

ANALISIS EVALUASI PEMERIKSAAN INTEGRITAS BETON PONDASI BORED PILE BERDASARKAN UJI PILE INTEGRITY TEST

Arya Pratama^{1a*}, Siti Nurasyiah^{1b}

Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan FPTI Universitas Pendidikan Indonesia

^{1a*}pratama.pa18@upi.edu, ^{1b*}siti.nurasyiah@upi.edu

Abstrak: Pertumbuhan pesat infrastruktur di Kota Baru Parahyangan, khususnya pasca-operasionalisasi Kereta Cepat Jakarta–Bandung, menuntut ketersediaan prasarana jalan dan jembatan yang memiliki keandalan struktur tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis integritas pondasi *bored pile* pada Abutmen A2 Proyek Jembatan *Collector Road Row 15* yang dibangun di atas Formasi Rajamandala, sebuah kawasan dengan karakteristik geologi karst yang kompleks. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif deskriptif melalui pengujian non-destruktif *Pile Integrity Test* (PIT) untuk mendeteksi potensi cacat struktural seperti *necking*, *bulging*, atau segregasi beton. Hasil pengujian pada 12 titik tiang bor menunjukkan bahwa seluruh tiang berada dalam kategori *Undamaged* (AA) dengan nilai *Boundary Transit Analysis* (BTA) sebesar 100%. Meskipun mutu beton secara kualitatif diklasifikasikan "Cukup" dengan kecepatan gelombang (*wave speed*) antara 3.200–3.300 m/s akibat pengaruh lingkungan geologi, realisasi kedalaman tiang mencapai 23,25 meter. Angka ini melampaui desain rencana setinggi 22 meter, sehingga memberikan peningkatan kapasitas dukung ujung (*end bearing*) pada lapisan batuan masif. Evaluasi ini mengonfirmasi bahwa pondasi Abutmen A2 memiliki integritas yang baik dan andal untuk mendukung struktur atas jembatan.

Kata kunci: *Bored Pile*, *Pile Integrity Test* (PIT), Integritas Beton, Formasi Rajamandala, *Wave Speed*.

Abstract: The rapid growth of infrastructure in Kota Baru Parahyangan, particularly following the operation of the Jakarta–Bandung High-Speed Rail, demands road and bridge infrastructure with high structural reliability. This study aims to analyze the integrity of the *bored pile* foundation at Abutment A2 of the *Collector Road Row 15* Bridge project, constructed within the Rajamandala Formation, an area characterized by complex karst geological features. A descriptive quantitative approach was employed using non-destructive *Pile Integrity Test* (PIT) to detect potential structural defects such as *necking*, *bulging*, or concrete segregation. The test results from 12 bored piles indicated that all piles are categorized as "Undamaged" (AA) with a *Boundary Transit Analysis* (BTA) value of 100%. Although the concrete quality is qualitatively classified as "Fair" with wave speeds ranging from 3,200 to 3,300 m/s due to the influence of the geological environment, the realized pile depth reached 23.25 meters. This figure exceeds the 22-meter design plan, thereby providing an increased end-bearing capacity on massive rock layers. This evaluation confirms that the Abutment A2 foundation possesses excellent integrity and is reliable for supporting the bridge's upper structure.

Keywords: *Bored Pile*, *Pile Integrity Test* (PIT), Concrete Integrity, Rajamandala Formation, *Wave Speed*.

I. PENDAHULUAN

Salah satu kawasan di Jawa Barat yang mengalami pertumbuhan pesat adalah Kota Baru Parahyangan, Kabupaten Bandung Barat, yang posisinya semakin strategis pasca-operasionalisasi moda transportasi modern, khususnya Kereta Cepat Jakarta–Bandung. Kehadiran infrastruktur transportasi berskala nasional tersebut mendorong peningkatan volume lalu lintas dan aktivitas ekonomi di wilayah sekitarnya, sehingga menuntut penyediaan prasarana jalan dan jembatan yang andal, aman, serta berkelanjutan. Proyek Jembatan

Collector Road Row 15 menjadi bagian integral dari sistem jaringan jalan yang berfungsi menghubungkan kawasan permukiman, pusat kegiatan, dan akses menuju jaringan jalan utama. Jembatan merupakan bangunan pelengkap jalan yang memiliki fungsi sebagai penghubung dua ujung jalan yang terputus oleh sungai, saluran, lembah dan selat atau laut, jalan raya, dan jalan kereta api (Puslitbang Jalan dan Jembatan, 2015). Jembatan ini dirancang dengan panjang 71,1m dan lebar 15m, dan struktur bawah dirancang menggunakan pondasi bor (*bored pile*) dengan diameter 1 meter.

Menurut Bina Marga (2019), pondasi bor merupakan pondasi tiang yang pada tahap awal pengerjaannya dilakukan pengeboran tanah, lalu selanjutnya diberikan tulangan dan dicor dengan beton di dalamnya (Kementerian PUPR, 2019). Pemilihan pondasi tiang bor didasarkan pada keunggulannya dalam menahan beban aksial dan lateral yang besar, sekaligus meminimalkan gangguan getaran dan kebisingan terhadap lingkungan sekitar selama proses konstruksi. Namun, pelaksanaan konstruksi pondasi bor dengan sistem cor di tempat (*cast in-situ*) perlu mendapatkan perhatian terkait dengan integritas beton hasil pengecoran. Beton di dalam lubang bor tidak dapat diamati dan diperiksa langsung secara visual, sehingga diperlukan metode pengujian untuk membuktikan dan menjamin mutu hasil pelaksanaan pekerjaan beton pondasi.

Ditinjau dari aspek geologi, lokasi proyek berada pada Formasi Rajamandala yang secara litologis didominasi oleh batu gamping dan napal berumur Oligo–Miosen. Formasi batuan karbonat ini dikenal memiliki karakteristik geoteknik yang kompleks, seperti keberadaan rongga karst, rekahan, serta variasi daya dukung tanah dan batuan yang ekstrem. Martodjojo menyatakan bahwa kompleksitas struktur pada Formasi Rajamandala dapat memicu berbagai permasalahan teknis selama proses pengeboran, antara lain hilangnya sirkulasi fluida pengeboran dan ketidakstabilan dinding lubang bor (*borehole instability*). Kondisi tersebut meningkatkan risiko terjadinya anomali struktural pada tiang bor, seperti pengecilan penampang (*necking*), pembesaran penampang (*bulging*), maupun segregasi beton akibat interaksi dengan air tanah dan lumpur pengeboran. Anomali-anomali ini umumnya sulit terdeteksi melalui inspeksi visual, namun dapat berdampak signifikan terhadap kinerja dan keamanan struktur jembatan.

Sehubungan dengan tingginya tingkat ketidakpastian tersebut, penerapan *Quality Assurance* (QA) melalui metode pengujian non-destruktif (*Non-Destructive Testing/NDT*) menjadi aspek yang sangat krusial dalam tahapan pasca konstruksi pondasi. Salah satu metode NDT yang banyak digunakan dan terbukti efektif adalah *Pile Integrity Test* (PIT). Metode ini bersifat cepat, relatif ekonomis, dan mampu memberikan gambaran awal mengenai kontinuitas massa tiang serta mendeteksi keberadaan cacat struktural utama. Rausche menjelaskan bahwa PIT termasuk dalam kategori pengujian *low-strain* yang bekerja berdasarkan teori perambatan gelombang satu dimensi, di mana perubahan impedansi akustik akibat diskontinuitas fisik dalam tubuh tiang akan menghasilkan refleksi gelombang yang dapat dianalisis untuk mengidentifikasi kondisi internal tiang.

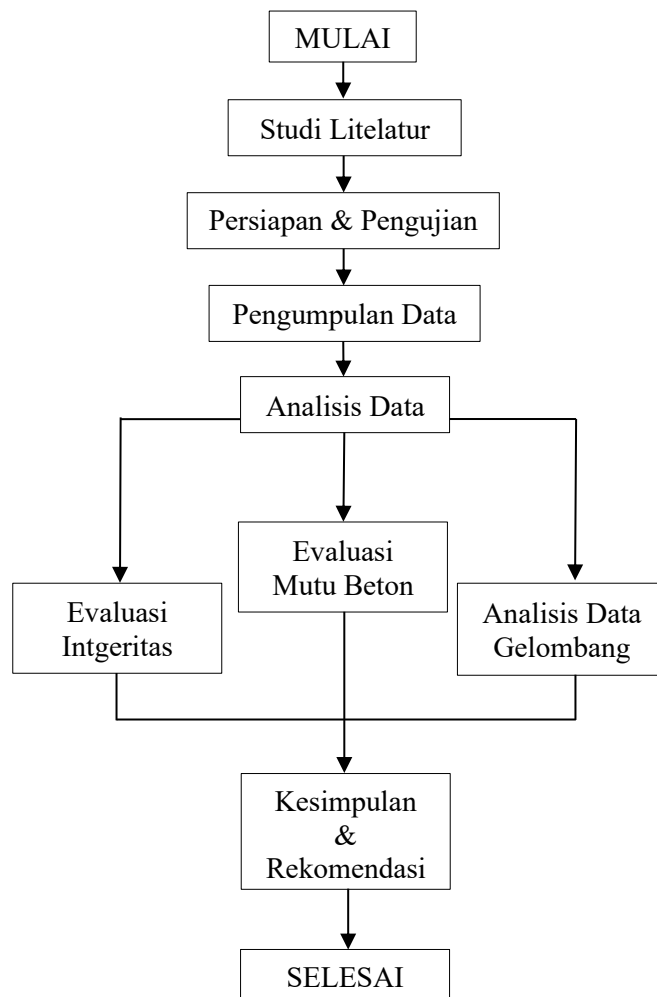
Selain mendeteksi diskontinuitas, parameter kecepatan gelombang (*wave speed*) yang diperoleh dari pengujian PIT juga memiliki peran penting dalam evaluasi mutu beton. Nilai kecepatan gelombang berkorelasi dengan modulus elastisitas dinamis beton, sehingga dapat merepresentasikan tingkat kepadatan, homogenitas, dan kualitas material beton yang terbentuk di lapangan. Pada kondisi geologi karst seperti Formasi Rajamandala, interpretasi nilai kecepatan gelombang menjadi semakin penting karena interaksi antara beton, air tanah, dan material pengeboran dapat mempengaruhi respons dinamis tiang.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti ini menyajikan analisis komprehensif terhadap hasil uji *Pile Integrity Test* (PIT) pada tiang bor yang terpasang di abutmen A2 proyek jembatan *collector road row 15* Kota Baru Parahyangan. Fokus penelitian diarahkan pada evaluasi nilai impedansi melalui pendekatan *Bored Pile Threshold Analysis* serta interpretasi fenomena kecepatan gelombang beton pada lingkungan geologi karst. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang objektif mengenai tingkat integritas pondasi tiang bor, sekaligus memastikan bahwa sistem pondasi yang digunakan telah memenuhi

standar keamanan dan keandalan struktur sesuai dengan kriteria yang ditetapkan dalam ASTM D5882-07.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang bertujuan untuk mengetahui kondisi integritas pondasi tiang berdasarkan hasil pengujian Pile Integrity Test (PIT). Metode PIT digunakan karena merupakan pengujian *non-destruktif* yang mampu mengidentifikasi adanya ketidakteraturan atau cacat pada tiang pondasi setelah proses pelaksanaan konstruksi. Pendekatan ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi integritas pondasi *bored pile* berdasarkan data hasil uji PIT, kemudian membandingkannya dengan hasil analisis teoritis. Bagan di bawah ini menguraikan secara mendalam dan sistematis mengenai tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan, mulai dari studi literatur hingga penarikan kesimpulan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Objek penelitian ini adalah pondasi *bored pile* yang telah selesai dilaksanakan di Kota Baru Parahyangan, Kabupaten Bandung Barat, pada proyek jembatan *collector road row 15*. Data utama yang digunakan berupa data hasil pengujian PIT, yang meliputi respon gelombang pantul dan waktu rambat gelombang sepanjang tiang. Selain itu, penelitian ini juga menggunakan data pendukung berupa gambar kerja pondasi, spesifikasi teknis, serta referensi yang berkaitan dengan pengujian PIT.

Pelaksanaan pengujian PIT dilakukan dengan cara memberikan pukulan ringan pada bagian kepala tiang menggunakan hammer, sementara sensor *accelerometer* dipasang untuk merekam respon gelombang yang terjadi. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak PIT sehingga dihasilkan grafik respon gelombang pantul. Analisis data dilakukan dengan mengkaji grafik hasil pengujian PIT untuk mengidentifikasi indikasi cacat seperti retak, rongga, penyempitan, maupun perubahan penampang tiang. Panjang efektif tiang hasil pengujian dibandingkan dengan panjang rencana untuk mengetahui kesesuaian pelaksanaan di lapangan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kondisi integritas tiang diklasifikasikan ke dalam kategori baik, perlu evaluasi, atau tidak baik, dan selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel sebagai bahan pembahasan. pengelompokan tingkat kondisi integritas tiang beton dapat ditentukan sesuai Tabel I.

Tabel I. Klasifikasi Integritas Tiang

Nilai BTA (%)	Kategori Integritas	Keterangan Teknis
100	<i>Undamaged</i>	Tidak terdapat perubahan impedansi sepanjang tiang
80-99	<i>Slight Damage</i>	Indikasi perubahan kecil mutu atau penampang
60-79	<i>Damage</i>	Terjadi pengurangan signifikan penampang atau mutu
<60	<i>Broken</i>	Indikasi kegagalan struktural serius

Sumber: American Standard Testing and Material, dikutip dalam Silvia Citra Adinda (2023)

Dalam melaksanakan analisis terhadap keutuhan penampang melalui nilai *Boundary Transit Analysis* (BTA), penelitian ini juga mengintegrasikan parameter kecepatan gelombang (*wave velocity*) sebagai indikator kualitatif utama untuk menilai kepadatan dan homogenitas material beton di dalam tiang pondasi. Penggunaan parameter ini didasari oleh prinsip mekanika gelombang satu dimensi, di mana kecepatan rambat gelombang memiliki korelasi linear yang sangat kuat dengan modulus elastisitas dan kerapatan massa beton. Secara teknis, semakin tinggi nilai kecepatan gelombang yang terekam oleh sensor *accelerometer*, maka semakin kecil kemungkinan adanya diskontinuitas mikro, rongga udara (*voids*), atau segregasi material di dalam tubuh tiang. Sebaliknya, penurunan kecepatan gelombang sering kali menjadi sinyal awal adanya penurunan mutu beton akibat kontaminasi lumpur pengeboran atau metode pengecoran yang kurang sempurna pada pondasi *cast-in-situ*.

Oleh karena itu, untuk memberikan penilaian yang objektif terhadap kualitas beton pada proyek jembatan *collector road row 15*, maka ditetapkanlah klasifikasi mutu beton berdasarkan rentang kecepatan gelombang pada tabel II.

Tabel II. Klasifikasi Mutu Beton

<i>Wave Speed</i> (m/s)	Klasifikasi Mutu	Deskripsi
> 4.000	Sangat Baik	Beton padat dan homogen
3.500 – 4.000	Baik	Beton memenuhi standar
3.000 – 3.500	Cukup	Beton terindikasi mutu menurun
< 3.000	Kurang	Beton berpotensi mengalami segregasi / honeycomb

Sumber: IAEA, dikutip dalam Suantoro Wicaksono (2022)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian *Pile Integrity Test* (PIT) pada Abutment A2

Pengujian di area Abutmen A2 Jembatan *Collector Road Row 15*. Tiang-tiang ini memiliki diameter rencana 100 cm dengan kedalaman desain 22 m. Pengujian ini bertujuan untuk mendeteksi integritas massa tiang serta keberadaan cacat struktural utama seperti penyempitan (*necking*) atau pembesaran (*bulging*). Hasil pengujian didapat data teknis untuk Abutmen A2 menggunakan alat PIT-W rangkuman dilampirkan dalam tabel III.

Tabel III. Resume Hasil PIT-W Lapangan

No Tiang	Diameter (cm)	Panjang Realisasi (m)	Wave Speed Realisasi (m/s)	Kelas	Mutu Beton
A2.BP01	100	23,25	3.200	AA	CUKUP
A2.BP02	100	23,25	3.200	AA	CUKUP
A2.BP03	100	23,25	3.200	AA	CUKUP
A2.BP04	100	23,25	3.300	AA	CUKUP
A2.BP05	100	23,25	3.300	AA	CUKUP
A2.BP06	100	23,25	3.200	AA	CUKUP
A2.BP07	100	23,25	3.200	AA	CUKUP
A2.BP08	100	23,25	3.200	AA	CUKUP
A2.BP09	100	23,25	3.200	AA	CUKUP
A2.BP10	100	23,25	3.300	AA	CUKUP
A2.BP11	100	23,25	3.200	AA	CUKUP
A2.BP12	100	23,25	3.300	AA	CUKUP

Sumber: Data Hasil PIT-W lapangan

Pondasi Abutmen A2 dinyatakan sangat aman dengan klasifikasi *Undamaged* (AA) dan BTA 100%. Meskipun mutu beton tergolong "Cukup" (3.200–3.300 m/s) karena pengaruh karst, realisasi kedalaman 23,25 m yang melampaui rencana 22 m memastikan tiang tertanam kuat pada batuan stabil sehingga andal memikul beban jembatan.

Evaluasi Perhitungan Manual Teoretis

Evaluasi manual dilakukan untuk memvalidasi kesesuaian antara parameter material dan dimensi tiang yang terealisasi di lapangan.

Penentuan *Wave Speed*, Kecepatan gelombang (c) dihitung menggunakan rumus standar mekanika gelombang satu dimensi yang dikutip dari Mahesh Hingorani (2019):

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Menggunakan estimasi Modulus Elastisitas dinamis (E) sebesar $4.700\sqrt{f_c}$ (30) menghasilkan 25.743Mpa ($25,743 \times 10^9 \text{N/m}^2$) dan massa jenis beton (ρ) sebesar 2.640 kg/m^3 .

$$c = \sqrt{\frac{25.743.000.000}{2.540}} = 3.123 \text{ m/s}$$

Hasil ini kurang selaras dengan pembacaan instrumen PIT di lapangan. Berdasarkan standar, nilai 3.123 m/s secara teori dan realisasinya 3.200 – 3.300 m/s mengklasifikasikan mutu beton pada kategori Cukup 3.000 – 3.500 m/s.

Verifikasi Perbandingan Kedalaman Rencana dan Realisasi, menggunakan rumus dasar mengukur jarak menggunakan prinsip pantulan gelombang, perhitungan manual panjang tiang (L) didasarkan pada waktu pantul gelombang (T):

$$L = \frac{c \cdot T}{2}$$

Jika refleksi ujung tiang terdeteksi pada waktu 14,09 ms (0,01409 s):

$$L = \frac{3.123 \cdot 0,01409}{2} = 22 \text{ m}$$

Terdapat selisih sebesar 1,25 m antara Kedalaman Realisasi (23,25 m) dan Kedalaman Rencana (22,00 m). Hal ini menunjukkan adanya penambahan penetrasi tiang bor di lapangan untuk mencapai lapisan tanah/batuan keras yang lebih stabil. pelaksanaan konstruksi.

Realisasi kedalaman yang mencapai 23,25 m (lebih dalam 1,25 m dari rencana) memberikan keuntungan teknis berupa peningkatan kapasitas dukung ujung (*end bearing*). Mengingat geologi lokasi berada pada Formasi Rajamandala yang merupakan kawasan karst, penambahan kedalaman ini kemungkinan dilakukan untuk memastikan tiang bor tidak bertumpu pada rongga atau batuan yang retak, melainkan pada lapisan batuan masif.

Meskipun realisasi kedalaman lebih panjang, mutu beton secara kualitatif berada pada tingkat Cukup (3.200-3.300 m/s). Nilai ini mencerminkan pengaruh lingkungan karst selama pengecoran, namun dengan nilai BTA 100%, integritas tiang tetap terjaga sempurna (*Undamaged/AA*). Keutuhan massa tiang dari kepala hingga ujung aktual (23,25 m) menjamin distribusi beban jembatan yang aman.

Data piling record mencatat kedalaman lubang bor rata-rata 24,1 m dengan kelebihan volume beton (*overbreak*) mencapai 15% - 26%. Realisasi panjang beton pada 23,25 m memvalidasi bahwa tiang telah terisi beton secara solid melampaui elevasi desain 22 m. Penampang yang stabil menunjukkan bahwa volume beton tambahan tersebut berhasil mengisi rongga formasi tanpa merusak bentuk utama tiang bor. Hasil data aktual *Pilling Record* pada Abutmen A2 saat dilaksanakan pekerjaan *Bore Pile* dilampirkan dalam tabel IV.

Tabel IV. Resume Pilling Record

No Tiang	Rata-rata Pilling Record	Volume Teoritis	Volume Aktual	Over Break %
A2.BP01	24,1	18,26	21,5	17,74%
A2.BP02	24	18,26	23	25,96%
A2.BP03	24,2	18,26	21,5	17,74%
A2.BP04	24,5	18,26	21	15,01%
A2.BP05	24,2	18,26	21,5	17,74%
A2.BP06	24,5	18,26	21	15,01%
A2.BP07	24,1	18,26	21,5	17,74%

No Tiang	Rata-rata Pilling Record	Volume Teoritis	Volume Aktual	Over Break %
A2.BP08	24,5	18,26	21	15,01%
A2.BP09	24,6	18,26	21	15,01%
A2.BP10	24,6	18,26	21	15,01%
A2.BP11	24,7	18,26	21	15,01%
A2.BP12	24,5	18,26	21	15,01%

Sumber: Data Hasil PIT-W dilapangan

IV. KESIMPULAN

Secara keseluruhan, 12 tiang bor pada Abutmen A2 berada dalam kondisi *Undamaged*. Hasil realisasi kedalaman 23,25 m telah melampaui target rencana 22,00 m, memberikan jaminan keamanan tambahan terhadap kestabilan pondasi di tanah karst. Evaluasi PIT dan perhitungan manual mengonfirmasi bahwa pondasi Abutmen A2 andal dan layak mendukung struktur atas jembatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa syukur dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini kepada Universitas Pendidikan Indonesia, khususnya Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, FPTI, atas dukungan fasilitas akademik dan bimbingan selama masa studi, serta kepada pengelola kawasan Kota Baru Parahyangan dan Tim Proyek Jembatan Collector Road ROW 15 atas izin dan akses data pengujian PIT serta data teknis pendukung lainnya.

REFERENSI

- [1] Irwansyah¹; Khoiril Anwar M²; Nurcahyo I.Basuki ², “KARAKTERISASI BATUAN KARBONAT FORMASI RAJAMANDALA BERDASARKAN FORAMINIFERA BESAR DI DAERAH PADALARANG, JAWA BARAT,” 2011.
- [2] R. Anggiawan, “EVALUASI PEMERIKSAAN PILE INTEGRITY TEST (PIT) TIANG BORED PILE,” 2023.
- [3] Abdurrokhim, “CARBONATE REEF OF THE KLAPANUNGGAL FORMATION IN THE BOGOR TROUGH, WEST JAVA,” 2017.
- [4] S. C. Adinda, “TUGAS AKHIR 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,” 2023.
- [5] M. H. Muhammad Iqbal, Imransyah Idroes, “Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Butiran Halus Ban Bekas Kendaraan sebagai Substitusi Agregat Halus dan Tambahan Serat Ban Bekas Kendaraan,” 2022.
- [6] M. Hingorani, “Interpretation of Low-Strain Pile Integrity Test Results.”
- [7] F. Rausche, “Scholars’ Mine Scholars’ Mine Non-Destructive Evaluation of Deep Foundations Non-Destructive Evaluation of Deep Foundations NON-DESTRUCTIVE EVALUATION OF DEEP FOUNDATIONS,” 2004. [Online]. Available: <https://scholarsmine.mst.edu/icchgehttps://scholarsmine.mst.edu/icchge/5icchge/session00g/5>
- [8] E. Yonamastuti *et al.*, “EVALUASI PEMERIKSAAN INTEGRITAS BETON PONDASI BORED PILE BERDASARKAN UJI PIT (PILE INTEGRITY TEST) DAN UJI CSL (CROSSHOLE SONIC LOGING),” 2022.
- [9] S. Wicaksono, B. Geoteknik, T. Dan, S. Jalan, A. H. Nasution, and N. 264, “PENGARUH UMUR BETON PADA PENGUJIAN INTEGRITAS FONDASI TIANG BOR (THE EFFECT OF CONCRETE AGE ON INTEGRITY TESTING OF FOUNDATIONS OF BORED PILE),” 2022. [Online]. Available: www.pile.com
- [10] A. A. Lingga Ariya, I. Wijatmiko, and C. R. Nainggolan, “PENGARUH VARIASI MUTU BETON BERTULANG TERHADAP CEPAT RAMBAT GELOMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE NON DESTRUCTIVE TEST,” 2020.
- [11] P. Qiu, L. Yang, Y. Xie, X. Liu, and Z. Chen, “Pile Integrity Testing Using Non-Destructive Testing Techniques and Artificial Intelligence: A Review,” Aug. 01, 2025, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/app15158580.

- [12] G. G. G. F. Rausche, "Determination of Pile Damage by Top Measurements," 1988.
- [13] R. R. Tarigan, S. Darnianti, J. Laila, and V. W. Lilito, "EVALUASI TIANG BOREPILE DENGAN PIT TEST PADA PROYEK JAS-2 BH 38 DI KABANJAHE EVALUATION OF BOREPILE POLE WITH PIT TEST ON THE JAS-2 BH 38 PROJECT IN KABANJAHE," *J. Juitech ISSN*, [Online]. Available:
<http://portaluniversitasquality.ac.id:5388/ojssystem/index.php/JUITECH>
- [14] T. M. Kamaludin, A. Indrajaya, A. Solihin Ansari, and A. Mulyanto, "Metode Kerja dan Uji Kualitas Pondasi Bored Pile Menggunakan Tipe Rotary Drilling Rigs Pada Pembangunan Bangunan Kawasan Kantor Kementerian PUPR di Ibu Kota Negara Baru," *JPII*, vol. 3, no. 2, pp. 128–138, 2025, doi: 10.14710/jpii.2025.25827.
- [15] S. I Webster, K., Rausche, F. and Webster, "PileAndShaftIntegrityTestResults-1," 2010.
- [16] S. Wicaksono, "The Effect of Concrete Age on Integrity Testing of Foundations of Bored Pile," pp. 15–20, 2022.