

Analisis Pengendalian Mutu Fondasi Tiang Bor Berdasarkan Uji PDA dan Uji PIT

Dendi Yogaswara ^{[1]*}, Ranti Riyantini ^[1]

^{[1]*} Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Garut, Garut, 44151, Indonesia

Email: dendi.yogaswara@itg.ac.id *, 1911076@itg.ac.id

*) Correspondent Author

Received: 22 August 2023; **Revised:** 13 November 2023; **Accepted:** 26 January 2024

How to cited this article:

Yogaswara, D., Riyantini, R., (2025). Analisis Pengendalian Mutu Fondasi Tiang Bor Berdasarkan Uji PDA dan Uji PIT. Jurnal Teknik Sipil, 21(1), 32–47. <https://doi.org/10.28932/jts.v21i1.7345>

ABSTRAK

Fondasi tiang bor adalah elemen struktural penting, yang membutuhkan kontrol kualitas yang tepat, karena dibangun dengan pengecoran di tempat, sehingga sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dan metode implementasinya. Penelitian ini berfokus pada pengendalian mutu dalam konstruksi tiang bor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan perhitungan menggunakan data N-SPT dari Reese & Wright (1977), kapasitas dukung aksial tiang bor adalah 563,76 ton untuk titik BP103; 494,94 ton untuk titik BP17; dan 466,98 ton untuk titik BH94. Dengan pendekatan Reese & O'Neil (1989), kapasitas dukung aksial adalah 697,50 ton untuk titik BH103; 738,53 ton untuk titik BP17; dan 497,34 ton untuk titik BP94. Penelitian ini juga menghitung nilai resistansi lateral dengan menggunakan metode Broms, dengan nilai 56,58 ton tergantung pada kekakuan tiang. Analisis deformasi tiang di bawah beban juga dilakukan perhitungan dengan metode Vesic dan diperoleh nilai 0,020 m pada tiang bor tunggal, sedangkan penurunan yang diizinkan adalah 0,1 m. Pelaksanaan pekerjaan fondasi tiang bor menggunakan metode pengeboran kering. Berdasarkan uji lapangan PDA, nilai kapasitas dukung untuk tiang adalah 863 ton, 880 ton, dan 925 ton. Hasil uji PDA menunjukkan bahwa integritas *bored pile* di lapangan tidak mengalami kerusakan atau retakan, yang berarti implementasi di lokasi konstruksi sesuai dengan rencana yang telah disusun.

Kata kunci: Kapasitas Dukung, PDA, PIT, Fondasi Tiang Bor

ABSTRACT. *Quality Control Analysis of Bored Pile Foundation Based on PDA Test and PIT Test. The bored pile foundation is an important structural element, which requires proper quality control, as it is constructed by casting on-site, so it is strongly influenced by soil conditions and the method of implementation. This research focuses on quality control in bored pile construction. The calculations using N-SPT data from Reese and Wright (1977) show that bored piles can hold 563.76 tonnes of weight at point BP103; 494.94 tonnes at point BP17; and 466.98 tonnes at point BH94. Using the Reese & O'Neil (1989) approach, the axial bearing capacity was 697.50 tonnes for point BH103; 738.53 tonnes for point BP17; and 497.34 tonnes for point BP94. This study also calculated the lateral resistance value using the Broms method, with a value of 56.58 tonnes depending on the stiffness of the pile. We also calculated the deformation analysis of the pile under load using the Vesic method, yielding a value of 0.020 m for a single bored pile, with a permissible settlement of 0.1 m. We used the dry drilling method to carry out the bored pile foundation work. Based on the PDA field test, the bearing capacity values for the piles are 863 tonnes, 880 tonnes, and 925 tonnes. The PDA test results indicate that the integrity of the bored piles in the field remains intact, indicating that the construction site's implementation aligns with the prepared plan.*

Keywords: Bearing Capacity, PDA, PIT, Bored Pile Foundation

1. PENDAHULUAN

Fondasi *bored pile* adalah jenis fondasi yang dilakukan dengan pengecoran di lokasi (Nashrullah & Kurniawan, 2021), sehingga sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dan metode eksekusi yang dilakukan. Jika air tanah terlalu tinggi, maka dapat mempengaruhi kualitas beton, karena air dapat menurunkan kualitas beton (Aminullah, 2018). Kualitas beton dari fondasi *bored pile* tidak dapat dipastikan, keseragaman kualitas sepanjang tiang *bored pile* (Yonamastuti et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan pemantauan dan analisis mendalam agar tetap berkualitas tinggi saat ditanam di kedalaman yang sangat dalam. Kesalahan dalam metode pelaksanaan mengenai kondisi tanah dapat dengan mudah menyebabkan kerusakan pada fondasi *bored pile*. Oleh karena itu integritas dan daya dukung fondasi harus diperhitungkan untuk menjamin stabilitas bangunan terhadap beban dan gaya yang dapat mempengaruhinya.

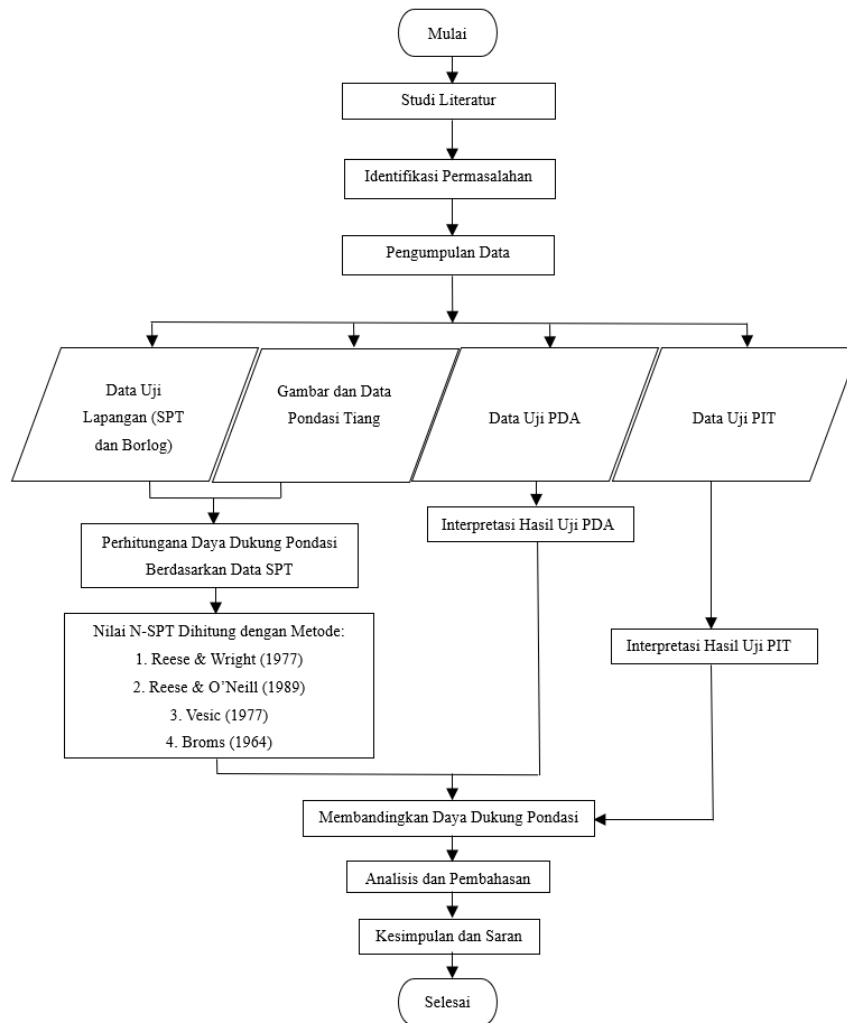
Metode perancangan fondasi secara empiris adalah metode perancangan yang menggunakan persamaan atau rumus pendekatan untuk merancang daya dukung fondasi (Fachrudin & Wiqoyah, 2022; Isnaeni et al., 2021). Persamaan untuk menghitung kapasitas beban aksial pada analisis *bored pile* kali ini menggunakan metode empiris Reese & Wright (1977) dan Reese & O'Neill (1989). Metode perancangan fondasi secara dinamik adalah metode perancangan yang menggunakan pengujian lapangan langsung untuk mengetahui daya dukung fondasi, seperti pengujian PDA (Kurnia et al., 2023).

Pada pengujian PDA dapat diketahui daya dukung dan keutuhan tiang fondasi, sedangkan pengujian PIT digunakan untuk menginterpretasikan dimensi dan integritas fondasi. Karena posisinya berada di dalam tanah, diperlukan alat yang dapat mendeteksi kerusakan tiang di dalam tanah, salah satu alat yang paling umum digunakan adalah *Pile Integrity Tester* (Hartanto et al., 2018). PIT adalah salah satu perangkat dengan metode non-destruktif atau uji non-destruktif (NDT), prinsip operasi yang menggunakan metode propagasi gelombang ultrasonik melalui medium. Setelah dilakukan pengendalian mutu sering kali tidak sesuai dengan rencana baik itu dimensi, integritas, maupun daya dukung. Untuk mendapatkan daya dukung yang sesuai, perlu membandingkan hasil metode empiris dari penghitungan daya dukung *bored pile* dengan hasil uji dinamis. Metode empiris yang digunakan adalah metode empiris Reese & Wright (1977) dan Reese & O'Neill (1989), metode Vesic untuk menghitung penurunan fondasi (Novia, 2021), serta metode *Broms* untuk menghitung daya dukung lateral tiang tunggal. Setelah di dapat hasil perhitungan daya dukung *bored pile* berdasarkan hasil metode empiris, selanjutnya dibandingkan dengan hasil uji dinamis yaitu hasil uji PDA dan hasil uji PIT.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif, kemudian ditujukan khusus pada metode pendekatan studi kasus, yaitu pengujian daya dukung fondasi tiang bor berdasarkan data SPT dengan instrumen pengendalian mutu yaitu pengujian PDA dan PIT.

2.1. Tahapan Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian yang harus dikerjakan adalah sebagai berikut: pertama, merumuskan permasalahan apa saja yang menjadi latar belakang penelitian. Langkah berikutnya adalah melakukan studi literatur berkaitan teori-teori dan pendapat para ahli yang relevan dengan topik yang akan diteliti. Tahapan berikutnya adalah melakukan pengumpulan data yang terdiri dari 4 (empat) data sekunder, yaitu data uji lapangan (SPT dan *Borlog*), gambar dan data fondasi *bored pile*, data uji PDA, serta data uji PIT. Data uji lapangan (SPT dan *Borlog*) diolah dengan 4 (empat) metode empiris untuk mendapatkan daya dukung fondasi *bored pile*, sedangkan gambar dan data fondasi *bored pile* digunakan untuk lebih mempermudah dalam proses perhitungan.

Interpretasi hasil pengujian daya dukung atau uji PDA berupa data gelombang yang akan diolah untuk mendapatkan daya dukung fondasi melalui sebuah aplikasi. Setelah selesai mengolah data dari hasil uji lapangan (SPT dan *Borlog*), gambar dan data fondasi *bored pile*, data uji PDA, dilakukan perbandingan daya dukung hasil pengujian PDA dan daya dukung dari data SPT tanah menggunakan metode tersebut. Setelah mendapatkan perbandingan selisih daya dukung (Q_u) dari hasil pengujian PDA dan dari hasil data SPT tanah, dianalisis hasil perbandingannya terdapat berapa selisih hasil daya dukungnya (Djarwanti et al., 2015). Setelah selesai menganalisis hasil perbandingan daya dukung dari hasil pengujian PDA dan daya dukung dari data SPT tanah dapat diperoleh kesimpulan akhir, yaitu berupa kesimpulan terhadap pertanyaan “Dari kedua metode empiris tersebut, manakah metode yang memiliki selisih terkecil dengan hasil daya dukung menggunakan PDA *test*?”.

Hasil tersebut dapat dibuat sebagai acuan dalam menentukan rumus empiris yang tepat dalam mendesain daya dukung fondasi tiang untuk karakteristik jenis tanah yang hampir sama dengan lokasi studi kasus di tempat lain. Interpretasi hasil pengujian PIT berupa data gelombang yang akan diolah untuk di analisis bagaimana keadaan integritas tiang di dalam tanah, yang akan menghasilkan kesimpulan berupa batasan mutu yang harus dicapai *bored pile*.

2.2. Lokasi Penelitian

Penelitian berlokasi di Jalan Pasteur No. 28, Pasteur, Kecamatan Sukajadi, Kota Bandung, Jawa Barat. Penelitian ini dilakukan terhadap pembangunan Gedung Fasilitas Pengembangan Produk Skala Pilot (Gedung No.34) dari PT. Bio Farma (Persero).



Gambar 2. Lokasi Penelitian

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Hasil Penyelidikan Tanah

Dalam penelitian ini, penyelidikan tanah berupa pengeboran inti dan data *Standard Penetration Test* (SPT). *Bored hole* di lokasi penelitian terdiri dari tiga titik, yaitu titik 1 (BH1), titik 2 (BH2), dan titik 3 (BH3). Berdasarkan data *probe*, profil jenis tanah di lokasi dapat diperoleh sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil SPT titik 1 (BH1)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N
2	Lempung lanauan, cokelat kehitaman, lunak ke teguh	5
4	Lempung lanauan, cokelat kehitaman, lunak ke teguh	5
6	Lempung lanauan, cokelat kehitaman, lunak ke teguh	3
8	Pasir sedang sedikit lempung dan lanau, cokelat kekuningan, padat	31
10	Pasir sedang, cokelat kehitaman, sangat padat, sedikit lempung	32
12	Pasir sedang, cokelat kehitaman, sangat padat, sedikit lempung	50
14	Pasir sedang lanauan, cokelat kehitaman, sangat padat	50
16	Pasir sedang lanauan, cokelat kehitaman, sangat padat	50
18	Pasir lanauan kerikilan, cokelat kehitaman, padat ke sangat padat	50
20	Pasir lanauan kerikilan, cokelat kehitaman, padat ke sangat padat	10
22	Pasir kasar lempungan sedikit lanau, hitam kecokelatan, sangat padat	50
24	Pasir kasar lempungan sedikit lanau, hitam kecokelatan, sangat padat	12
26	Pasir lempungan, cokelat kehitaman, sangat padat	50
28	Pasir lempungan, hitam keabuan, padat	42

Tabel 2. Hasil SPT titik 2 (BH2)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N
2	Lempung pasiran, cokelat kehitaman, lunak ke teguh	6
4	Lempung pasiran, cokelat kehitaman, lunak ke teguh	8
6	Lempung pasiran, cokelat kekuningan, lunak ke kaku	2
8	Lempung pasiran, cokelat kekuningan, lunak ke kaku	4
10	Lempung pasiran, cokelat kekuningan, lunak ke kaku	14
12	Pasir lanauan sedikit lempungan dan kerikil, cokelat kekuningan, padat ke sangat padat	45
14	Pasir lanauan sedikit lempungan dan kerikil, cokelat kekuningan, padat ke sangat padat	38
16	Pasir lanauan sedikit lempungan dan kerikil, hitam, padat ke sangat padat	42
18	Pasir lanauan sedikit lempungan dan kerikil, hitam, padat ke sangat padat	50
20	Pasir lanauan sedikit lempungan dan kerikil, hitam, padat ke sangat padat	19
22	Pasir lanauan sedikit lempungan dan kerikil, hitam, padat ke sangat padat	48
24	Pasir lempungan, hitam, padat sedang ke sangat padat, sisipan kerikil	35
26	Pasir lempungan, hitam, padat sedang ke sangat padat, sisipan kerikil	30

Tabel 3. Hasil SPT titik 3 (BH3)

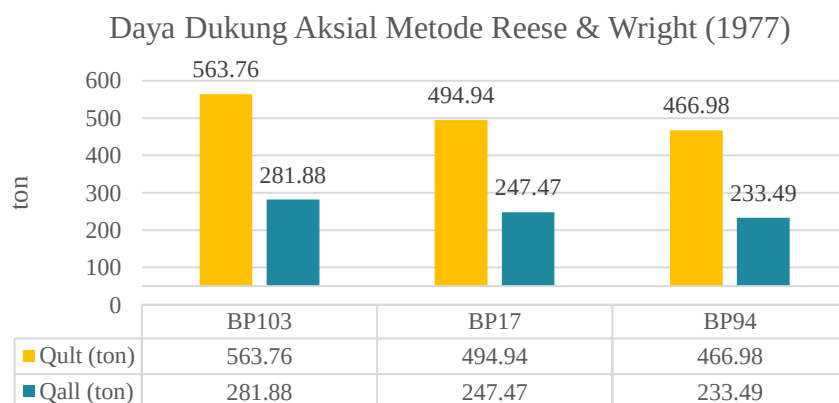
Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N
2	Lempung lanauan, cokelat kehitaman, lunak ke kaku	5
4	Lempung lanauan, cokelat kehitaman, lunak ke kaku	10
6	Lempung pasir, cokelat kekuningan, lunak ke sangat kaku	2
8	Lempung pasir, cokelat kekuningan, lunak ke sangat kaku	3
10	Lempung pasir, cokelat kekuningan, lunak ke sangat kaku	19
12	Lempung pasir, cokelat, keras ke sangat keras	39
14	Lempung pasir, cokelat, keras ke sangat keras	50
16	Pasir lanauan, hitam keabuan, padat ke sangat padat	38
18	Pasir lanauan, hitam keabuan, padat ke sangat padat	50
20	Pasir lanauan, hitam keabuan, padat ke sangat padat	38
22	Pasir kasar lempungan sedikit lanau, hitam kecokelatan, sangat padat	50
24	Pasir kasar lempungan sedikit lanau, hitam kecokelatan, sangat padat	42
26	Lempung, hitam kehijauan, keras	30

3.2. Daya Dukung *Bored Pile* Berdasarkan Data SPT

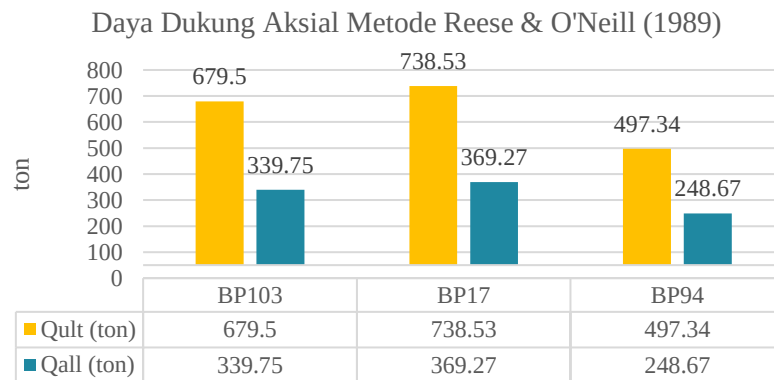
Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung aksial menggunakan data didapat nilai daya dukung *ultimate* tiang *bored pile* sebagai berikut:

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung Aksial

Metode	Titik	Panjang Tiang (m)	SF	Qult (ton)	Qall (ton)
Reese & Wright (1977)	BH1 (BP103)	28	2	563,76	281,88
	BH2 (BP17)	26	2	494,94	247,47
	BH3 (BP94)	26	2	466,98	233,49
Reese & O'Neill (1989)	BH1 (BP103)	28	2	679,50	339,75
	BH2 (BP17)	26	2	738,53	369,27
	BH3 (BP94)	26	2	497,34	248,67



Gambar 3. Daya Dukung *Bored Pile* Metode Reese & Wright (1977)



Gambar 4. Daya Dukung *Bored Pile* Metode Reese & O'Neill (1989)

Berdasarkan daya dukung yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4, diperoleh metode Reese & O'Neill (1989) menghasilkan nilai Qult yang lebih tinggi dibandingkan metode Reese & Wright (1977) untuk titik pengujian yang sama. Perbedaan hasil menunjukkan bahwa pemilihan metode perhitungan dapat mempengaruhi estimasi daya dukung fondasi. Pemilihan metode yang tepat harus didasarkan pada karakteristik tanah, kondisi lapangan, dan pertimbangan teknis lainnya.

3.3. Penurunan Fondasi

Apabila terjadi beban berlebih pada lapisan tanah, maka dapat mengakibatkan tegangan atau runtuhnya tanah. Penyebab regangan pada tanah bisa berupa perubahan komposisi tanah atau pengurangan ruang pori atau kandungan air dalam tanah.

$$Q = 800 \text{ Ton}$$

$$\alpha = 0.50$$

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

$$A_p = 0.7850 \text{ m}^2$$

$$p = 3.14 \text{ m}$$

$$L = 26 \text{ m}$$

$$E_p = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa} = 2625052,39 \text{ ton/m}^2$$

Rumus perhitungan penurunan tiang tunggal metode Vesic

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_b \cdot E_b} \quad (1)$$

Keterangan:

S = penurunan total kepala tiang.

D = Diameter tiang.

Q = Beban kerja menumpuk.

L = Panjang tiang.

Ab = Area kepala tiang bawah

Eb = Modulus elastisitas bahan tiang

$$S = \frac{1}{100} + \frac{800 \cdot 26}{0,7850 \cdot 2625051,39} = 0.02 \text{ m}$$

Jadi penurunan yang terjadi pada kedalaman tiang 26 m berdasarkan persamaan *Vesic* sebesar 0.02 m.

3.4. Penurunan Izin Tiang

Penurunan yang diizinkan tergantung pada sejumlah faktor yang meliputi jenis bangunan, tinggi, kekuatan dan fungsi, serta ukuran dan kecepatan serta distribusi lokasi. Semakin lambat penurunannya, semakin besar kemungkinan strukturnya akan beradaptasi dengan penurunan tanah, yang akan terjadi tanpa pengaruh rangkai penyebab kerusakan strukturnya. Oleh karena itu, pada tanah berpasir dan tanah lempung, kriteria untuk mengurangi penurunan fondasinya berbeda. Persyaratan untuk membandingkan penurunan yang aman adalah sebagai berikut:

$$S_{\text{total}} \leq S_{\text{ijin}}$$

$$S_{\text{ijin}} = 10\%.D \quad (2)$$

$$= 10\% \times 1 = 0.1 \text{ m}$$

3.5. Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal Metode *Broms*

Gaya lateral yang diterima oleh tiang bergantung pada karakteristik struktur bangunan. Gaya lateral ini ditransfer ke kolom paling bawah dari struktur atas dan diteruskan ke grup tiang di bawahnya. Cara menghitung ini melibatkan penggunaan grafik tekanan tanah yang disederhanakan, dengan asumsi bahwa nilainya stabil sepanjang kedalaman tiang atau bahwa tahanan tanah mencapai titik tetap. Data yang digunakan dalam perhitungan ini adalah sebagai berikut:

Panjang tiang (L) = 2600 cm

Dimensi tiang (D) = 100 cm

Jarak horizontal diatas tanah (e) = 0

Momen inersia tiang (I_p) = $1/4 \times 3.14 \times (1/2 \times 100)^4 = 4906250 \text{ cm}^4$

Mutu Beton tiang (f'_c) = 30 Mpa = 305.9 kg/cm²

Modulus Elastis tiang (E_p) = $4700 \cdot \sqrt{30} = 25742,96 \text{ Mpa} = 2625052,39 \text{ ton/m}^2$

Kuat lentur beban tiang ($\sigma_{lt}/(f_b)$) = $0.4 \times f'_c = 0.4 \times 305.9 = 122,37 \text{ kg/cm}^2$

Nilai kohesi rata-rata (c_u) = 4.81 ton/m² = 0.488 kg/cm²

Dipakai $K_1 = 2,7 \text{ kg/cm}^3$

1. Menentukan Tiang Panjang atau Tiang Pendek

$$\beta = \left(\frac{kh \cdot d}{4 \cdot E_p \cdot I_p} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (3)$$

$$Kh = \left(\frac{k_1}{1,5} \right) = \left(\frac{2,7}{1,5} \right) = 1,8 \text{ kg/cm}^2 \quad (4)$$

$$\beta = \left(\frac{1,8 \cdot 100}{4 \cdot 2625052,39 \cdot 4906250} \right)^{\frac{1}{4}} = 0,00243 \text{ cm}$$

$$\beta L = 0,00243 \times 26000 = 6,318$$

Penentuan tiang panjang atau pendek:

- Tiang ujung bebas berperilaku seperti tiang pendek $\beta L < 1.5$
- Tiang ujung jepit berperilaku seperti tiang pendek $\beta L < 0.5$
- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

Berdasarkan persyaratan diatas berarti tiang termasuk dalam:

- Tiang ujung bebas dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 2.5$
- Tiang ujung jepit dianggap seperti tiang panjang $\beta L > 1.5$

2. Mencari Nilai M-max Tiang, Momen Tahanan

$$FONDASI = \frac{IP}{d/2} = \frac{4906250}{100/2} = 98125 \text{ cm}^3 \quad (5)$$

Momen Maksimum tiang

$$(My) = Fb \cdot FONDASI = 122,37 \times 98125 = 12007158,41 \text{ kg.cm} \quad (6)$$

3. Menentukan Nilai Hu

$$F = \frac{Hu}{9.Cu.d} \quad (7)$$

$$= \frac{Hu}{9 \cdot 0.488 \cdot 100}$$

$$= \frac{Hu}{439.48} = Hu \times \frac{1}{439.48} = 0,0023 \times Hu$$

$$Hu = \frac{My}{e + 3 \cdot \frac{d}{2} + \frac{1}{2}f} \quad (8)$$

$$= \frac{12007158.41}{0 + 3 \cdot \frac{100}{2} + \frac{1}{2} \cdot 0,0023 \times Hu}$$

$$Hu (150 + 0.0011 \times Hu) = 12007158,41$$

$$150 \times Hu + 0.0011 \times Hu^2 - 12007158,41 = 0$$

$$\frac{0.0011 \times Hu + 150 \times Hu - 12007158,41}{0,0011} = 0$$

Perhitungan nilai Hu, menggunakan rumus abc (akar persamaan kuadrat):

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (9)$$

$$Hu1 = \frac{-150 + \sqrt{75331,497}}{0,002}$$

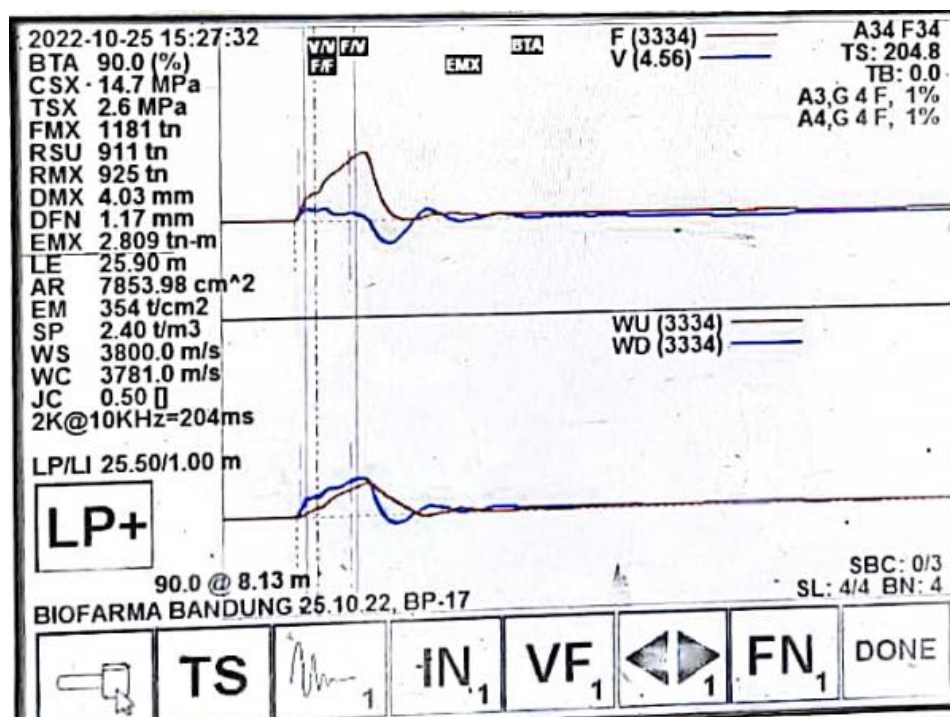
$$= 56575,38 \text{ kg} = 56,58 \text{ ton (Nilai Hu yang digunakan)}$$

$$Hu2 = \frac{-150 - \sqrt{75331,497}}{0,002}$$

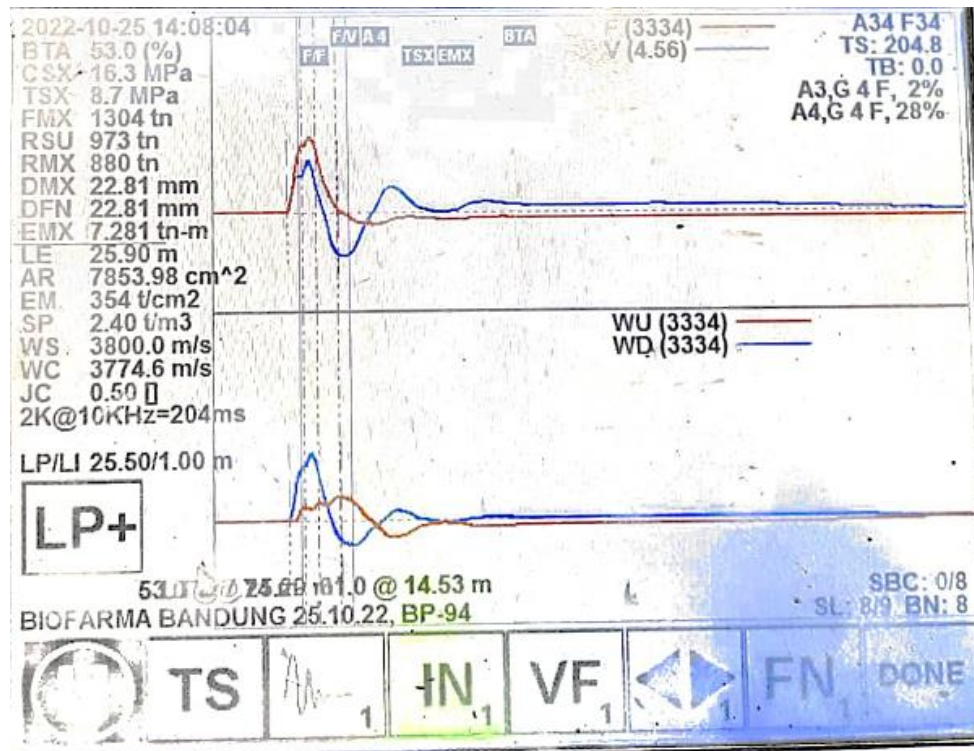
$$= -192939,02 \text{ kg} = -192.94 \text{ ton}$$

3.6. Interpretasi Hasil Uji PDA

Fondasi *bored pile* yang diuji memiliki panjang tiang 26 m dan berdiameter 100 cm dengan mutu beton $f_c' = 30$ Mpa. *Bored pile* titik 17 dan 94 diuji pada kedalaman 25,9 meter menggunakan metode uji PDA mengacu pada standar ASTM D-4945-1996. Gambar 5 merupakan hasil uji beban dinamis fondasi *bored pile* titik 17 yang menunjukkan daya dukung fondasi (RMX) 925 ton, grafik F (merah) ke atas dan grafik V (biru) ke bawah, berdasarkan grafik, kondisi tiang pancang baik dan aman. Sedangkan untuk fondasi *bored pile* titik 94 pada Gambar 6 menunjukkan daya dukung (RMX) fondasi 880 ton, grafik F (merah) atas, grafik V (biru) bawah, yang berarti fondasi dalam kondisi baik atau tidak mengalami kerusakan.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian PDA BP17



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian PDA BP94

Tabel 5. Hasil Daya Dukung Pengujian PDA

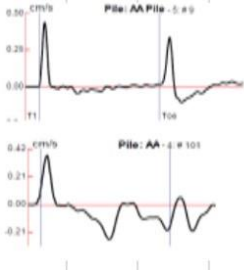
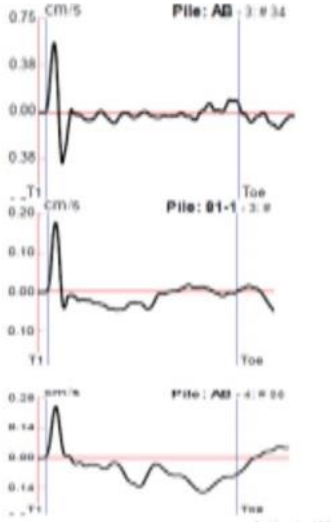
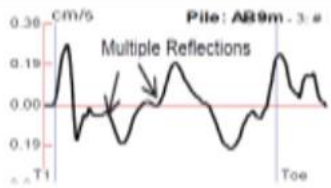
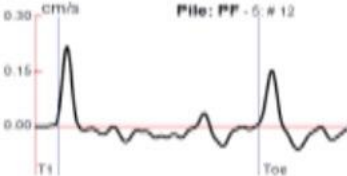
No. Tiang <i>Bored pile</i>	Qult (ton)
BP103	863
BP17	925
BP94	880

Daya dukung hasil pengujian PDA lebih besar dari pada daya dukung hasil pengujian SPT hal tersebut menunjukkan bahwa fondasi aman digunakan.

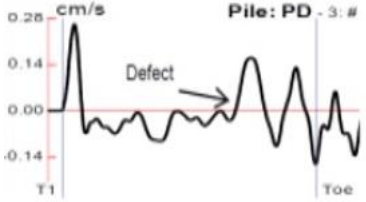
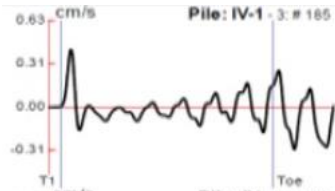
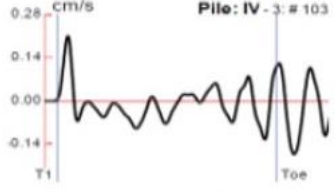
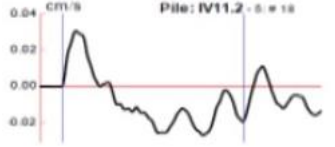
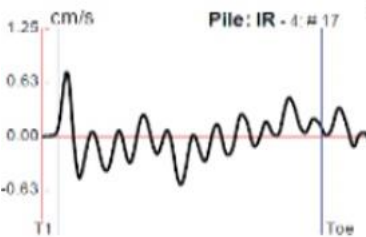
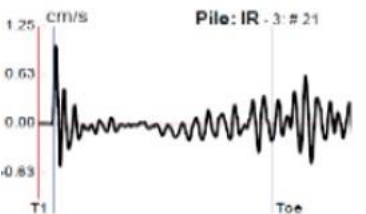
3.6 Interpretasi Hasil Uji PIT

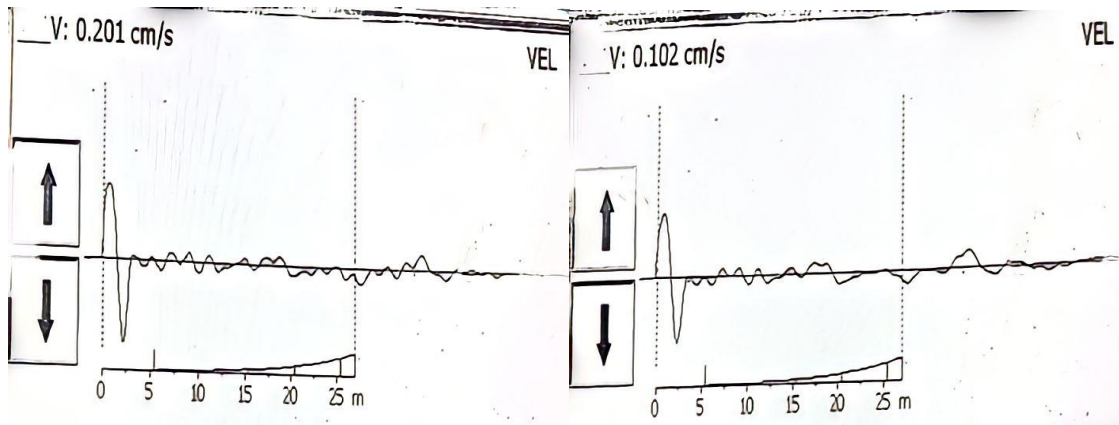
Pada metode ini terdapat 6 klasifikasi hasil pengujian. Klasifikasi pertama adalah silinder dalam kondisi baik (AA). Kategori kedua adalah kolom dengan kondisi cukup baik (AB). Kategori ketiga adalah tiang dalam kondisi baik dengan kedalaman x (m) (ABx). Dalam kategori inilah seseorang dapat mengklasifikasikan bahwa tiang dalam kondisi baik hingga kedalaman tertentu. Kategori keempat adalah tiang pancang rusak ringan pada kedalaman x (m) (PFx). Kategori kelima adalah tiang keadaan putus (PDx). Kerusakan pada kategori ini lebih kompleks daripada kategori sebelumnya. Kategori terakhir adalah hasil pengujian pada tiang tidak dapat diinterpretasikan karena terdapat kesalahan (IVx dan IR).

Tabel 6. Klasifikasi Pengujian PIT (Afriantoro, 2019)

Bentuk Grafik	Metode Lama (1979) (Reusche, F dan Goble, GG)	Metode Baru (2011) Webster, K; Reusche, F; dan Webster, S)
	Undamaged	AA
	-	AB
	-	ABx
	Slight damaged - Damaged	PFx

Tabel 6. Klasifikasi Pengujian PIT (Afriantoro, 2019) (*Lanjutan*)

Bentuk Grafik	Metode Lama (1979) (Reusche, F dan Goble, GG)	Metode Baru (2011) Webster, K; Reusche, F; dan Webster, S)
	Broken	PDx
	-	IVx
	-	IVx
	-	IVx
	-	IR
	-	IR



Gambar 7. Hasil Pengujian PIT

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian PIT pada tiang bor berdiameter 100 cm dengan kedalaman 26 m. Hasil interpretasi uji PIT dapat diklasifikasikan dalam kategori kedua yaitu kolom dalam kondisi agak baik (AB). Dalam kasus tiang pancang, penampang diperpanjang hingga kedalaman sekitar 2,5 m. Namun, pantulan gelombang dalam arah yang berlawanan dengan gelombang asli (gelombang datang) tidak terulang di bagian gelombang berikutnya. Hal seperti ini menunjukkan ekspansi yang tidak terlalu signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa tiang dalam kondisi sedikit baik hingga kedalaman 26 m dan tidak ada kecacatan pada tiang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan, analisis, dan pembahasan, maka kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Perhitungan peninjauan ulang fondasi sehubungan dengan analisis daya dukung fondasi *bored pile* berdasarkan hasil uji lapangan yaitu SPT, dapat ditarik kesimpulan berdasarkan perhitungan daya dukung aksial tiang metode Reese & Wright (1977) pada titik BP103 sebesar 563,76 ton; titik BP17 sebesar 494,94 ton; dan BH94 sebesar 466,98 ton. Sedangkan dengan metode Reese & O'Neil (1989) pada titik BH103 sebesar 697,50 ton; titik BP17 sebesar 738,53 ton; dan titik BP94 sebesar 497,34 ton. Kapasitas berdaya dukung *ultimate* terbesar berdasarkan uji SPT diperoleh dengan perhitungan oleh Reese & O'Neil (1989).
2. Nilai tahanan lateral yang dihitung dengan metode *Broms* sebesar 56,58 ton berdasarkan kekakuan tiang.
3. Perhitungan penurunan tiang beban seragam dengan perhitungan *Vesic* diperoleh nilai 0,020 m pada tiang bor tunggal, sedangkan turunan yang diizinkan adalah 0,1 m. Hasil penurunan tiang tersebut dinyatakan aman.

4. Dengan menguji langsung *bored pile* menggunakan uji PDA, daya dukung menghasilkan nilai yang lebih besar daripada daya dukung dengan analisis data SPT. Hasil pengujian PDA pada titik BP103 sebesar 863 ton; titik BP17 sebesar 925 ton dan BH94 sebesar 880 ton. Hal ini menunjukkan bahwa fondasi aman digunakan atau memenuhi nilai perencanaan karena hasil daya dukungnya lebih besar daripada daya dukung pengujian SPT.
5. Hasil interpretasi uji PIT dapat diklasifikasikan dalam kategori kedua yaitu kolom dalam kondisi agak baik (AB). Dalam kasus ini, penampang mengalami pembesaran pada kedalaman sekitar 2,5 m. Namun, pantulan gelombang dalam arah yang berlawanan dengan gelombang asli (gelombang datang) tidak terulang di bagian gelombang berikutnya. Hal seperti ini menunjukkan ekspansi yang tidak terlalu signifikan, sehingga dapat disimpulkan bahwa tiang dalam kondisi sedikit baik hingga kedalaman 26 m dan tidak ada kecacatan pada tiang.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Afriantoro, S. R. (2019a). Integrasi Hasil Uji Pile Integrity Test Pada Fondasi Tiang Bor. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 1(2). <https://doi.org/10.25105/psia.v1i2.6611>
- Afriantoro, S. R. (2019b, September 5). Integrasi Hasil Uji Pile Integrity Test Pada Fondasi Tiang Bor. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*. <https://doi.org/10.25105/psia.v1i2.6611>
- Aminullah. (2018). Pengaruh Genangan Air Terhadap Pengeoran Beton In-Situ. *INERSIA: LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 14(2), 158–168. <https://doi.org/10.21831/inersia.v14i2.22538>
- Djarwanti, N., H.I Dananjaya, R. H., & Arganata, O. F. (2015). Korelasi Daya Dukung Pondasi Tiang Bor dengan Metode Reese and O'Neill terhadap Metode Terzaghi and Peck Berdasarkan Hasil Uji SPT. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 775–781.
- Fachrudin, M. A. M., & Wiqoyah, Q. (2022). *Perbandingan Daya Dukung Fondasi Bored Pile Metode Reese & Wright Dan Program Geo5 Pada Perencanaan Gedung Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Surakarta* [Universitas Muhammadiyah Surakarta]. <https://doi.org/https://eprints.ums.ac.id/105997/16/Naskah%20Publikasi.pdf>
- Hartanto, A., Mochta, I. B., & Lastiasih, Y. (2018). Perbandingan Pondasi Bangunan Bertingkat untuk Pondasi Dangkal dengan Variasi Perbaikan Tanah dan Pondasi dalam Studi Kasus Pertokoan di Pakuwon City Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1).
- Isnaeni, D. R., Wahyudi, H., & Kumala Sari, P. T. (2021). Perencanaan Pondasi Bored Pile dan Secant Pile pada Basement Sebagai Alternatif Perencanaan Eksisting di Apartemen Tamansari Emerald Citraland Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v9i2.52696>

- Kurnia, Z., Muhammad Riza, & Vitta Pratiwi. (2023). Pendekatan Metode Broms Terhadap Metode P-Y Curve Pada Analisis Kapasitas Dukung Lateral Pondasi Tiang. *Jurnal Teknik Sipil*, 174–180. <https://doi.org/10.24002/jts.v17i3.7703>
- Nashrullah, I., & Kurniawan, A. (2021). *Evaluasi Pekerjaan Pondasi Bored Pile pada Pembangunan Gedung SGLC (Smart and Green Learning Center) dan Gedung ERIC (Engineering Research and Innovation Center)*. Universitas Gadjah Mada.
- Novia, A. (2021). *Daya Dukung Menurut Vesic*. [Htpps://Fondasi.Scribd.Com/Document/510862014/Daya-Dukung-Menurut-Vesic](https://Fondasi.Scribd.Com/Document/510862014/Daya-Dukung-Menurut-Vesic).
- Yonamastuti, E., Naufal, M. A., & Santoso, H. T. (2022). Evaluasi Pemeriksaan Integritas Beton Pondasi Bored Pile Berdasarkan Uji PIT (Pile Integrity Test) Dan Uji CSL (Crosshole Sonic Logging). *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 6(1), 53–66. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v6i1.65109>