



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

Tutang Muhtar Kamaludin^{1,*}, Arief Indrajaya¹, Ahmad Solihin Ansari¹, Ambar Mulyanto²

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako,
Jl. Soekarno Hatta, Tondo Palu, Indonesia, 94111

²PT. Yodya Karya Lt. 9 Yodya Tower,
Jalan D.I. Panjaitan Kav. 8, Kel. Cipinang Cempedak, Kec. Jatinegara, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta, 13340

*Corresponding author: tutang.untad@gmail.com

(Received: January 25, 2025; Accepted: April 25, 2025)

Abstract

Working Method and Quality Test of Bored Pile Foundation Using Rotary Drilling Rigs in the Construction of Buildings in the PUPR Ministry Office Area in the New National Capital. Bored pile foundations are used for Urban Design and the new IKN development plan, Ministry of PUPR. The bored pile work method uses a rotary drilling rig type to speed up the work with a hydraulic drilling machine type xcmg xr 1500 with a maximum torque capacity of 150 kN. This type of tool has the ability to maintain the deviation of the verticality of the drilling results and the maximum working speed. In the PUPR Wing 2 Building construction project, there are five main building units, namely Buildings A, B, C, D and E, which are designed with varying numbers of bored piles. The difference in the number of bored piles in each building is adjusted to specific needs based on the function of the building, structural design, and planned load. In Building D in Wing 2 there are 227 bored pile points to ensure the quality and strength of the bored pile, several types of loading tests are carried out. Each type of test is designed to ensure that the bored pile has adequate capacity and resistance to support the building structure above it.

Keywords: *foundation, bored pile, building, structure, specific*

Abstrak

Pondasi *bored pile* digunakan Pengembangan Kawasan (*Urban Design*) dan rencana pembangunan IKN baru, Kementerian PUPR. Metode kerja *bored pile* menggunakan tipe *rotary drilling rigs* untuk mempercepat pekerjaan dengan tipe mesin bor hidrolik xcmg xr 1500 dengan kemampuan torsi maksimum 150 kN. Tipe alat ini memiliki kemampuan untuk menjaga penyimpangan/deviasi *verticality* hasil pengeboran dan kecepatan kerja maksimum. Dalam proyek pembangunan Gedung PUPR Wing 2, terdapat lima unit bangunan utama, yaitu Gedung A, B, C, D dan E, yang dirancang dengan jumlah *bored pile* yang bervariasi. Perbedaan jumlah *bored pile* pada masing-masing gedung disesuaikan dengan kebutuhan spesifik berdasarkan fungsi bangunan, desain struktur, serta beban yang direncanakan. Pada Gedung D di Wing 2 terdapat 227 titik *bored pile* untuk memastikan kualitas dan kekuatan *bored pile*, dilakukan beberapa jenis pengujian pembebanan. Setiap jenis pengujian tersebut dirancang untuk memastikan bahwa *bored pile* memiliki kemampuan dan ketahanan yang memadai dalam mendukung struktur bangunan di atasnya.

Kata kunci: *pondasi, bored pile, gedung, struktur, spesifik*

How to Cite This Article: Kamaludin, T. M., Indrajaya, A., Ansari, A. S., & Mulyanto, A. (2025). 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*, 3(2), 128-138. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2025.25827>

PENDAHULUAN

Pemindahan Pemerintah Pusat pada IKN baru ditargetkan akan dimulai dilaksanakan pada tahun 2024, sehingga pembangunan prasarana kota sudah harus dimulai pada tahun 2021 agar dapat mengakomodir operasionalisasi Pemerintah Pusat pada Tahap pemindahan pertama. Kementerian PUPR telah memulai penyusunan Rencana Umum Pengembangan Kawasan (*Urban Design*) dengan mengadakan sayembara Gagasan Desain Kawasan Ibu Kota Negara pada tahun 2019 dan telah dilakukan penajaman sepanjang tahun 2020. Tiga Pilar Visi IKN yang digunakan dalam perencanaan IKN adalah Mencerminkan Identitas Bangsa, Menjamin Keberlanjutan Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan, serta Mewujudkan Kota yang Cerdas, Modern, dan Berstandar Internasional, dengan tujuan untuk Menjadi Representasi Kemajuan Bangsa yang Unggul.

Sebagai tindak lanjut dari penyusunan Rencana Umum Pengembangan Kawasan (*Urban Design*) dan rencana pembangunan IKN baru, Kementerian PUPR akan melaksanakan pembangunan bangunan-bangunan pertama pada IKN yang dimulai dengan pembangunan Kompleks Istana Kepresidenan dan perkantoran kementerian termasuk Kementerian PUPR sendiri. Pada pekerjaan pembangunan bangunan kawasan kantor Kementerian PUPR di Ibu Kota Negara Baru di Perencanaan Struktur bawah menggunakan pondasi *bored pile* menggunakan tipe *rotary drilling rigs*.

Pondasi *bored pile* adalah jenis pondasi dalam yang berbentuk tabung (Muluk et al., 2020), yaitu berfungsi meneruskan beban struktur bangunan di atasnya dari permukaan tanah sampai lapisan tanah keras di bawahnya (Jawat et al., 2020). Pondasi *bored pile* memiliki fungsi yang sama dengan pondasi tiang pancang atau pondasi dalam lainnya (Waruwu & Hamzah, 2021). Pondasi *bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah terlebih dahulu (Sungkana et al., 2023). Pemasangan pondasi *bored pile* ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu (Taras Bulba & Yunita, 2014), yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton (Abadi et al., 2021). Apabila didapati kandungan air pada tanah maka dibutuhkan sebuah pipa besi atau yang disebut sebagai *casing* untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi keruntuhan.

Pondasi *bored pile* adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan (Megananda et al., 2020). Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi (Sungkana et al., 2023). Pondasi tiang digunakan untuk mendukung

bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam (Abadi et al., 2021).

Pondasi tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor (Megananda et al., 2020). Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton (Muluk et al., 2020). Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan daya dukung ujung tiang. Jika tiang pancang dipasang dengan cara dipukul ke dalam tanah, tiang bor dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu (Jaya et al., 2023), baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai ke dalam lubang bor dan kemudian di cor beton (Hardiyatmo, 2015).

Pondasi *bored pile* juga sering digunakan di lokasi pembangunan yang dikelilingi oleh banyak bangunan atau berada di kawasan padat penduduk, seperti di tengah kota (Jawat et al., 2020). Hal ini karena metode pembuatannya, yaitu dengan pengeboran tanah, mampu mengurangi getaran selama proses pengerjaan (Sungkana et al., 2023). Dengan demikian, risiko kerusakan pada bangunan di sekitar proyek dapat diminimalkan, terutama jika dibandingkan dengan metode pondasi tiang pancang.

Pondasi *bored pile* juga mempunyai fungsi sebagai menjaga kestabilan lereng dinding penahan tanah termasuk pada pondasi bangunan ringan yang dibangun di atas tanah lunak serta struktur yang membutuhkan gaya lateral yang cukup besar (Megananda et al., 2020). Pondasi *bored pile* digunakan apabila tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam yaitu kurang dari 15 meter. Pondasi tiang dibuat dengan satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi, dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas.

METODE PENELITIAN

Beberapa metode yang digunakan dalam penulisan laporan kerja praktek ini adalah:

- Metode studi pustaka, yaitu dengan mengutip hal-hal yang ada relevansinya dengan judul laporan kerja praktik ini terutama yang berhubungan langsung dengan pengelolaan proyek seperti spesifikasi administrasi dan spesifikasi teknik.
- Metode observasi, yaitu dengan mengadakan peninjauan langsung ke lokasi proyek sehingga penulisan dapat melihat secara langsung proses pelaksanaan pekerjaan galian, pekerjaan timbunan, pekerjaan pemadatan, pekerjaan beton,

pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur dan pekerjaan MEP.

- c. Metode diskusi interaktif, yaitu melakukan diskusi langsung dengan pihak-pihak terkait dalam proyek selama penulis berada di lokasi proyek.

Lokasi penelitian di Kawasan Perkantoran PUPR (sesuai dengan Perpres 63 Tahun 2022 tentang Perincian Rencana Induk IKN) berada di Kawasan Inti Pusat Pemerintahan Ibu Kota Negara (KIPP-IKN), di sebelah timur (wing 1) dan utara (wing 2) Lapangan Upacara Kawasan Istana Kepresidenan di Ibu Kota Negara, Kecamatan Sepaku, Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur. Ilustrasi lokasi proyek Kawasan Perkantoran PUPR dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi proyek pembangunan bangunan gedung dan kawasan kantor Kementerian PUPR

Anggaran Pembangunan Bangunan Gedung Dan Kawasan Kantor Kementerian PUPR adalah senilai Rp51.246.457.000,00 (lima puluh satu miliar dua ratus empat puluh enam juta empat ratus lima puluh tujuh ribu rupiah) termasuk PPN yang bersumber dari dana DIPA Satuan Kerja Pelaksanaan Prasarana Permukiman Wilayah II Provinsi Kalimantan Timur Tahun Anggaran 2023-2025. Anggaran Paket Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi Rancang Dan Bangun Pembangunan Gedung Wing 1 dan Kawasan Kantor Kementerian PUPR adalah senilai Rp640.030.151.000,00 (enam ratus empat puluh milyar tiga puluh juta seratus lima puluh satu ribu rupiah) yang bersumber dari dana Anggaran Pembiayaan Belanja Negara tahun 2023-2024 Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dengan sistem *Multi Years Contract*.

Anggaran Paket Pekerjaan Konstruksi Terintegrasi Rancang Dan Bangun Pembangunan Gedung Wing 2 dan Kawasan Kantor Kementerian PUPR adalah senilai Rp1.392.734.293.500,00 (satu triliun tiga ratus sembilan puluh dua puluh tujuh juta tiga puluh empat juta dua ratus sembilan puluh tiga ribu lima ratus rupiah) yang bersumber dari dana Anggaran Pembiayaan Belanja Negara tahun 2023-2025 Direktorat Jenderal Cipta Karya, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat dengan sistem *Multi Years Contract*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode Kerja *Bored pile*

Pada metode kerja ini *bored pile* ini menggunakan tipe *rotary drilling rigs* untuk mempercepat pekerjaan dengan tipe mesin bor hidrolik xcmg xr 1500 dengan kemampuan torsi maksimum 150 kN. Tipe alat ini memiliki kemampuan untuk menjaga penyimpangan/deviasi *verticality* hasil pengeboran dan kecepatan kerja maksimum.



Gambar 2. Rotary drilling rigs

Proses Pengeboran

Pengukuran/*Stake Out* Titik Bor

Proses pekerjaan *preboring* didahului setelah dilakukan pengukuran *stake out* titik bor/pancang berdasarkan gambar yang telah ditentukan. Pekerjaan pengukuran dilakukan oleh surveyor dengan menggunakan *theodolite* dan secara kontinyu akan memeriksa hasil *verticality* bor maupun pemancangan. Titik bor yang telah ditetapkan ditandai dengan menggunakan patok kayu.



Gambar 3. *Stake out* titik bor

Pengukuran/*Stake Out* Titik Bor

Proses pengeboran dimulai dari titik awal bor berdasarkan rencana kerja dan nomor titik yang telah ditentukan bersama dengan pengawas/perencana.

- Tempatkan alat bor *rotary drilling rig* (selanjutnya disebut mesin bor) pada titik nomor 1 yang telah ditandai dengan patok.
- Periksa posisi tegak lurus *kelly bar* mesin bor dari dua arah yang saling tegak lurus, dipandu oleh

surveyor menggunakan *theodolite*, *waterpass* dan alat bantu unting-unting.

- *Kelly bar* yang bersumbu pada mata bor *auger* diarahkan tepat pada titik bor dilakukan pengeboran secara bertahap dengan interval 0,5 meter untuk membuang tanah hasil.



Gambar 4. Proses pengeboran

- Pengeboran awal menggunakan *bucket auger* jika kondisi tanah yang halus (*soft*), pasir (*sand*) sampai tanah keras (*hard layer*). Apabila dalam pengeboran ditemukan batu (*rock*) bisa memakai *rock auger* atau *core barrel*.



Gambar 5. *Rock auger/core barrel*

- Lakukan pengeboran sampai kedalaman 4-6 yang selanjutnya akan dipasang *casing pipe* diameter 800mm atau 1000mm. *Casing* berfungsi untuk mencegah kelongsoran permukaan tanah. Pemasangan *casing* bisa dilakukan oleh alat bor sendiri atau menggunakan *crane service*.



Gambar 6. *Casing pipe*

- Lakukan pengeboran sampai kedalaman yang telah ditentukan pada *shopdrawing* dengan interval tertentu 0,5-1m lakukan pengangkatan pemuangan tanah yang melekat pada *bucket auger*.
- Proses pengeboran dibantu dengan menggunakan air dengan cara disemprotkan ke dalam lubang bor, jika jenis tanah *clay* akan melekat kuat sehingga perlu dibantu air untuk melepaskan tanah yang menempel.
- Setelah kedalaman pengeboran tercapai *toe level* kedalaman sesuai dengan *shopdrawing* laporkan hasil pengeboran kepada pengawas/perencana yang selanjutnya akan dilakukan pengecekan terhadap hasil pengeboran. Pengukuran kedalaman lubang bor dilakukan dengan menurunkan *measuring tape* sampai ke dasar lubang bor. Di ujung *measuring tape* dipasang *plum* dengan berat yang cukup agar memastikan *measuring tape* sampai ke dasar *boredhole*.
- Setelah pengeboran diperiksa dan dinyatakan selesai dilakukan, pekerjaan dilanjutkan pada proses pemasangan pembesian (*steel cage*).

Proses Pemasangan Pembesian (*Steel Cage*)

Pengerjaan instalasi keranjang besi *bored pile* meliputi 2 tahap pekerjaan. Adapun pengerjaannya sebagai berikut:

Pekerjaan Persiapan

- Persiapan yang dilakukan meliputi pengecekan bagian-bagian keranjang besi yang akan diinstalasi pada lubang bor. Seperti ikatan keranjang besi yang telah dibuat antara tulangan utama dan tulangan spiral, *concrete spacer* dan penggantung (*stopper*) yang disesuaikan dengan ukuran *cut off level* pada gambar desain.
- Setelah pengecekan selesai, keranjang besi dipindahkan ke dekat bor dan diletakkan di atas sebuah tumpuan yang menjadikan keranjang besi yang tidak menyentuh tanah. Pengangkatan keranjang besi pun harus teliti agar mengurangi deformasi yang terjadi sehingga mempermudah proses instalasi.

Instalasi Keranjang Besi (*Steel Cage*)

- Apabila keranjang besi lebih dari 12 meter untuk mempermudah pekerjaan dibuat menjadi 2 sesi. Dengan menggunakan *excavator* keranjang besi pertama dimasukkan terlebih dahulu ke dalam lubang bor. Dengan kedalaman tertentu dengan cara mengaitkan seling dan *shackle* pada titik angkat keranjang besi yang telah diperhitungkan bebannya sebelumnya.
- Setelah keranjang besi pertama masuk ke dalam lubang, kemudian diganjil dengan cara dikaitkan pada *casing*. Langkah berikutnya mengangkat

bagian keranjang besi berikutnya dengan menggunakan alat bantu *excavator* dan diletakkan di atas keranjang besi pertama yang telah diganjil sebelumnya. Kemudian dilakukan penyambungan antara keranjang besi pertama dan keranjang besi kedua dengan menggunakan las.

- Setelah kedua keranjang besi tersambung, keranjang besi kemudian diturunkan kembali hingga mencapai kedalaman rencana, lalu bagian atas keranjang besi dikaitkan kembali dengan *casing* yang berguna untuk menahan keranjang besi pada kedalaman yang diinginkan untuk selanjutnya dilakukan pengerjaan pengecoran.



Gambar 7. Instalasi *steel cage*

Proses Pengecoran Pekerjaan Persiapan

- Persiapan yang diperlukan yaitu menyiapkan rute jalan masuk untuk *truck mixer* (TM) beton hingga lubang bor yang akan dicor dengan mengacu pada gambar situasi lubang yang telah dibuat sebelumnya. Dasar lintasan harus kuat untuk menampung *truck mixer* beserta beton *readymix*. Apabila kondisi medan tidak memungkinkan untuk *truck mixer* mendekat pada lubang cor, maka dapat menggunakan metode pengecoran alternatif seperti *Concrete Bucket* dan *Tower Crane*.
- Pembuatan galian untuk menampung air tanah yang bercampur dengan lumpur yang keluar saat pengecoran dilaksanakan. Hal ini perlu dilakukan agar air dapat teraliri dengan baik menuju saluran drainase utama.
- Persiapan alat yang akan digunakan untuk pengecoran pun harus dilakukan seperti penyiapan pipa tremie. Supaya beton segar dapat mengalir dengan baik pada lubang bor yang akan dicor, juga persiapan baut pengunci *excavator* agar saat pengangkatan dan penyambungan pipa tremie lebih efisien waktu.

Instalasi Pipa Tremie

- Pemasangan pipa harus dilakukan dengan teliti dan sedemikian rupa agar mencapai kedalaman

tanah yang direncanakan. Sebuah pipa tremie memiliki panjang 3 meter sehingga perlu disambung beberapa pipa tremie untuk mencapai kedalaman rencana. Perlu diperhatikan untuk sambungan pipa tremie harus kedap air agar beton yang akan dicor mengalir di pipa dengan baik.

Pengecoran

- Setelah tremie dipasang pada lubang bor, sebelum memulai pengecoran pada tiap *truck mixer* beton diambil sampel beton lebih dahulu untuk dilakukan tes uji tekan beton (jumlah pengujian beton mengacu pada dokumen *Work Method Statement* Pekerjaan Beton). Penuangan beton dilakukan dengan cepat bertujuan agar beton yang pertama masuk dapat mendorong kotoran-kotoran lumpur keluar. Selama penuangan beton pipa tremie tidak boleh bergeser naik turun, kecuali ketika tahap akhir pengecoran.
- Selama pengecoran, ujung bawah pipa tremie harus terbenam dalam beton di dalam lubang bor, minimal 1,5 meter dan maksimal 6 meter, bila pipa tremie terbenam lebih dari 6 meter, maka dilakukan pemotongan pipa tremie. Pengecoran dilakukan hingga beton mencapai *cut off level* (COL) dan ditambah dengan toleransi yang telah disepakati sebelumnya yaitu sekitar 1 meter.



Gambar 8. Pengecoran *bored pile*

Pencabutan *Temporary Casing*

- Setelah pengecoran selesai, dilakukan pencabutan *casing* sementara (*temporary casing*).
- Dengan cara mengaitkan lubang pada kedua sisi *casing* dengan pengunci pada *excavator*, kemudian diangkat dengan hati-hati agar posisi *casing* tidak miring saat dicabut, dan proses pengecoran *bored pile* pun selesai.

Metode Kerja Pengujian *Slump Test*

Slump test adalah pengujian untuk menentukan konsistensi dan kelecakan (*workability*) beton segar. Pengujian ini penting untuk memastikan campuran beton memiliki kemampuan kerja yang baik dan memenuhi spesifikasi proyek. Pengujian ini mengikuti standar SNI 2847:2019. Berikut adalah prosedur lengkapnya.



Gambar 9. Slump test

Metode Kerja Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton bertujuan untuk menentukan kekuatan tekan beton pada umur tertentu, biasanya dilakukan menggunakan uji tekan silinder atau kubus beton. Pengujian ini mengikuti standar SNI 1974:2011.



Gambar 10. Pembuatan benda uji

Metode Kerja Pengujian Kuat Tarik dan Tekuk Baja

Prosedur pengujian kuat tarik baja dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik (*tensile strength*) material baja. Pengujian ini biasanya mengikuti standar SNI 8460:2017.



Gambar 11. Test kuat tarik baja

Metode Kerja Pengujian Kuat Tekuk Baja

Prosedur pengujian kuat tekuk baja dilakukan untuk menentukan kemampuan material baja menahan deformasi akibat pembebanan lentur atau tekuk. Pengujian ini biasanya mengikuti standar SNI 8460:2017

(*Bend Test for Ductility*). Berikut adalah langkah-langkah prosedur umum: Tekuk benda uji dengan *punch* hingga mencapai sudut yang diinginkan, misalnya 90°, 120°, atau hingga benda uji gagal (retak atau patah).

Pantau benda uji selama proses untuk memastikan tidak ada kelainan. Catatan Hasil: Perhatikan deformasi, retakan, atau kerusakan pada permukaan benda uji setelah uji selesai.



Gambar 12. Test kuat tekuk baja

Metode Kerja Pengujian Beban Axial Tekan (*Axial Static Load Test*)

Metode pengujian yang dijelaskan dalam standar ini digunakan untuk mengukur defleksi aksial pondasi, baik vertikal maupun miring, ketika dibebani dengan kompresi aksial statis. Metode ini berlaku untuk semua jenis pondasi dalam yang disebut dengan tiang pancang. Pada proyek Pembangunan Gedung PUPR di IKN, digunakan salah satu dari 7 prosedur dalam Pengujian *Axial Static Load Test*, yaitu Prosedur Uji Beban Siklik. Prosedur ini bertujuan menguji daya tahan dan stabilitas tiang pancang melalui penerapan dan pengurangan beban secara bertahap.



Gambar 13. Test beban axial tekan

Selama prosedur uji pembebanan siklik, catat semua pembacaan uji sebelum dan sesudah setiap penambahan atau pengurangan beban. Pada setiap

interval beban, selama tiang uji atau kelompok tiang tidak mengalami kegagalan, lakukan pencatatan tambahan pada menit ke-5, ke-10 dan ke-20 setelah penerapan penambahan beban, dan setiap 20 menit berikutnya sesuai kebutuhan. Setelah total beban diterapkan, lanjutkan pencatatan pada menit ke-5, ke-10 dan ke-20, kemudian setiap 20 menit hingga 2 jam, lalu setiap 1 jam dari 2 hingga 12 jam, dan setiap 2 jam dari 12 hingga 24 jam sesuai kebutuhan. Jika terjadi kegagalan tiang, catat pembacaan tepat sebelum pengurangan beban pertama dilakukan. Selama proses pengurangan beban, lakukan pencatatan pada interval waktu 20 menit, dan setelah seluruh beban dihilangkan, catat pembacaan akhir 12 jam kemudian.

Gambar 14. Schedule test beban axial tekan

Metode Kerja Pengujian Beban Lateral Tekan (Lateral Static Load Test)

Lateral Static Load Test adalah metode pengujian yang bertujuan untuk mengevaluasi kapasitas dan perilaku struktur pondasi, seperti tiang pancang, terhadap beban lateral atau gaya horizontal. Pengujian ini sangat penting untuk memastikan pondasi mampu menahan gaya lateral yang dihasilkan oleh faktor-faktor seperti angin, gempa bumi, arus air, tekanan tanah lateral dan gaya horizontal lainnya. Hasil dari pengujian ini membantu para insinyur dalam merancang pondasi yang aman dan efisien.



Gambar 15. Test beban lateral

Pengujian yang penting untuk memastikan keamanan dan efisiensi pondasi terhadap beban lateral. Dengan mengikuti prosedur yang tepat dan melakukan analisis mendalam terhadap data yang dihasilkan, pengujian ini memberikan informasi berharga bagi insinyur untuk mendesain struktur yang tahan terhadap gaya lateral, seperti bangunan tinggi, jembatan dan dermaga. Meski memerlukan biaya dan waktu yang cukup besar, manfaat yang diperoleh dari pengujian ini jauh lebih signifikan untuk mencegah kegagalan struktur di masa mendatang.

Metode Kerja Pengujian Pile Dynamic Analyzer Test

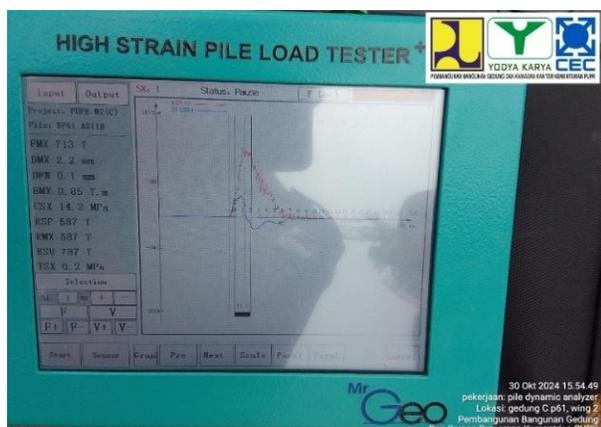
Pile Dynamic Analyzer (PDA) adalah suatu sistem pengujian dengan menggunakan data digital komputer yang diperoleh dari *strain transducer* dan *accelerometer* untuk memperoleh kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan palu dengan berat tertentu. Hasil dari pengujian PDA terdiri dari kapasitas tiang, energi palu, penurunan dan lain-lain.

Pada umumnya, pengujian dengan metode PDA dilaksanakan setelah tiang mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan tumbukan palu. Metode lain yang dapat digunakan untuk menahan tumbukan adalah dengan menggunakan *cushion*, merendahkan tinggi jatuh palu & menggunakan palu yang lebih berat. PDA merekam regangan dan percepatan gelombang yang terjadi akibat tumbukan dari palu yang dijatuhkan di atas kepala tiang dari ketinggian tertentu. Daya dukung tiang dari hasil PDA akan dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan program CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*), yaitu metode untuk menentukan persamaan gelombang berdasarkan parameter tanah aktif akibat beban *impact*, yang dikembangkan di Case Western Reserve University.

Dalam metode ASTM D-4945-1996, PDA *test* ini dilakukan guna untuk mengetahui daya dukung aksial tiang. Dari perhitungan, beberapa variabel uji dapat diukur seperti tekanan *ultimate bearing*, penggabungan tiang, beban maksimum pada tiang uji. PDA *test* pelaksanaannya mengacu pada ASTM D-4945 (*Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations*) : "This test method is used to provide data on strain or force and acceleration, velocity or displacement of a pile under impact force. The data are used to estimate the bearing capacity and the integrity of the pile, as well as hammer performance, pile stresses, and soil dynamic characteristics, such as soil damping coefficients and quake values. This test method is not intended to replace Test Method D 1143."

Pengujian dengan metode PDA dilaksanakan setelah tiang mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan tumbukan palu (*hammer*) atau umur tiang telah mencapai 28 hari (ASTM D-4945-1996). Pada pengujian dengan metode PDA terdapat beberapa parameter pendukung, yaitu:

- CAPWAP (*Case Wave Analysis Program*) adalah analisis lanjutan yang dilakukan bersama dengan pengujian PDA adalah analisis CAPWAP yang merupakan salah satu metode *Signal Matching Analysis* (SMA). Analisis ini menggunakan data yang diperoleh dari pengujian PDA untuk memberikan hasil analisis yang lebih detail (ASTM D-4945-1996). Dari analisis CAPWAP kita akan mengetahui lebih rinci data yang diperoleh dari pengujian PDA *test*, dengan tambahan informasi: tahanan ujung pondasi tiang tunggal, tahanan friksi pondasi tiang tunggal dan simulasi statik *loading test*.
- Data dan parameter pengujian PDA *test* adalah penghentian *re-strike* dan perekaman data dilakukan setelah pengujian yakin bahwa *hammer* telah memberikan energi transfer maksimum yang mampu dilakukannya.
- *Refusal* dan *Ultimate* adalah pengujian dengan PDA *test* yang akan memperoleh hasil daya dukung yang bersifat salah satu dari dua kondisi yaitu *Ultimate* dan *Refusal*. Daya dukung yang bersifat *refusal* adalah daya dukung yang terdeteksi/terdata dan dianalisis merupakan daya dukung yang diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang belum sepenuhnya termobilisasi. Kondisi belum sepenuhnya termobilisasi adalah kondisi di mana pondasi tiang belum mencapai kapasitas tertinggi atau *ultimate*-nya. Kondisi ini dapat disebabkan karena pada saat pengujian/*re-strike* dilakukan, energi yang ditransfer tidak cukup besar untuk memobilisasi seluruh kemampuan tahanan atau daya dukung pondasi tiang yang diuji. Pengertian daya dukung yang bersifat *ultimate* adalah daya dukung yang diperoleh dari kondisi pondasi tiang yang sudah termobilisasi sepenuhnya (ASTM D-4945-1996).



Gambar 16. Hasil test *Pile Dynamic Analyzer*

Metode Kerja Pengujian *Pile Integrity Test*

Pile Integrity Test (PIT) atau juga sering disebut *low strain dynamic test* atau *sonic pulse echo method* adalah salah satu metode untuk memprediksi kondisi tiang. Dinamakan "*low strain dynamic test*" karena pada metode ini palu tangan yang dipukulkan pada *pile head* menghasilkan regangan rendah (*low strain*). Metode ini cukup efektif dari segi biaya dan waktu. Prinsip pengujian PIT menggunakan teori gelombang 1-D CASE. Pengujian PIT saat ini hanya dapat dilakukan pada tiang beton saja, karena adanya limitasi ratio diameter terhadap panjang tiang dan dilaksanakan merujuk pada ASTM D5882-07 (Lrfd, 2004).

Peralatan Pengujian PIT

Metode *Pile Integrity Test* membutuhkan instrumen akselerometer, sebuah *hammer* dan *processing unit* atau *PIT Collector*. Skema pemasangan instrumen tersebut tergantung metode analisis yang dipilih. Terdapat beberapa peralatan yang digunakan pada pengujian *Pile Integrity Test* yaitu akselerometer.

Akselerometer adalah alat untuk mengukur total gaya spesifik eksternal pada suatu struktur. Gaya ini seringkali hanya dikaitkan dengan percepatan atau akselerasi, namun hal ini tidak sepenuhnya benar. Karena akselerometer yang diletakkan di atas meja dan memiliki percepatan nol, akan terbaca gaya spesifik sebesar sama dengan akselerasi akibat gaya gravitasi bumi di lokasi tersebut yaitu sebesar 1 g (gravitasi bumi berbeda satu lokasi dengan lokasi lainnya). Hal ini dikarenakan meja menghasilkan reaksi pada akselerometer sebesar berat akselerometer. Jika akselerometer berada di ruang vakum sehingga tidak ada gaya eksternal yang bekerja maka akselerometer akan terbaca nol. Akselerometer mengukur total gaya spesifik eksternal pada suatu struktur gaya ini bisa berupa statik seperti gaya konstan dari gravitasi, atau bisa juga dinamik seperti gerakan atau getaran dari akselerometer. Gaya yang disebabkan oleh getaran atau perubahan gerakan (akselerasi) menyebabkan massa "menekan" *material piezoelectric* (berisi struktur kristal mikroskopik) yang menghasilkan muatan listrik yang proporsional dengan gaya yang dikenakan. Oleh karena muatan yang dihasilkan proporsional terhadap gaya, dan massa adalah konstan, maka muatan tersebut juga proporsional terhadap akselerasi. Ada 2 tipe *piezoelectric accelerometer*. Tipe pertama adalah *high impedance output accelerometer*. Pada tipe ini, kristal piezoelektrik menghasilkan muatan listrik yang dihubungkan langsung dengan instrumen pengukur. Output dari muatan memerlukan akomodasi khusus dan instrumen yang banyak dimiliki oleh fasilitas penelitian. Sedangkan tipe kedua adalah *low impedance output accelerometer*. *Low impedance output accelerometer* memiliki muatan akselerometer sama seperti tipe pertama namun terpasang *micro-circuit* tipis dan transistor FET yang mengkonversi muatan tersebut

menjadi *low impedance voltage* yang dapat dengan mudah dihubungkan dengan *instrument standar*. Akselerometer umumnya dipasang pada kepala tiang dengan *adhesive* berupa perekat khusus (*wax*) dan lapisannya dibuat setipis mungkin untuk menghindari redaman getaran akibat fleksibilitas dari lapisan perekat.

- Pengujian miring (di mana posisi vertikal pemancar dan penerima tidak sejajar dalam tabung) setidaknya untuk pasangan tabung perimeter. Berdasarkan sistem pelabelan yang telah ditetapkan untuk tabung, pengujian CSL harus dilakukan di antara semua pasangan tabung akses perimeter yang berdekatan dan melintasi setidaknya seluruh diagonal utama pada tiang bor. Apabila ditemukan cacat pada tiang bor yang memiliki lebih dari empat tabung, pencatatan tambahan pada pasangan tabung diagonal lainnya mungkin diperlukan untuk memperkirakan sejauh mana cacat tersebut.
- *Probe* harus diturunkan dari bagian atas tiang bor untuk mengukur panjang tabung akses. *Probe* tersebut harus ditarik secara bersamaan, dengan pengukuran CSL dilakukan pada interval 50 mm (2 inci) atau kurang dari bagian bawah hingga bagian atas tiang bor.
- Cacat yang terindikasi sinyal yang terlambat dengan amplitudo/energi yang jauh lebih rendah harus segera dilaporkan kepada Insinyur. Pengujian tambahan, seperti pengujian CSL dengan elevasi *offset*, dapat diminta oleh Insinyur untuk mengevaluasi lebih lanjut sejauh mana cakupan cacat tersebut. Apabila terjadi pemisahan antara tabung akses dan beton yang terdeteksi melalui hasil CSL, maka metode pengujian alternatif harus diterapkan untuk memastikan integritas beton pada wilayah yang terpisah tersebut.

Hasil Pengujian CSL harus mencakup penyajian Log CSL untuk setiap pasangan tabung yang diuji, di antaranya:

- Penyajian diagram puncak
- Waktu *First Arrival Time* dan Kecepatan Gelombang terhadap kedalaman

Dalam penilaian integritas tiang bor didasarkan pada peningkatan "waktu kedatangan pertama" (FAT) dan penurunan energi relatif terhadap waktu kedatangan atau energi pada zona beton yang baik yang terdekat. Zona cacat atau kerusakan, apabila ada, harus dicatat pada log, disertakan dalam tabel, dan dibahas dalam teks laporan terkait cakupan horizontal dan vertikal serta lokasi zona tersebut.

Kerusakan harus ditangani jika memengaruhi lebih dari 50% profil. Cacat harus ditangani jika memengaruhi lebih dari satu profil (profil dihasilkan dari investigasi menyeluruh dari bawah ke atas antara 2 tabung) pada penampang yang sama. Cacat atau

kerusakan yang meliputi seluruh penampang mendefinisikan lapisan penuh yang memerlukan perbaikan. Langkah-langkah tambahan seperti pengeboran inti, perbaikan atau penggantian, pengujian ulang setelah waktu tunggu yang lebih lama, atau pengujian menggunakan metode lainnya (gamma-gamma, strain rendah, strain tinggi).

Studi Kasus Pengujian Beban Axial Tekan

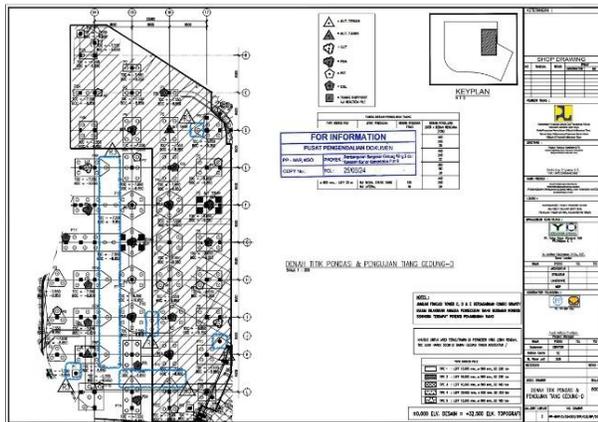
Dalam proyek pembangunan Gedung PUPR Wing 2, terdapat 5 unit bangunan utama, yaitu Gedung A, B, C, D dan E, yang dirancang dengan jumlah *bored pile* yang bervariasi. Perbedaan jumlah *bored pile* pada masing-masing gedung disesuaikan dengan kebutuhan spesifik berdasarkan fungsi bangunan, desain struktur, serta beban yang direncanakan. Variasi ini mempertimbangkan sejumlah faktor teknis, termasuk karakteristik tanah di lokasi, dimensi bangunan dan distribusi beban yang dirancang untuk memastikan stabilitas serta keamanan struktur secara keseluruhan. Adapun jumlah *bored pile* pada setiap gedung adalah sebagai berikut:

- Gedung A: 190 *bored pile*
- Gedung B: 352 *bored pile*
- Gedung C: 211 *bored pile*
- Gedung D: 227 *bored pile*
- Gedung E: 236 *bored pile*

Penelitian ini secara khusus akan membahas studi kasus kegagalan pengujian beban pada *bored pile* yang digunakan dalam konstruksi Gedung D. Pengujian beban axial tekan dilakukan untuk mengevaluasi performa *bored pile* dalam mendukung beban sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

Jumlah *bored pile* Gedung D yang mewakili untuk dilakukan pengujian di antaranya:

- *Axial Static Load Test* : 2 Titik *bored pile*
- *Lateral Static Load Test* : 2 Titik *bored pile*
- *Pile Dynamic Analyzer Test* : 8 Titik *bored pile*
- *Pile Integrity Test* : 10 Titik *bored pile*
- *Crosshole Sonic Logging Test* : 8 Titik *bored pile*



Gambar 17. Denah titik pondasi & pengujian pile Gedung D

Pengujian beban axial tekan dilakukan pada 2 titik *bored pile*, yaitu BP96 dan BP56. Pada proses pengujian, ditemukan bahwa *bored pile* BP96 mengalami kegagalan dalam menahan beban yang diberikan. Kegagalan ini terjadi karena *bored pile* tidak mampu mendukung beban sesuai dengan kapasitas yang dirancang.

Pengujian beban axial tekan dilakukan dengan prosedur pembebanan *cyclic*, yang dikenal sebagai Uji Beban Siklik. Berdasarkan standar ASTM-D1143, pemberian beban dilakukan dalam 3 tingkatan, yaitu 50%, 100% dan 150% dari beban desain. Setiap penambahan beban dilakukan dengan interval waktu selama 20 menit untuk memastikan kestabilan pembebanan dan mengukur respon pondasi secara akurat terhadap variasi beban yang diterapkan. Pada metode pembebanan *cyclic* terbagi menjadi 4 *cycle* dapat dilihat pada *schedule* test beban axial tekan.

KESIMPULAN

Pada Gedung D di Wing 2 terdapat 227 titik *bored pile* untuk memastikan kualitas dan kekuatan *bored pile*, dilakukan beberapa jenis pengujian pembebanan. Setiap jenis pengujian tersebut dirancang untuk memastikan bahwa *bored pile* memiliki kemampuan dan ketahanan yang memadai dalam mendukung struktur bangunan di atasnya. Pengujian *axial* dan *lateral load test* bertujuan untuk mengukur daya dukung statis *bored pile* terhadap beban vertikal dan horizontal. Sementara itu, pengujian dinamis seperti *Pile Dynamic Analyzer Test* dan *Crosshole Sonic Logging Test* memberikan data teknis tambahan yang lebih mendalam mengenai kualitas material dan kemampuan *bored pile* dalam menghadapi beban operasional.

Pada pengujian *Axial Static Load Test*, dua titik *bored pile* dipilih sebagai sampel pengujian, yaitu BP96 dan BP56. Berdasarkan hasil pengujian, *bored pile* BP96 dinyatakan gagal dalam pengujian *Axial Static Load Test*, dengan indikasi adanya keretakan pada bagian kepala *bored pile* selama proses pengujian. Dalam kondisi awal,

setiap *bored pile* dirancang untuk menahan beban sebesar 220 ton, yang setara dengan 100% kapasitas desain. Namun, pada saat pengujian, BP96 tidak mampu menahan beban sebesar 330 ton atau 150% kapasitas desain, sehingga pengujian harus dihentikan

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, S. S., Roestaman, R., & Permana, S. (2021). Analisis Perbandingan Kapasitas Kuat Dukung Pondasi Bore Pile Berdasarkan Hasil Pengujian SPT dan CPT. *Jurnal Konstruksi*, 19(2), 549-560.
- ASTM International. (2007). *Standard Test Methods for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations* (D5882 – 07), United State: ASTM International
- ASTM International. (2012). *Standard Test Deep Foundations Under Lateral Load* (D3966 – 07), United State: ASTM International
- ASTM International. (2012). *Standard Test Methods for Deep Foundations Under Static Axial Compressive Load* (D1143/D1143M – 07), United State: ASTM International
- ASTM International. (2012). *Standard Test Methods for High – Strain Dynamic Testing of Deep Foundations* (D4945 – 12), United State: ASTM International
- ASTM International. (2012). *Standard Test Methods for Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data* (D6026 – 07), United State: ASTM International
- ASTM International. (2012). *Standard Test Methods for Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids* (D653 – 07), United State: ASTM International
- ASTM International. (2016). *Standard Test Methods for Integrity Testing of Concrete Deep Foundation by Ultrasonic Crosshole Testing* (D6760 – 16), United State: ASTM International
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Standar Nasional Indonesia (SNI-1972-2008: Cara Uji Slump Test Beton)*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *Standar Nasional Indonesia (SNI-1974-2011: Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder)*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *Standar Nasional Indonesia (SNI-8460-2017: Metode Pengujian kuat Tarik Baja Beton)*. Jakarta.
- Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Jawat, I. W., Gita, P. P. T., & Dharmayoga, I. M. S. (2020). Kajian Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Tahap Perencanaan Pelaksanaan. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(2), 126-142.
- Jaya, A. V., Beatrix, M., & Mawariza, P. S. (2023). Analisis Pondasi Bore Pile Dan Tiang Pancang

- Terhadap Biaya Dan Waktu Pengerjaan: Studi Kasus: Pada Proyek Pembangunan Pangkalan Penjagaan Laut Dan Pantai Kelas Ii Tanjung Perak. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 3(1), 786-792.
- Megananda, S., Marianti, A. S., & Indra, S. (2020). *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Bawah Gedung Menggunakan Pondasi Bore Pile (Studi Kasus Gedung Pascasarjana Unisma)* (Vol. 1)
- Muluk, M., Hamid, D., Satwarnirat, S., Dalrino, D., & Santi, M. (2020). Studi Perbandingan Pondasi Tiang Pancang Dengan Pondasi Bore Pile (Studi Kasus: Pelaksanaan Pembangunan Pondasi Tower Grand Kamala Lagoon-Bekasi). *Jurnal Teknik Sipil Itp*, 7(1), 26–33. <https://doi.org/10.21063/jts.2019.v701.04>
- Sungkana, S. R. K., Ratnaningsih, A., & Soetjipto, J. W. (2023). Analisis Faktor Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Pondasi Bore Pile Menggunakan Metode Fault Tree Analysis. *Bulletin Of Civil Engineering*, 3(1), 25–30. <https://doi.org/10.18196/bce.v3i1.17491>
- Taras Bulba, A., & Yunita, M. (2014). *Studi Nilai Produktivitas Pekerjaan Pondasi Bored Pile*. 3(2), 199–208.
- Waruwu, J. K., & Hamzah, A. (2021). Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Sondir Pada Proyek Pembangunan Pasar Baru Panyabungan Kabupaten Madina. *Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil Dan Sains*, 1(1).