

ANALISIS PERBANDINGAN PENGUJIAN BORE PILE MENGGUNAKAN SLT (STATIC LOADING TEST) DENGAN PDA (PILE DRIVING ANALYZER) (STUDI KASUS: PROYEK TSINGHUA KAMPUS, SERANGAN DENPASAR)

TJOKORDA ISTRI PRAGANINGRUM^{1)*}, ANAK AGUNG RATU RITAKA WANGSA²⁾,
NI LUH MADE AYU MIRAYANI PRADNYADARI³⁾, I WAYAN ANDIKA PRAYOGA PUTRA⁴⁾

Universitas Mahasaraswati Denpasar

praganingrum@unmas.ac.id (corresponding)

ABSTRAK

Pondasi memiliki peranan penting untuk mentransfer beban struktural di atasnya ke lapisan tanah bawah. Untuk membuktikan akurasi perhitungan desain kapasitas daya dukung tiang pondasi di lapangan perlu dilakukan suatu pengujian. Proyek Tsinghua Kampus adalah proyek yang terletak di daerah Serangan dengan menggunakan pondasi *bore pile* yang berdiameter 80 cm dimana untuk mengetahui daya dukung tiang pondasinya digunakan metode pengujian *Static Loading Test* (SLT) dan *Pile Driving Analyzer* (PDA). Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pilihan dari hasil perbandingan metode pelaksanaan terhadap waktu dan biaya yang dibutuhkan dalam kedua metode pengujian tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melalui observasi yang meninjau langsung ke lapangan untuk mencari aspek-aspek yang perlu di bahas untuk membandingkan kedua metode pengujian tersebut. Hasil dari pengujian *Static Loding Test* memerlukan biaya sebesar Rp. 257.990.000,00 untuk pengujian 1 titik tiang pondasi dan durasi pengujian selama 7 hari untuk 1 titik pengujian, sedangkan *Pile Driving Analyzer* lebih diperlukan realitas model yang kompleks dan lebih maju agar hasilnya dapat digunakan dalam analisis gerakan. Maka perlu mendapatkan cara yang lebih baik untuk memisahkan resistensi poros dan kaki. Namun, perlu diketahui bahwa yang menggunakan hasil PDA harus memahami bahwa pentingnya memasukkan informasi tentang tanah lapisan dan karakteristik tanah, air tanah dan tekanan pori, dan hal-hal geoteknik lainnya dan membawa informasi ini setara dalam kualitas dengan catatan dinamis. Selain memerlukan biaya sebesar Rp. 23.104.000,00 dan durasi pengujian *Pile Driving Analyzer* yaitu selama 2 hari untuk 2 titik pengujian. Nilai daya dukung *ultimit* penganalisa *Pile Driving Analyzer* diketahui paling mendekati hasil uji *Static Loding Test* yang diinterpretasikan dengan metode Chin.

Kata kunci: Pondasi, *Static Loding Test*, *Pile Driving Analyzer*.

ABSTRACT

The foundation has an important role to transfer the structural load above it to the lower soil layer. To prove the accuracy of the calculation of the design of the carrying capacity of foundation piles in the field, it is necessary to carry out a test. The Tsinghua Campus Project is a project located in the Serangan area using a bore pile foundation with a diameter of 80 cm where to determine the carrying capacity of the foundation pile used Static Loading Test (SLT) and Pile Driving Analyzer (PDA) test methods. The purpose of this study is to determine the choice from the results of the comparison of implementation methods with the time and cost required in the two test methods. The method used in this study is through observation that visits directly to the field to look for aspects that need to be discussed to compare the two testing methods. The results of the Static Loding Test require a fee of Rp. 257,990,000.00 for testing 1 point of foundation piles and a test duration of 7 days for 1 test point, while the Pile Driving Analyzer requires more complex and more advanced reality models so that the results can be used in motion analysis. Then it is necessary to get a better way to separate the resistance of the shaft and the foot. However, please be aware that those using PDA results should understand that it is important to include information about subsoil and soil characteristics, groundwater and pore pressure, and other geotechnical matters and bring this information equivalent in quality to dynamic records. In addition to requiring a cost of Rp. 23,104,000.00 and the duration of the Pile Driving Analyzer test is for 2 days for 2 test points. The ultimate carrying capacity value of the Pile Driving Analyzer analyzer is known to be closest to the results of the Static Loding Test test interpreted by the Chin method.

Keywords: Foundation, *Static Loding Test*, *Pile Driving Analyzer*.

PENDAHULUAN

Pondasi memainkan peran penting dalam mentransfer beban struktur di atas ke strata di bawahnya. Jika kekuatan tanah tidak dapat menopang beban pondasi, maka akan terjadi penurunan tanah yang berlebihan atau keruntuhan tanah yang merusak struktur pada pondasi (Haidar *et al.*, 2023).

Uji beban tiang adalah metode untuk memverifikasi seberapa banyak beban yang dapat ditahan oleh struktur pondasi tiang. Uji beban diperlukan untuk memverifikasi keakuratan perhitungan desain daya dukung tiang di lapangan. Dengan dukungan sistem pemantauan peralatan yang sesuai, pengujian tegangan dapat berhasil. Ada dua jenis metode pengujian tegangan *Static Loading Test* dan *Pile Driving Analyzer* (Kusuma, Kurniawan and Budi, 2022).

Pemilihan metode pelaksanaan pengujian daya dukung tiang pondasi sangatlah penting karena berpengaruh pada waktu pelaksanaan dan biaya proyek. Pada studi kasus pada penelitian ini, metode pengujian yang digunakan adalah *Static Loading Test*, dimana pengujian dilakukan di proyek Tsinghua Campus, Serangan, Denpasar. Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan nantinya kontraktor lebih bisa mempertimbangkan pemilihan metode pelaksanaan pengujian daya dukung tiang pondasi agar tidak terjadi pembengkakan pada biaya proyek.

Sebuah proyek dapat didefinisikan sebagai kegiatan terbatas waktu di mana sumber daya tertentu berkomitmen untuk menghasilkan produk dengan standar kualitas yang terdefinisi dengan baik. Berdasarkan pengertian di atas, maka ciri-ciri utama proyek adalah (Gani *et al.*, 2016). Suatu proyek dikatakan berhasil jika lingkup pekerjaan diselesaikan tepat waktu dengan personel yang bekerja secara efektif dan efisien dengan menggunakan biaya serendah mungkin. Oleh karena itu, perencanaan yang matang diperlukan sebelum melaksanakan proyek apapun.

Menurut (Sudarsana, 2008), manajemen adalah suatu ilmu pengetahuan tentang seni memimpin organisasi yang terdiri dari kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan dan pengendalian terhadap sumber daya yang terbatas dalam usaha mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien. Tujuan manajemen adalah mendapatkan metode atau cara teknis yang paling baik, agar dengan sumber sumber daya yang terbatas diperoleh hasil maksimal dalam hal ketepatan, kecepatan, penghematan dan keselamatan kerja secara komprehensif.

Menurut (Widjanarko, 2006), pondasi adalah suatu struktur bangunan yang diletakkan di atas pondasi suatu bangunan karena pondasi itu sendiri bertindak sebagai penyalur beban dari bagian atas bangunan ke tanah. Pondasi merupakan salah satu faktor kunci yang menentukan kekuatan suatu bangunan. Sebuah bangunan dengan pondasi yang lemah sangat mungkin untuk runtuh. Perhitungan pondasi harus didasarkan pada kondisi tanah di lokasi dan pemeriksaan harus dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut Sondir atau SPT untuk menentukan kondisi tanah. Setelah Anda memiliki data, lakukan perhitungan. Pondasi itu sendiri meliputi pondasi kaki, pondasi ceker ayam, pondasi penetrasi, pondasi tiang pancang, tiang bor, dan tiang *strauss* (Azizah, 2020).

Menurut (Wahyudiono and Anam, 2018), pondasi *bore pile* adalah jenis pondasi dalam desain tubular yang membantu mentransfer beban bangunan ke lapisan tanah yang keras. Pondasi *bore pile* juga sering disebut pondasi *bore pile* dalam dunia profesional. Pondasi ini digunakan bila tidak ada cukup tanah di atasnya untuk menopang beban total bangunan, sehingga diperlukan tambahan kapasitas dukung beban.

Menurut (Syahrul, 2022), *Pile Driving Analyzer* (PDA) adalah sistem yang paling banyak digunakan di dunia untuk pengujian beban dinamis dan pemantauan tiang. PDA dapat mengukur kapasitas beberapa menara dalam sehari. PDA juga menilai integritas tiang dan memeriksa tegangan palu dan energi selama pemasangan tiang. *Pile Driving Analyzer* (PDA) adalah metode pengujian pondasi tiang menggunakan data komputer digital yang diperoleh dari *strain transducer* dan *accelerometer* dan menghasilkan kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan *hammer* (Ardiansyah, Aliehudien and Gunasti, 2024).

Rumusan Masalah

Permasalahan yang ditinjau adalah bagaimana perbandingan metode pelaksanaan terhadap waktu dan biaya yang dibutuhkan dalam pengujian *Bore Pile* menggunakan SLT (*Static Loading Test*) dengan PDA (*Pile Driving Analyzer*) ?

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menentukan pilihan dari hasil perbandingan metode pelaksanaan terhadap waktu dan biaya yang dibutuhkan dalam pengujian *Bore Pile* menggunakan SLT (*Static Loading Test*) dengan PDA (*Pile Driving Analyzer*).

METODE PENELITIAN

Studi yang dilakukan termasuk dalam studi kasus. Berdasarkan sifat pertanyaan penelitian, desain penelitian ini dapat diklasifikasikan sebagai penelitian deskriptif komparatif. Menggambarkan berarti menghadapi masalah yang ada berdasarkan data, membandingkan berarti membandingkan (Narbuko and Ahmadi, 2002).

Dalam kerangka penelitian ini, beberapa metode implementasi dibandingkan dan dianalisis pengujian daya dukung tiang pondasi dengan metode uji beban *static loading test* dengan *pile driver analyzer*. Penelitian ini dilakukan melalui observasi dari penulis yang meninjau langsung ke lapangan untuk mencari aspek-aspek yang perlu di bahas untuk membandingkan pengujian *static loding test* dan *pile driving analyzer* mulai dari persiapan pengujian, biaya pengujian, tahapan pengujian sampai waktu pengujian. Hasil luaran dari penelitian ini berupa tabel dan deskripsi perbandingan pengujian yang manakah yang lebih efisien untuk dilakukan guna mengetahui daya dukung tiang pondasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan tahapan analisis terhadap data yang digunakan, kemudian membuat metode pelaksanaan sesuai dengan urutan pekerjaan yang telah direncanakan.

Uraian Kegiatan

Deskripsi pekerjaan adalah dokumen yang menjelaskan tanggung jawab dan kualifikasi pekerjaan tertentu berdasarkan analisis pekerjaan.

Pengelompokan kegiatan-kegiatan pengujian harus dilakukan sesuai urutan pengujian berdasarkan metode yang digunakan di lapangan karena akan berpengaruh pada perhitungan siklus. Berikut merupakan uraian kegiatan *Static Loding Test* pada Tabel 1 dan uraian kegiatan *Pile Driving Analyzer* pada Tabel 2.

Tabel 1. Uraian Kegiatan *Static Loding Test*

| No. | URAIAN KEGIATAN |
|-----|--|
| 1. | Pekerjaan Persiapan Lahan |
| 2. | Kontrol Elevasi dan Levelling |
| 3. | Pembentukan Platform Galian di Sekitar Tiang Uji |
| 4. | Persiapan Pada Tiang Uji |
| 5. | Pengukuran Posisi Cremona |
| 6. | Pemasangan Concrete Base Plate |
| 7. | Pemasangan Cremona |
| 8. | Pemasangan Steel Plate dan Hydraulic Jack |
| 9. | Pemasangan Main Beam |
| 10. | Pemasangan Cross Beam |
| 11. | Pemasangan Counter Weight |
| 12. | Pemasangan Bracing |
| 13. | Pemasangan Peralatan Pengujian |
| 14. | Pemasangan Perlengkapan Penunjang |

Tabel 2. Uraian Kegiatan *Pile Driving Analyzer*

| No. | URAIAN KEGIATAN |
|-----|---|
| 1. | Pekerjaan Persiapan Lahan |
| 2. | Mempersiapkan tiang untuk PDA |
| 3. | Menyediakan tempat perlindungan untuk melindungi alat PDA dari kondisi panas matahari |
| 4. | Bor sampai dengan total 16 lubang baut di kedua sisi atau 4 sisi tiang |
| 5. | Monitor secara Menerus - Continues monitoring |
| 6. | Monitor Pukulan Ulang - Redrive Monitoring |

Biaya Pengujian

Analisis data yang dalam pembuatan biaya pengujian *Static Loding Test* berdasarkan data primer yang didapatkan oleh penulis. Berikut dijabarkan daftar sumber daya dan alat *Static Loding Test* pada Tabel 3 dan daftar sumber daya dan alat *Pile Driving Analyzer* pada Tabel 4 dengan jumlah harga satuan dari masing-masing uraiannya.

Tabel 3. Daftar Sumber Daya dan Alat *Static Loding Test*

| No. | Uraian | Satuan | Harga Satuan (Rp) |
|-----|--|--------|-------------------|
| 1. | Mob Demob peralatan | ls | Rp 35,500,000.00 |
| 2. | Axial <i>test</i> (240 ton 200%) = 480 ton | titik | Rp 107,000,000.00 |
| 3. | Lateral <i>test</i> | titik | Rp 2,000,000.00 |
| 4. | Akomodasi | bulan | Rp 1,500,000.00 |

Tabel 4. Daftar Sumber Daya dan Alat *Pile Driving Analyzer*

| No. | Uraian | Satuan | Harga Satuan |
|-----|-----------------|--------|---------------|
| 1. | PDA <i>test</i> | titik | 3,500,000.00 |
| 2. | Mesin HSPD | bh | 10,000,000.00 |
| 3. | Engineering fee | hari | 1,000,000.00 |
| 4. | Akomodasi | hari | 1,000,000.00 |
| 5. | Transportasi | trip | 2,052,200.00 |

Tahapan Kegiatan dan Persyaratan Teknis

Pada tahapan kegiatan dan persyaratan teknis akan dijabarkan masing-masing tahapan kegiatan sesuai yang telah diuraikan. Terdapat 14 kegiatan pekerjaan yang masing-masingnya dijabarkan dan dijelaskan tahapan pekerjaannya, dan selanjutnya dijelaskan masing-masing spesifikasinya agar pada saat pengerjaan bisa memahami tahapan pengerjaannya. Berikut ditampilkan uraian kegiatan pengujian *Static Loding Test* dan *Pile Driving Analyzer* pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Uraian dan Tahapan Kegiatan *Static Loding Test*

| No. | Uraian Kegiatan | Tahapan Kegiatan | Persyaratan Teknis Pelaksanaan |
|-----|--|--|--|
| 1. | Pekerjaan Persiapan Lahan | 1. Perataan tanah dengan <i>excavator, vobro-roller</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Luas lahan yang dipersiapkan 10m x 10m 2. Lahan tanah harus rata tidak boleh ada perbedaan elevasi 3. Memiliki elevasi yang sama 4. Tanah harus keras, kuat dan padat 5. Apabila tanah tidak cukup kuat, diurug dengan <i>lime stone</i> atau material padat lainnya |
| 2. | Kontrol Elevasi dan <i>Levelling</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pasang patok dan 2. Ukur elevasi 3. Pasang benang sebagai media acuan elevasi | <ol style="list-style-type: none"> 1. Patok harus sama tinggi dengan patok yang lain 2. Ukur elevasi dengan selang <i>waterpas</i> dan beri tanda pada patok sebagai pengingat elevasi 3. Benang harus dipasang pada patok yang sudah diberi tanda elevasi 4. Pastikan elevasi benar-benar rata sebelum alat dipasang 5. Cek kembali elevasi |
| 3. | Pembentukan platform galian di sekitar tiang uji | <ol style="list-style-type: none"> 1. Excavator sebagai alat gali 2. Buat galian di tiang pondasi | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pasangan dinding batako mengelilingi dinding galian 2. Galian berukuran 120cm x 120 cm dengan kedalaman < 100 cm. |
| 4. | Persiapan Pada Tiang Uji | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ukur permukaan tiang 2. Pasang benang di permukaan tiang 3. Gerinda permukaan tiang | <ol style="list-style-type: none"> 1. Permukaan tiang diukur untuk elevasi yang sama 2. Pemasangan benang harus sesuai dengan ukuran elevasi 3. Gunakan grinda untuk meratakan dan menghaluskan permukaan tiang 4. <i>Waterpass</i> permukaan tiang 5. Gunakan benang untuk mengecek kembali kerataan permukaan tiang agar hasil lebih maksimal |
| 5. | Pengukuran Posisi <i>Cremona</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pastikan ukuran <i>cremona</i> 2. Ukur lahan menyesuaikan ukuran <i>cremona</i> 3. Setting agar tiang uji berada di as <i>cremona</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pengukuran ini harus dilakukan dengan tepat agar pembebanan seimbang 2. Pastikan lahan yang rata lebih besar dari pada ukuran <i>cremona</i> 3. Pastikan tiang uji berada di tengah/as <i>cremona</i> agar pembebanan merata dan seimbang |
| 6. | Pemasangan <i>Concrete Base Plate</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Siapkan <i>crane</i> sebagai alat bantu 2. Letakan <i>Concrete Base Plate</i> pada area yang sudah disetting | <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Crane</i> sebagai alat bantu untuk angkat berat agar bisa memudahkan untuk setting <i>Concrete Base Plate</i> 2. <i>Base Plate</i> berfungsi agar tidak terjadi penurunan <i>Cremona</i> secara tiba-tiba yang menyebabkan ketidakstabilan |

| | | | |
|-----|---|---|---|
| | | | <p>3. <i>Base Plate</i> terdiri dari <i>Base Plate</i> untuk <i>Cremona</i> Samping dan <i>Cremona</i> Tengah</p> <p>4. Untuk bagian samping dipasang</p> <p>5. <i>Base Plate</i> berukuran 230 x 300 cm sebanyak 2 unit dan bagian tengah berukuran 120 x 120 cm sebanyak 2 unit pada kedua sisi</p> |
| 7. | Pemasangan <i>Cremona</i> | <p>1. Setting <i>cremona</i> diatas <i>base plate</i></p> <p>2. Gunakan <i>crane</i> sebagai alat bantu</p> | <p>1. Letakan <i>cremona</i> pada as <i>base plate</i> yang sudah diberi tanda</p> <p>2. Jika sudah tepat di as, turunkan <i>cremona</i> dengan <i>crane</i> secara perlahan agar posisi tidak pindah dari as</p> |
| 8. | Pemasangan <i>Steel Plate</i> dan <i>Hydraulic Jack Cremona</i> | <p>1. Siapkan <i>steel plat</i></p> <p>2. Letakan diatas permukaan tiang</p> <p>3. Pasang <i>hydraulic jack</i> diatas permukaan <i>steel plat</i></p> | <p>1. <i>Steel plate</i> yang dibutuhkan berukuran 100cm x 100cm x 4cm</p> <p>2. Pastikan permukaan tiang rata lalu setting <i>steel plate</i> diatas permukaan tiang</p> <p>3. Setelah <i>steel plate</i> terpasang, setting <i>hydraulic jack</i> diatas <i>steel plate</i> dengan bantuan <i>crane</i></p> |
| 9. | Pemasangan <i>Main Beam</i> | <p>1. Setting <i>main beam</i> diatas <i>hydraulic jack</i></p> <p>2. Pastikan posisi <i>main beam</i> ditengah/as</p> | <p>1. <i>Main beam</i> merupakan material baja WF</p> <p>2. Beri tanda pada <i>main beam</i> agar posisi pas di tengah/as</p> <p>3. Gunakan bantuan <i>crane</i> untuk setting <i>main beam</i></p> |
| 10. | Pemasangan <i>Cross/Secondary Beam</i> | <p>1. Setting <i>Cross/Secondary Beam</i> satu demi satu</p> <p>2. Pasang baut pada tiap lubang dan kencangkan</p> | <p>1. <i>Secondary Beam</i> dipasang pada bagian atas <i>Cremona</i> dan <i>Main Beam</i> sebanyak 13 deret sepanjang 6 meter</p> <p>2. Perakitan <i>Cross/ Secondary Beam</i> pada <i>Main Beam</i> dan <i>Cremona</i> harus menggunakan baut untuk mencegah terjadinya guling setelah dipasang <i>Counter Weight</i>.</p> <p>3. Gunakan <i>crane</i> sebagai alat bantu untuk setting <i>Cross/Secondary Beam</i></p> |
| 11. | Pemasangan <i>Counter Weight</i> | <p>1. Pasang CW satu per satu</p> <p>2. CW disusun berdasarkan beban <i>ultimate</i></p> | <p>1. Jika sudah selesai setting <i>Cross/Secondary Beam</i> persiapkan CW</p> <p>2. Susun CW diatas <i>Cross/Secondary Beam</i> dengan beberapa <i>layer</i></p> <p>3. Gunakan alat bantu berupa <i>crane</i> untuk setting CW</p> |
| 12. | Pemasangan <i>Bracing</i> | <p>1. Siapkan <i>bracing</i> dan <i>plate</i> siku</p> <p>2. Pasang <i>plate</i> siku di setiap sudut</p> <p>3. Ikat siku dengan <i>bracing</i> setiap sisi</p> | <p>1. Siku yang dipakai terbuat dari <i>plate</i> besi guna untuk menahan CW</p> <p>2. Pasang <i>bracing</i> secara menyilang di setiap sisi guna untuk menahan CW agar tetap stabil</p> |
| 13. | Pemasangan Peralatan Pengujian | <p>1. Pasang <i>electric pump</i> dan <i>dial gauge</i>.</p> <p>2. Pasang <i>Reference Beam</i></p> | <p>1. Setelah semua selesai di setting dilanjutkan dengan pemasangan perlengkapan pengujian seperti <i>electric pump</i> dan <i>dial gauge</i>.</p> <p>2. Pemasangan <i>dial gauge</i> perlu dilengkapi dengan pemasangan <i>Reference Beam</i>.</p> <p>3. <i>Reference Beam</i> harus kokoh dan kaku agar tidak terjadi pergerakan saat pembacaan penurunan</p> |
| 14. | Pemasangan Perlengkapan Penunjang | <p>1. Pasang Jam dinding</p> <p>2. Pasang Lampu</p> <p>3. Pasang Genset</p> <p>4. Pasang Tenda</p> <p>5. Pasang Police Line</p> | <p>1. Jam dinding digunakan untuk menuntukan waktu siklus pembebanan</p> <p>2. Lampu digunakan untuk penerangan di area pengujian</p> <p>3. Genset untuk mangilkan listrik ke pompa</p> <p>4. Tenda disediakan untuk tempat berteduh tem pencatat</p> <p>5. Police line berfungsi agar tidak ada yang memasuki area pengujian selain team pencatat dan engineering</p> |

Tabel 6. Uraian dan Tahapan Kegiatan *Pile Driving Analyzer*

| No. | Uraian Kegiatan | Tahapan Kegiatan | Persyaratan Teknis Pelaksanaan |
|-----|---------------------------|-------------------------|---|
| 1. | Pekerjaan Persiapan Lahan | Pembersihan lahan | <p>1. Pastikan lahan tidak mengganggu manuver mesin HSPD</p> <p>2. Pastikan diameter permukaan tiang pondasi sama dengan palu pemukul tiang pondasi agar hasil yang didapatkan maksimal</p> |
| 2. | Mempersiapkan tiang | Penggalian lubang untuk | <p>1. Galian untuk lubang PDA berukuran 3xD</p> |

| | | | |
|----|--|--|---|
| | untuk PDA | PDA | 2. Jika topping tiang ada rusak, potong bagian yang rusak he arah <i>horizontal</i> |
| 3. | Pelindung alat PDA dari kondisi panas matahari | Mencari tempat yang memungkinkan | 1. Suhu untuk tempat melindungi alat PDA 20-30 derajat Celcius 2. Jarak antara tempat berlindung dengan posisi tiang uji maksimal 20m |
| 4. | Pemasangan <i>Strain transducer</i> | 1. Siapkan <i>Strain transducer</i> 2. Bor pada bagian sisi luar tiang 3. Kencangkan dengan baut | 1. Sebelum di pasang ke tiang <i>Strain transducer</i> disetting dengan <i>Acceleromete</i> 2. Bor pade sisi luar tiang sebanyak 3 lubang dan pasang <i>Strain transducer</i> 3. Kencang baut yang sudah dipasang menggunakan kunci |
| 5. | Monitor secara Menerus - <i>Continues monitoring</i> | <i>Setting</i> mesin HSPD agar tepat diatas tiang uji | 1. Mesin HSPD harus berada tepat diatas benda uji 2. <i>Setting</i> beban ruyung tepat di permukaan tiang uji 3. Tumbuk benda uji sampai dapat hasil yang direncanakan atau lebih dari 2x beban rencana |
| 6. | Monitor Pukulan Ulang - <i>Redrive Monitoring</i> | 1. Siapkan monitor <i>engineering</i> 2. Jatuhkan beban ruyung | 1. Ikuti arahan dari <i>engineering</i> 2. Ketika diarahkan oleh <i>Engineer</i> , pasang kembali instrumen PDA dan pukul ulang |

Biaya Pengujian

Perbandingan biaya pengujian *Static Loding Test* dan *Pile Driving Analyzer* terlihat pada Tabel 7 dan Tabel 8. Jumlah biaya dari metode *Pile Driving Analyzer* jauh lebih rendah daripada *Static Loding Test*.

Tabel 7. Biaya Pengujian *Static Loding Test*

| No | Item | Jumlah Harga |
|----|-----------------------------------|-----------------------|
| 1 | Mob Demob peralatan | 35,500,000.00 |
| 2 | axial test (240 ton 200%)=480 ton | 214,000,000.00 |
| 3 | lateral test | 4,000,000.00 |
| 4 | akomodasi | 1,500,000.00 |
| 5 | Operator | 130,000.00 |
| 6 | Halper | 240,000.00 |
| 7 | Engineering | 2,500,000.00 |
| 8 | Pelaksana | 120,000.00 |
| | | 257,990,000.00 |

Tabel 8. Biaya Pengujian *Pile Driving Analyzer*

| No. | Item | Jumlah | Satuan | Harga Satuan | Jumlah Harga |
|-----|-----------------|--------|--------|---------------|---------------|
| 1. | PDA test | 2 | titik | 3,500,000.00 | 7,000,000.00 |
| 2. | Mesin HSPD | 1 | bh | 10,000,000.00 | 10,000,000.00 |
| 3. | Engineering fee | 1 | hari | 1,000,000.00 | 1,000,000.00 |
| 4. | Akomodasi | 1 | hari | 1,000,000.00 | 1,000,000.00 |
| 5. | Transportasi | 2 | trip | 2,052,200.00 | 4,104,400.00 |
| | | | | | 23,104,400.00 |

Waktu Pengujian

Perbandingan waktu pengujian *Static Loding Test* dan *Pile Driving Analyzer* terlihat pada Tabel 9 dan Tabel 10. Waktu dari pelaksanaan metode *Pile Driving Analyzer* lebih singkat dan pekerjaan yang dilaksanakan tidak sebanyak dari metode daripada *Static Loding Test*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M. E., Aliehudien, A. and Gunasti, A. (2024) 'Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Alat Berat Drop Hammer dan Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)', *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, 1(1), pp. 57–68. doi: 10.47134/scbmej.v1i1.2152.
- Azizah, S. A. (2020) *Evaluasi Fondasi Tiang dengan Pile Driving Analyzer Test Pada Proyek Pembangunan Integrated Building Bandara Soekarno Hatta, Cengkareng*.
- Gani, L. *et al.* (2016) 'Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Data Insitu Test, Parameter Laboratorium Terhadap Loading Test Kantledge', *Jurnal Konstruksia*, 7(2), pp. 65–74.
- Haidar, M. *et al.* (2023) 'Analisis Penurunan Pondasi Pancang Pada Bangunan Instalasi Pengolahan Air Kawasan Industri Terpadu Batang Info Artikel', *Jurnal Ilmiah Universitas Semarang*, 18(2), pp. 123–137. doi: 10.26623/teknika.v18i2.7773.
- Kusuma, K. I., Kurniawan, V. R. and Budi, G. S. (2022) 'Perbandingan Komponen Daya Dukung Pondasi Tiang Antara Hasil Static Load Test (SLT) dan Pile Driving Analyzer (PDA)', *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 11(2), pp. 115–122. Available at: <https://publication.petra.ac.id/index.php/teknik-sipil/article/view/12912>.
- Narbuko, C. and Ahmadi, H. A. (2002) *Metologi Penelitian*. Jakarta: Indonesia: Bumi Aksara.
- Sudarsana, D. K. (2008) *Pengendalian Biaya dan Jadwal Terpadu Pada Proyek Konstruksi*, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*.
- Syahrul, S. (2022) 'Korelasi Kalendering dan Pile Driving Analyzer pada Daya Dukung Substruktur Tiang Pancang Jembatan Encahaq Kutai Barat', *Sebatik*, 26(1), pp. 182–193. doi: 10.46984/sebatik.v26i1.1891.
- Wahyudiono, H. and Anam, S. (2018) 'Perencanaan Pondasi Bore Pile Pada Proyek Jembatan Ngujang II Kab.Tulungagung', *UkaRsT*, 2(1), pp. 20–27. doi: <https://doi.org/10.30737/ukarst.v2i1.356>.
- Widjanarko, A. (2006) *Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Gedung Tahan Gempa*. Jakarta: Direktur Jendral Cipta Karya.