt}$  10.

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$C_u = \frac{2}{3} \times N_{spt} \times 10$$

$$= \frac{2}{3} \times 10 \times 10$$

$$= 6,8 \text{ t/m}^2$$

$$q_p = 9 \cdot C_u$$

$$= 9 \times 6,8$$

$$= 61,1 \text{ t/m}^2$$

$$Q_p = q_p \times A_p$$

$$= 61,1 \text{ t/m}^2 \times 1,130 \text{ m}^2$$

$$= 69 \text{ ton}$$

Untuk tanah non kohesif:

Sebagai contoh sampel perhitungan digunakan nilai  $N_{spt}$  dengan kedalaman 24 meter yaitu nilai  $N_{spt}$  60.

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times N \times A_p$$

$$Q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times 60 \times 1,13$$

$$Q_p = 486,529 \text{ ton}$$

$$Q_p = 49 \text{ ton}$$

b. Daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ )

Data Bored Pile:

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$p = 3,768 \text{ m}$$

$$\Delta l = 2 \text{ m}$$

Menurut Reese & Wright (1977)

koefisien  $\alpha$  untuk Bored Pile adalah 0,55

Untuk tanah kohesif:

$$Q_s = C_u \times \alpha \times p \times \Delta l$$

$$Q_s = 6,8 \times 0,55 \times 3,768 \times 2$$

$$Q_s = 28,18 \text{ ton}$$

$$Q_{Scumm} = 55,536 \text{ ton}$$

Untuk tanah non kohesif:

$$Q_s = \frac{N - 53}{450} \times \frac{1}{0,3048^2} \times p \times \Delta l$$

$$Q_s = \frac{60 - 53}{450} \times \frac{1}{0,3048^2} \times 3,768 \times 2$$

$$Q_s = 1,26 \text{ ton}$$

$$Q_{Scumm} = 1101,42 \text{ ton}$$

c. Kapasitas dukung ultimate tiang

Untuk tanah kohesif

$$Q_u = Q_p + Q_{Scumm}$$

$$Q_u = 69 + 28$$

$$Q_u = 97 \text{ ton}$$

Untuk tanah non kohesif

$$Q_u = Q_p + Q_{Scumm}$$

$$Q_u = 49 + 1101$$

$$Q_u = 1151 \text{ ton}$$

## 4.2 Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan

### Hasil PDA

Tabel 4. 3 Daya Dukung Bored Pile Berdasarkan Tes PDA

No Tiang	PDA	Hasil Analisis CAPWAP			
	Daya Dukung	Daya Dukung			Displacement
		Total	Friksi	End Bearing	Total
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(mm)
P-10 BP-5	929	1418	1338	79	6,5

## 4.3 Kapasitas Daya Dukung Aksial

### Kelompok Tiang

a. Metode *Converse – Labarre*

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n - 1)m + (m - 1)n}{90mn}$$

$$Eg = 1 - \left( \text{arc tg } \frac{120}{350} \right) \times \frac{(4 - 1)4 + (4 - 1)4}{90 \times 4 \times 4}$$

$$Eg = 1 - 0,31 = 0,68 = 68\%$$

b. Metode *Los Angeles Group*

$$Eg = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} [m(n - 1) + n(m - 1) + \sqrt{2}(n - 1)(m - 1)]$$

$$Eg = 1 - \frac{120}{\pi \cdot 350 \times 4 \times 4} [4(4 - 1) + 4(4 - 1) + \sqrt{2}(4 - 1)(4 - 1)]$$

$$Eg = 1 - 0,19$$

$$Eg = 0,81 = 81\%$$

c. Metode *Seiler-Keeney*

$$Eg = \left\{ 1 - \left[ \frac{11s}{7(s^2 - 1)} \right] \left[ \frac{m + n - 2}{m + n - 1} \right] \right\} + \frac{0,3}{m + n}$$

$$Eg = \left\{ 1 - \left[ \frac{11 \times 350}{7(350^2 - 1)} \right] \left[ \frac{4 + 4 - 2}{4 + 4 - 1} \right] \right\} + \frac{0,3}{4 + 4}$$

$$E_g = 1,03 = 103\%$$

Maka, daya dukung ultimate kelompok tiang didapat dengan persamaan:

Untuk data SPT

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u$$

$$Q_g = 0,68 \times 16 \times 1.151 = 12.512 \text{ ton}$$

Untuk data PDA

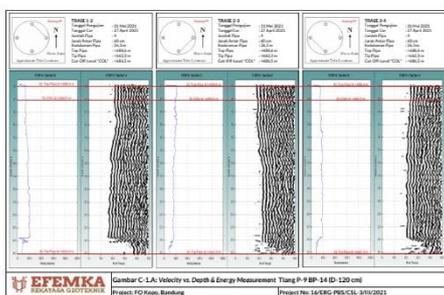
$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_u$$

$$Q_g = 0,68 \times 16 \times 1418 = 15.427 \text{ ton}$$

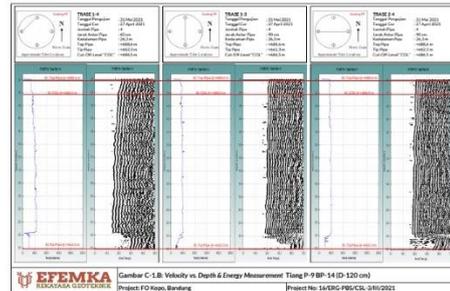
#### 4.4 Hasil Pengujian CSL

Hasil CSL untuk tiang bor P-9 BP-14 menunjukkan:

- a. Cepat rambat gelombang terukur yang relative baik dan seragam pada badan tiang (Good (G)/ No signal distortion and decrease in signal velocity of 10% or less are indicative of good quality concrete).
- b. Pada seluruh trase terjadi pengurangan kecepatan terukur di bagian bawah tiang atau sekitar 200 cm terbawah, dimana hal ini bisa terjadi akibat potensi adanya beton lemah (campuran beton dengan lumpur)



Gambar 4.1 Grafik Hasil Crosshole Sonic Logging (CSL)



Gambar 4.2 Grafik Hasil CSL Titik 2.A

#### 4.5 Hasil Pengujian PIT

Pengujian pada satu tiang dilakukan dengan beberapa kali pemukulan sampai diperoleh grafik uji yang konsisten.

Tabel 4.4 Hasil Uji PIT

No Tiang	Diskusi	Klasifikasi
P-10 BP-5	Terlihat adanya indikasi kenaikan impedansi di kedalaman ± 5-14 m (potensi akibat friksi tanah/ pembesaran tiang). Ujung tiang tidak terlihat jelas.	AB (No major defect indicated) @ 14 m

### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan mengenai daya dukung aksial pondasi tiang *bored pile* dan keutuhan tiang *bored pile* pada Jalan Layang/ *Fly Over* Kopo Bandung dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain:

- a. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung aksial menggunakan data SPT pada kedalaman 24 m menggunakan metode *Reese & Wright* didapat nilai daya dukung ultimate tiang bor P-10 BP-5 diantaranya:

M	Analisis
---	----------

	Daya Dukung Ujung Tiang (ton)	Daya Dukung Selimut (ton)	Daya Dukung Ultimit (ton)	Daya Dukung Ultimit Kelompok Tiang (ton)
SPT	49	1 101	1 151	12 512

b. Hasil pengujian *Pile Driving Analyzer* (PDA) pada P-10 BP-5

No Tiang	Hasil Analisis CAPWAP				PDA
	Daya Dukung				Daya Dukung
	End Bearing	Friksi	Ultimit	Group	
	(ton)	(ton)	(ton)	(mm)	
P-10 BP-5	79	1 338	1 418	15 427	929

c. Hasil pengujian *Pile Integrity Test* (PIT) pada tiang P-10 BP-5 menunjukkan bahwa terlihat adanya indikasi kenaikan impedansi di kedalaman  $\pm$  5-14 m (berpotensi diakibatkan oleh friksi tanah/ pembesaran tiang), lalu ujung tiang pun tidak terlihat jelas pada grafik gelombang yang tercatat. Namun dapat disimpulkan bahwa pondasi bor memiliki keutuhan (integritas) beton yang baik termasuk dalam klasifikasi *un-damage* dengan perincian sebagai berikut:

No Tiang	Diskusi	Klasifikasi
P-10 BP-5	Terlihat adanya indikasi kenaikan impedansi di kedalaman $\pm$ 5-14 m (potensi	AB (No major defect indicated) @ 14 m

	akibat friksi tanah/ pembesaran tiang). Ujung tiang tidak terlihat jelas.	
--	---	--

d. Hasil pengujian *Crosshole Sonic Logging* (CSL) pada tiang P-9 BP-14 menunjukkan bahwa integritas beton termasuk dalam klasifikasi *Good* (G). Dengan perincian sebagai berikut:

- Cepat rambat gelombang terukur yang relatif baik dan seragam pada badan tiang (Good (G)/ No signal distortion of good quality concrete)
- Pada seluruh trase terjadi pengurangan kecepatan terukur di bagian bawah tiang atau sekitar 200 cm terbawah, dimana hal ini bisa terjadi akibat potensi adanya beton lemah (campuran beton dengan lumpur).
- Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel pondasi bor memiliki keutuhan (integritas) beton yang baik
- Dari uraian diatas jelas bahwa uji *sonic logging* maupun uji PIT bukanlah uji kuantitatif tetapi merupakan uji kualitatif, artinya hasil uji tidak dapat secara langsung memberikan ukuran penampang, besarnya kerusakan dan jenis kerusakan/ kelainan secara akurat. Dalam hal memberikan kepastian terjadinya kerusakan pada kedalaman

tertentu, *sonic logging* lebih baik dari PIT. Namun karena sebelumnya harus dipasang pipa uji, unsur random menjadi agak sulit diterapkan, kecuali bila jumlah tiang yang dilengkapi dengan pipa uji cukup banyak dan ini berarto membuang biaya. Uji *sonic logging* juga tidak bisa mendeteksi adanya pembesaran penampang.

Walaupun uji *sonic logging* dapat menunjukkan kedalaman pengurangan penampang (kerusakan pada penampang tiang berupa kropos, adanya lumpur, dll), namun uji *sonic logging* tidak dapat menunjukkan adanya pembesaran penampang (*bulding*) pada tiang. Sebaliknya uji PIT mempunyai keunggulan dalam hal ini.

Dapat disimpulkan bahwa uji PIT dan *sonic logging* sangat baik dalam memeriksa keutuhan (integritas) penampang tiang, dan kedua uji tersebut dapat saling melengkapi satu sama lain.

### 5.2 Saran

- a. Melakukan studi dengan metode lain dalam perhitungan daya dukung berdasar SPT untuk mengetahui metode yang paling efektif dan efisien.
- b. Melakukan studi pada karakteristik tanah yang berbeda untuk mengetahui variasi setiap metode yang digunakan.
- c. Menambah jumlah lokasi tiang pengujian untuk mempermudah analisa hasil *Crosshole Sonic Logging* (CSL) dan

memperoleh dalam perbandingan dengan hasil *Pile Integrity Test* (PIT).

- d. Melakukan studi mengenai pengujian integritas tiang dengan metode yang berbeda. Mengingat studi mengenai integritas tiang pondasi masih sangat jarang dilakukan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Bowles, J. E. 1984, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban. Jilid II, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [2.] Das, Braja M. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) 1*, Jakarta: Erlangga 1995.
- [3.] Das, Braja M. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) 2*, Jakarta: Erlangga 1995.
- [4.] Das, Braja M. 2011, *Principles of Foundation Engineering*, SI Seventh Edition (repaired by Utan), Cengage Learning, Stamford.
- [5.] Interim, S. K. (n.d.). *Republik Indonesia Kementerian Pekerjaan Umum Crosshole Sonic Integrity Logging*. 27.
- [6.] Lrfd, A. (2004). *1583220064 Pedoman Pengujian Pondasi*. 1–78.
- [7.] Paso, E. (n.d.). *Mekanika Tanah Rekayasa Geoteknis ) Braja*.
- [8.] PT Yodya Karya (Pesero). (2017). *Review Desain Fly Over Kopo Provinsi Jawa Barat Jln. Soekarno Hatta, Bandung STA. 0+000-STA 1+765*. 2007.

## Seminar Nasional Rekayasa, Sains dan Teknologi

Prosiding | Vol 5 No 1 Tahun 2025

- [9.] Siregar, C. A. (2017). *Rekayasa Fundasi I. Bandung: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana–YPKP.*
- [10.] Siregar, C. A. (2017). *Mekanika Tanah II. Bandung: Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana–YPKP.*