DOI: https://doi.org/10.62017/merdeka

# Penerapan Metode PIT (*Pile Integrity Test)* Untuk Mengetahui Kualitas Bore Pile Pada Jembatan Bagor

**Muhammad Rizky Bagasnanta *[1]**
**Nia Dwi Puspitasari [2]**

[1,2] Program Studi Teknik, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia
*e-mail: 21035010098@student.upnjatim.ac.id[1]

***Abstrak***

*Pondasi borepile dibuat dengan cor di tempat (cast in-situ) sesuai dengan kedalaman rencana. Karena integritas beton pondasi bor tertanam di dalam lubang bor, tidak mungkin untuk mengontrol kualitas pekerjaan pengecoran secara visual. Akibatnya, untuk mengetahui integritas beton pondasi bor, metode uji non-destructive Pile Integrity Test (PIT) digunakan. Penelitian ini mengambil sampel enam tiang bor dengan diameter 800 mm dan kedalaman 30 m di proyek penggantian jembatan bagor di Situbondo, Jawa Timur, untuk menentukan integritas beton pondasi bor dengan metode PIT. Hasil pengujian PIT yang dilakukan pada kelima tiang uji menunjukkan bahwa integritas beton tiang tersebut berada dalam kategori aman dan satu tiang berada dalam keadaan pengecilan dan adanya retakan pada kedalaman 15m.*
***Kata kunci**: Pile Integrity Test (PIT), Pondasi borepile, Jembatan*

***Abstract***

*Bored piles are made by casting in-situ according to the planned depth. Due to the integrity of the drilled foundation concrete embedded in the drilled hole, it is impossible to visually control the quality of the casting work. Consequently, to determine the integrity of the drilled foundation concrete, the non-destructive Pile Integrity Test (PIT) test method is used. This research took samples of six drilled piles with a diameter of 800 mm and a depth of 30 m at the Bagor bridge replacement project in Situbondo, East Java, to determine the integrity of the drilled foundation concrete using the PIT method. The results of the PIT test carried out on the five test piles showed that the concrete integrity of the piles was in the safe category and one pile was in a shrinking state and had cracks at a depth of 15m.*

***Keywords**: Pile Integrity Test (PIT), Bore pile foundation, Bridge*

## PENDAHULUAN

Jembatan adalah salah satu prasanara yang sangat berpengaruh dalam menghubungkan daerah yang tepisah oleh lembah dan sungai.Selain menjadi penghubung dua daerah , jembatan dapat memperlancar perpindahan komoditas maupun teknologi yang sesuai dengan salah satu tujuan SDGS 17 (*Sustainable Development Goals 17)* yaitu menguatkan kemitraan global, dan mendorong pertumbuhan ekonomi(Ngoya, 2015).

Jembatan bagor yang terletak Jl. Pemuda, Desa Kotakan, Kec. Situbondo Provinsi Jawa Timur menggunakan jembatan tipe rangka truss yang memiliki bentag hingga 60m dan lebar bentang sebesar 9m dengan struktur bawah bangunan jembatan menggunakan 24 borepile ukuran 80 cm dengan 12 borepile untuk setiap abutmen.

DOI: https://doi.org/10.62017/merdeka

*Gambar 1. Lokasi proyek penggantian jembatan*

Pondasi sebagai pendukung utama dalam sebuah konstruksi jembatan yang berfungsi dalam meneruskan beban struktur atas ke bagian struktur bawah. Pondasi pada setiap bangunan konstruksi harus dapat direncanakan berdasarkan daya dukung tanah, jenis tanah, dan kekuatan pondasi itu menahan beban. Pentingnya struktur pondasi terapkali tidak diimbangi oleh metode pelaksanaan yang benar akan berakibat terjadinya kerusakan pada struktur pondasi(Sagita & Fahriani, 2020). Struktur pondasi yang memiliki kerusakan dapat mengakibatkan terjadinya keruntuhan daya dukung. Keruntuhan daya dukung adalah kondisi pondasi yang mengalami penurunan yang besar akibat bebat yang tahan melebihi daya dukung tanah.

Bore pile adalah jenis jenis pondasi dalam yang berbentuk tabung, yaitu berfungsi meneruskan beban struktur bangunan diatasnya dari permukaan tanah sampai lapisan tanah keras di bawahnya. Jasa pelaksanaan pondasi bore pile diawali dari pembuatan lubang di tanah dengan cara tanah di bor terlebih dahulu kemudian penginstalan besi tulangan ke dalam lubang yang dilanjutkan dengan pengecoran bore pile dengan tremi. Konstruksi pondasi borepile dapat mengalami beberapa macam kerusakan strukur berupa penyusutan beton, tercampurnya beton dengan tanah, pengecilan penampang akibat runtuhnya tanah dan lain-lain(Neill, n.d.).

Struktur pondasi yang mengalami kerusakan dikarenakan beberapa kondisi alam ataupun proses pelaksanaan yang tidak sesuai prosedur dapat dilakukan pengujian dan penyelidikan khusus menggunakan inspeksi visual dan penyelidikan khusus dengan metode berikut:

a. NDT *(Non- Destructive Test),* adalah pengujian tanpa merusak objek material inspeksi. Pengujian ini agar kondisi material tidak menerima kerusakan dan tidak ada perubahan material.
b. DT *(Destructive Test)* adalah pengujian yang bertujuan utnuk melihat performa maksimal dari suatu material benda uji dengan cara memberikan aktifitas yang menghancurkan benda uji tersebut(Sipil et al., 2024).

Pile Integrity Test (PIT) merupakan metode yang bersifat NDT *(Non- Destructive Test)* atau metode yang tidak merusak keutuhan tiang , dengan metode PIT ini dapat mengetahui panjang tiang tertanam dan juga kerusakan yang terjadi pada tiang yang tertanam(Satrio Racadia Afriantoro[1], 2019). *low strain dynamic test* adalah pengujian *Non- Destructive Test* yang memiliki dampak regangan rendah yang digunakan untuk memeriksa kerusakan tiang karena metode ini menghasilkan strain yang rendah ketika palu tangan (hammer) dipukulkan pada kepala tiang(Rausche & Ren-kung, n.d.).

Prinsip dalam pengujian PIT adalah menggunakan anlisa kecepatan rambat gelombang pada suatu media. Gelombang yang dihasilkan akan merambat dari permukaan atas tiang hingga ke dasar tiang lalu pantulkan kembali keatas yang akan menghasikan kondisi aktual pada pondasi borepile.

Peralatan yang digunakan dalam uji PIT meliputi : (a) palu genggam khusus, (b) akseleromater pesisis tinggi yang terhubung ke perangkat komputer yang dilengkapi dengan penyesuai,penguat dan pendigitasian sinyal, dan (c) alat perekam data(Tl, 2022).

DOI: https://doi.org/10.62017/merdeka

Dari 441 tiang yang diuji di beberapa proyek di Carolina Selatan, sekitar 75% dari proyek memiliki setidaknya satu tiang yang mengandung anomali, dan 33% dari semua tiang yang diuji mengandung setidaknya satu anomali. Kontrol kualitas konstruksi tiang adalah faktor paling penting karena cacat pada integritas cor in-situ tiang dapat mempengaruhi kapasitas dan kemampuan untuk menyalurkan beban desain. Beberapa teknik saat ini digunakan untuk melakukan tes pondasi non-rusak (NDT) dalam(Juandra Hartono, Muh Saleh, 2021).

**METODE**

Penelitian ini diawali oleh dengan mengumpulkan data pondasi bore pile dan juga data studi literatur yang mendukung mengenai pengujian PIT. Data yang dikumpulkan berupa data tanah, data perencanaan bore pile , data bor log dan data hasil pengujian PIT pada proyek penggantian jembatan bagor. Test integritas pada bore pile menggunakan metode PIT menggunakan alat untuk menganalisis pantulan gelombang yang dihasilkan oleh palu yang dipukul ke kepala tiang bore pile. Alat pembaca pantulan cepat rambat akan dipasang diatas kepala bore pile yang sudah diratakan akan membaca pantulan pada ujung bore pile. Kecepatan pantulan pada material beton sekitar 3800 m/s. Kecepatan rambat gelombang tergantung kepada berbagai faktor, namun ada kemungkinan kecepatan rambat yang sebenarnya mungkin berbeda sebesar 10% (Cv, 2024).

klasifikasi hasil pengujian integtitas

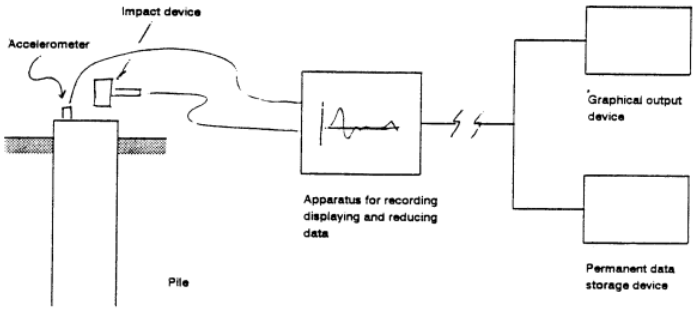
*Tabel 1 Klasifikasi Hasil PIT*

| Klasifiaksi | Keterangan |
|---|---|
| AA | Tiang dalam kondisi bagus, pantulan ujung terlihat jelas tanpa ada pantulan lain. |
| AB | Tidak ada indikasi kerusakan mayor. Data tidak memperlihatkan adanya pantulan sepanjang asumsi panjanga tiang. |
| ABx | Tidak ada indikasi kerusakan utama hingga kedalaman x, hal ini disebabkan oleh adanya abatasan dari uji PIT sehigga gelombang hanya dapat merambat hingga kedalaman tertentu. |
| PFx | Indikasi adanya kerusakan minor sekitar kedalaman x |
| PDx | Indikasi adanya kerusakan mayor sekitar kedalaman x |
| IVx | Data tidak dapat dianalisa pada kedalaman dibawah x. |
| IR | Data sama sekali tidak dapat dianalisa |

langkah pengujian integritas tiang dengan PIT sesuai standar ASTM D-5882, yaitu:

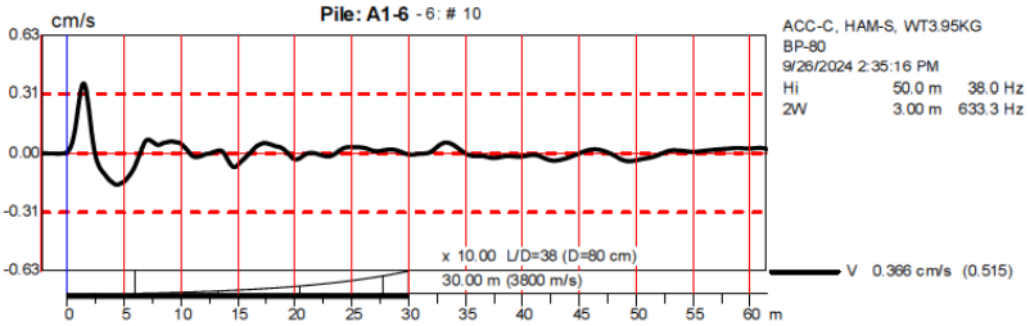
a. Untuk mempersiapkan beton untuk cor di lokasi, pengujian harus dilakukan pada beton yang telah berusia setidaknya tujuh hari atau setelah mencapai kekuatan sebesar 75% dari desain. Pastikan permukaan kepala tiang bersih dan dapat diakses. Jika diperlukan, gerinda permukaan tiang sehingga halus. Tempatkan sensor accelerometer jauh dari sisi kepala tiang. Tiga lokasi penempelan sensor diperlukan untuk tiang berukuran lebih dari 500 mm. Tempatkan alat pemukul (palu pemukul) dengan tiang tegak dan accelerometer tidak lebih dari 300 mm darinya.
b. Selama pengujian, data berikut harus dicatat: (1) panjang dan diameter tiang; (2) tanggal pengecoran; (3) geometri yang dibuat sebelumnya (seperti volume beton, besi tulangan, atau casing permanen atau sementara); (4) data tanah; (5) lokasi transducer; dan (6) tanggal pengujian.
c. Pengujian: Rekam setiap pukulan, atau rata-ratanya. Selama pemukulan, dia melacak gaya dan kecepatan pukulan untuk mendapatkan informasi yang konsisten. Pukulan yang seragam mempengaruhi data yang konsisten; sistem transducer bekerja dengan baik; sensor accelerometer terpasang dengan baik; dan perangkat komputer PIT bekerja dengan baik.(Global et al., 2000).

DOI: https://doi.org/10.62017/merdeka




*Gambar 2. Pengujian PIT*

hasil pengujian berupa grafik valocity kemudian diperiksa untuk mendeteksi pantulan yang cukup besar sebagai indikasi perubahan impedensi tiang.



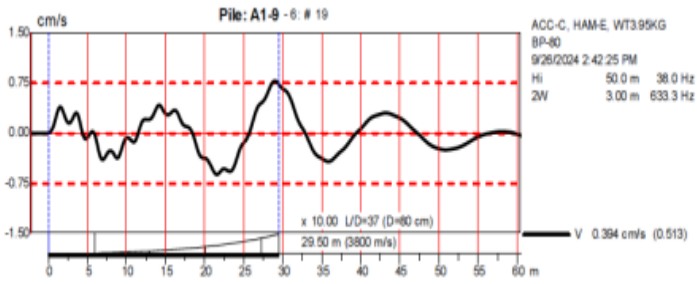

*Gambar 3. Hasil Analisa PIT*

Hasil dari pengujian PIT dalam bentuk sinyal yang diterima komputer bisa dijelaskan sebagai berikut:

a. Jika tidak ada pantulan gelombang, maka tiang yang diuji terlalu panjang atau redaman tanah terlalu besar
b. Jika pada grafik menunjukan interval pantulan yang berulang yang sama, maka bisa dianggap bahwa pada tiang uji terdapat retakan.
c. Jika grafik menunjukan gelombang yang di pantulkan hanya sekali, maka terjadi perubahan besar akibat pantulan dari ujung tiang, perubahan bentuk tiang dan perubahan lapisan tanah
d. Jika terjadi beberapa pantulan yang tidak beraturan sehingga dibutuhkan anlisis yang lebih mendalam.

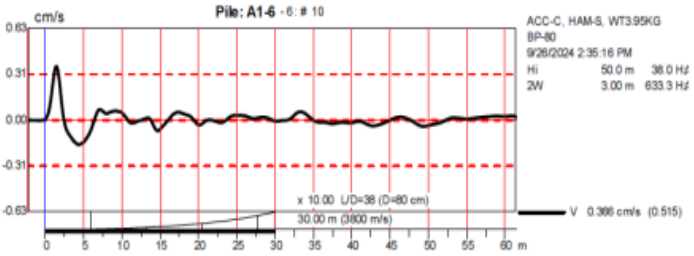
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui integritas sebuah tiang bore pile, telah dilakukan pengujian dengan metode PIT (*pile integrity test* ) yang bersifat tidak merusak, pengujian dilakukan sebanyak 6 tiang dengan masing-masing 3 tiang di setiap abutmen. Berikut merupakan hasil dari pengetesan borepile pada ke 6 titik




*Gambar 4. Hasil Analisa PIT a*

DOI: https://doi.org/10.62017/merdeka




*Gambar 5. Hasil Analisa PIT b*

Pada gambar nenunjukan hasil pengujian PIT dengan (panjang 30 m dan diameter 80 cm). Terlihat pada gambar a terdapat pantulan gelombang yang besar pada kedalaman 15 m ,yang berarti adanya kerusakan pada kedalaman 15 m, berbeda dengan kondisis gambar b yang memilik gelombang diawal dan gelombang kecil yang stabil ,dapat di simpulkan jika berarti gambar b tidak terjadi kerusakan dan termasuk dalam tiang yang bagus.

Pada hasil pengujian tidak menunjukan adanya pantulan diujung tiang, dalam hal ini dapat diasumsikan bahwa kondisi tanah pada kedalaman tertentu berupa tanah yang keras atau batuan keras yang memiliki kepadatan sepadat matrial beton. Sehingga diperlukan adanya penyelidikan dari data pengeboran untuk memvalidasi kemungkinan adanya tanah keras.

*Tabel 2. Hasil Borelog Abutmen 1*

| Titik bor | Kedalaman | Jenis tanah | N-SPT | Kategori Tanah |
|---|---|---|---|---|
| HB-1 | 0-2 | Lanau, coklat | 10 | Lepas |
| | 2-8 | Cadas, coklat | 60 | Sangat padat |
| | 8-9 | Pasir, hitam | 60 | Sangat padat |
| | 9-11 | Pasir kelanau, coklat | 60 | Sangat padat |
| | 11-12 | Lanau kelempungan, coklat | 60 | Sangat padat |
| | 12-13 | Cadas kelanauan, coklat | 60 | Sangat padat |
| | 13-19 | Cadas kelanuan, coklat | 17 | Padat |
| | 19-30 | Pasir kelanauan, coklat hitam | 60 | Sangat padat |

*Tabel 3. Hasil Borelog Abutmen 2*

| Titik bor | Kedalaman | Jenis tanah | N-SPT | Kategori Tanah |
|---|---|---|---|---|
| Hb-2 | 0-2 | Lanau kelempungan, coklat | 10 | Lepas |
| | 2-9 | Cadas kelanauan, coklat | 60 | Sangat padat |

DOI: https://doi.org/10.62017/merdeka

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9-13 | Pasir, coklat hitam | 17 | Sedang |
| 13-15 | Cadas kelanauan, cokla | 16 | Sedang |
| 15-17 | Cadas kelanauan, abu-abu hitam | 33 | Padat |
| 17-18 | Cadas berbatu, abu-abu hitam | 41 | Padat |
| 18-21 | Cadas kelanauan, coklat | 16 | Sedang |
| 21-30 | Cadas kelanauan, coklat hitam | 60 | Sangat padat |

Pada tabel bor log menunjukan nilai SPT di sekitar lokasi bore pile, didapatkan adanya tanah keras pada kedalaman 30 m. Sehigga dapat disimpulkan bahwa borepile pada titik 30 m bertumpu pada tanah keras dengan kepadatan yang menyamai karakteristik material bore pile itu sendiri yang menyebabkan ujung tiang tidak dapat terdeteksi adanya pantulan.

*Tabel 4. Hasil PIT*

| No. Tiang | Diameter (cm) | Panjang borepile | Klasifikasi | Hasil analisa |
|---|---|---|---|---|
| A1-1 | 80 | 29,5 | $AB_4$ | Adanya perubahan impedansi berupa pembesaran di kedalaman 4 m dan tidak menunjukan kerusakan utama hingga kedalaman 4 m. |
| A1-6 | 80 | 30 | AB | Adanya perunahan impedansi berupa pembesaran di kedalaman 5 m, data tidak memperlihatkan indikasi adanya kerusakan mayor sepanjang badan tiang. |
| A1-9 | 80 | 30 | $PD_{6-14}$ | Adanya pengecilan dekat kepada tiang dan perubahan impedansi pada kedalaman 6 – 14 m. Diperkirakan terjadi pengecilan diameter (*necking*) pada kedalaman tersebut |
| A2-3 | 80 | 30 | $PF_{15}$ | Adanya perubahan impedansi pada kedalaman 5,4 m dan 15,3 m. Indiksai adanya kerusakan mayor pada kedalaman 15,3m. |

DOI: https://doi.org/10.62017/merdeka

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A2-4 | 80 | 30 | AB | Adanya perubahan impedansi berupa pembesaran di kedalaman 6 m dan 13 m, data tidak memperlihatkan indiksi adanya kerusakan mayor di sepanjang badan tiang. |
| A2-8 | 80 | 30 | $PF_{10}$ | Adanya perubahan impedansi pada kedalamna 10 m dan 14 m. Diperkirakan terjadi pengecilan diameter (*necking*) pada kedalaman tersebut |

Berdasarkan pengujian pit pada tiang bore pile dapat dilihat bahwa pada tiang A1-1, A1- 6 A2-3, A2-6, A2-8 cukup baik dapat di lihat dari hasil gelombang yang di hasilkan masih memiliki ukuran gelombang yang teratur, akan tetapi untuk tiang bore pile pada titik A1-9 mengalami indikasi kerusakan mayor, adanya retakan pada kedalaman 14 m sehingga grafik menunjukan adanya pengulangan gelombang yang serupa. Pantulan gelombang yang dijumpai tidak selalu menunjukan indikasi pengecilan diameter (*necking*), namun terkadang indikasi pengecilan diameter ini dapat beruppa semu, dimana kemungkinan diameter dilapangan yang terjadu memang sudah sesuai rencana, namun mutu beton ynag digunakan berbeda dengan mutu rencana (akibat tercampur lumpur tanah saat pelaksnaan) sehingga menyebabkan kecepatan rambat gelombang yang berbeda. Perbaikan pada tiang yang retak seperti pada titik A1-9 dapat dilakukan metode grouting dan metode coring agar menutup kembali retakannya

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian terhadap pondasi bore pile berdasarkan metode *pile integrity test* (PIT) diperoleh:

1. Metode PIT yang dilaksanakan sesuai dengan standar rujukan ASTM D5882-07.
2. Metode PIT hanya bisa mendeteksi lokasi kerusakan pada kedalaman tertentu.
3. Metode PIT tidak dapat mendeteksi kerusakan yang letaknya secara vertikal, karena gelombang bergerak secara vertikal dan membutuhkan sebuah rintangan yang posisinya horizontal untuk dapat memantul kembali ke permukaan untuk dapat terdeteksi oleh akselerometer
4. Kapasitas daya dukung tiang tidak bisa dapatkan menggunakan metode PIT.
5. Dari 6 tiang yang diuji ada 1 tiang yang mengalami kelainan yaitu tiang nomor P1-9 dengan klasifikasi PD pada keseluruhan penampang. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa keenam tiang bor yang diuji menunjukkan hasil yang baik, dimana bentuk dan kepadatan tiangnya masih dapat dikategorikan aman, untuk perbaikan tiang yang mengalami kerusakan dapat dilakukan dengan metode grouting dan metode coring.

**DAFTAR PUSTAKA**

Cv, T. (2024). *DLT.PIT Jembatan Bagor - Situbondo - 2024*. *5678329*(031).

Global, S. A. I., Iso, F., License, C., & Global, S. A. I. (2000). *Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations*. *44*(0).

Juandra Hartono, Muh Saleh, U. K. (2021). *Evaluasi Keutuhan Borepile Metode Crosshole Sonic Logging ( CSL ) Pembangunan Jembatan Pulau Balang II*. *19*(November), 461–468.

Neill, O. (n.d.). *Construction Practices and Defects in Drilled Shafts*. 6–14.

Ngoya, M. F. (2015). Mengawal sustainable development goals (SDGs); meluruskan orientasi pembangunan yang berkeadilan. *Sosioreligius*, *I*(1), 77–88. https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/Sosioreligius/article/view/4525

Rausche, F., & Ren-kung, S. (n.d.). *Comparison of Pulse Echo and Transient Response Pile Integrity Test Methods*.

Sagita, M. A., & Fahriani, F. (2020). *Analisis perbandingan daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan hasil uji spt dan uji beban dinamis pada proyek penggantian jembatan baturusa*. *1982*, 8–9.

Satrio Racadia Afriantoro[1], A. K. (2019). *INTERPRETASI HASIL UJI PILE INTEGRITY TEST PADA FONDASI TIANG BOR INTERPRETATION OF PILE INTEGRITY TEST RESULTS IN THE BORED PILE FOUNDATION*. *September*, 359–364.

Sipil, R., Citra, Z., Malinda, Y., Dwiyanto, P., Ferial, R., & Wibisono, A. (2024). *Inspection of Foundation Structures with Pile Integrity Test ( PIT ) of Steel Tower Building*. *18*(02), 2–7. https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2024.018.02.10

Tl, G. (2022). *TEKNIK UJI NON DESTRUKTIF*. *December 2011*. https://doi.org/10.21512/comtech.v2i2.2853