

METODE PELAKSANAAN PENGUJIAN (PDA TEST) PONDASI BORE PILE ABUTMENT BARU PROYEK PELEBARAN JEMBATAN PESAWANGAN

Richard W. V. Uguy^{1,*}, Kleofas R. R. Mekel¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik De La Salle Manado
e-mail: ruguy@unikadelasalle.ac.id

Abstrak – Dalam pembuktian kekuatan dari pondasi bore pile yang sudah jadi, harus dilakukan pengujian selanjutnya. Pada proyek pelebaran jembatan Pesawangan Manado dilakukan pengujian PDA test (Pile Driving Analyzer) yang merupakan pengujian secara dinamik yang digunakan untuk mengukur daya dukung tiang, ketahanan tekan aksial ultimit tiang, dan lain sebagainya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memastikan serta membandingkan apakah metode pelaksanaan pengujian PDA test yang dilaksanakan pada proyek pelebaran jembatan Pesawangan Manado sudah sesuai atau belum dengan mengacu pada SNI 8459:2017 dan pada buku pedoman yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga yaitu Pedoman Ketentuan Praktis Uji Pondasi Tiang Jembatan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kualitatif, dimana data dalam penelitian ini diperoleh dari observasi dan wawancara langsung di lapangan sebagai data primer dan dari data pengujian serta data spesifikasi sebagai data sekunder. Beberapa prosedur tidak sesuai dengan standar dan pedoman yang berlaku di mana untuk jembatan dengan bentang sedang (20 meter sampai 100 meter) harus 2 – 3 titik pengujian atau 5% – 10% dari jumlah pondasi keseluruhan yang dilakukan pada setiap abutment, sedangkan yang di uji hanya 1 titik setiap abutment. Selain itu, tidak terdapat bantalan untuk mendistribusikan penumbukan pada bagian penampang atas pondasi yang dimana pada itu harus diterapkan.

Kata Kunci – Pondasi bore pile, kualitatif, Pile Driving Analyzer (PDA).

I. PENDAHULUAN

Dalam membangun infrastruktur yang menjadi sarana dan prasarana transportasi tentunya memerlukan pemeliharaan, pengembangan, serta perbaikan, agar sarana dan prasarana transportasi di Indonesia dapat berkembang dengan cepat dan layak difungsikan. Masyarakat Indonesia sangat membutuhkan sarana dan prasarana transportasi darat yang memadai untuk mobilisasi aktivitas sehari-harinya seperti, menuju tempat bekerja, menuju sekolah, menuju tempat berdagang, dan lain sebagainya yang tentunya itu dapat meningkatkan teknologi, serta pendidikan, dan lain sebagainya yang dapat berpengaruh terhadap kemajuan Indonesia.

Sarana transportasi darat ini bukan hanya berupa sebuah jalan yang dapat menghubungkan satu titik ke titik lainnya, melainkan ada juga jembatan yang dapat menghubungkan titik yang dipisahkan oleh sungai, atau jurang. Salah satu jalan yang merupakan jalur mobilisasi masyarakat yang ada di kecamatan Mapanget dan sekitarnya yaitu Ruas jalan Ring Road II, Kota Manado. Pada ruas jalan ini terdapat jembatan yang bernama jembatan Pesawangan yang melintasi sungai kecil Kilu dan belum sama lebarnya dengan jalan yang ada

sehingga rawan terjadi kecelakaan. Oleh sebab itu pemerintah berinisiatif melakukan pelebaran jembatan dengan menggunakan anggaran APBN melalui BPJN Sulut (Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Sulawesi Utara) dengan satuan kerja PJN wilayah 1 Sulawesi Utara, PPK 1.3 yang mengambil alih paket pelebaran jembatan ini dan dikerjakan oleh penyedia jasa yaitu PT. Siltro Putra Mandiri.

Kekuatan dari struktur jembatan baru yang akan dibuat akan bergantung pada pondasinya juga. Untuk mengetahui apakah pondasi bore pile ini sudah mendekati sempurna atau sesuai dengan perencanaan harus dilakukan beberapa pengujian. Pengujian-pengujian atau analisis pada pondasi terbagi atas dua yaitu, pengujian sebelum pondasi dibuat, dan pengujian setelah pondasi dibuat. Pada pembahasan ini akan berfokus pada pengujian setelah pondasi dibuat yaitu pengujian dengan cara dinamis atau pengujian dengan menggunakan beban yang dijatuhkan di atas pondasi dengan menggunakan metode atau alat pengujian PDA test (Pile Driving Analyzer).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pondasi

Suatu struktur pada bagian bawah bangunan atau suatu konstruksi yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menahan gaya beban di atasnya merupakan pengertian dari pondasi. Pondasi dibangun menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat di bawah tanah dan dianggap sebagai bagian paling bawah dari bangunan yang kuat. Ada banyak tipe pondasi yang dapat digunakan saat merencanakan pondasi. Pilihan pondasi didasarkan pada fungsi bangunan atas (upper structure) yang akan dipikul olehnya, besarnya beban dan beratnya, kondisi tanah di mana bangunan tersebut didirikan, dan pertimbangan biaya Pembangunan. [1] Pondasi dibagi menjadi dua kategori, yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal. Salah satu jenis

Pondasi yaitu bore pile yang merupakan jenis pondasi dalam. [2]

Pondasi Bore Pile

Dalam pemilihan jenis pondasi ada beberapa hal yang harus diperhatikan terutama beban yang harus didukung oleh pondasi, serta kondisi tanah di sekitar pondasi, dan biaya pembuatan pondasi dibandingkan dengan biaya struktur atasnya.

Untuk memasang pondasi bore pile ke dalam tanah, tanah harus dibor terlebih dahulu, kemudian dipenuhi dengan tulangan yang telah dirangkai dan kemudian dicor beton. Pemakaian pondasi bore pile memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan tiang pancang, yaitu:

1. Pondasi Bore pile dapat diterapkan walaupun pada kondisi batuan, karena adanya proses pengeboran terlebih dahulu dibandingkan tiang pancang yang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batuan.
2. Proses pemasangan pondasi ini tidak menimbulkan kebisingan ataupun getaran berlebih yang bisa membahayakan bangunan sekitarnya.
3. Tiang dapat disesuaikan kedalamannya.
4. Dapat memeriksa tanah secara langsung pada saat proses pengeboran.
5. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
6. Mengurangi risiko naiknya muka air tanah.

Adapun beberapa kerugian menggunakan pondasi bore pile, yaitu:

1. Pengaruh air tanah dapat menyulitkan pengecoran karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
2. Jika terjadi genangan, maka akan masuk ke dalam lubang dan dapat mengurangi kekuatan dinding tanah di sekitar lubang.
3. Sangat bergantung pada kondisi cuaca pada saat pengecoran bore pile.
4. Harus menggunakan beton khusus yaitu beton yang dapat mengeras dengan sendirinya.
5. Metode pelaksanaannya lebih rumit dibandingkan pengecoran beton biasa, karena harus menggunakan pengantar pipa tremmie agar beton bisa menekan air ke atas.
6. Harus menggunakan casing pada dinding pondasi pada saat pengeboran.

PDA test (Pile Driving Analyzer)

PDA test (Pile Driving Analyzer) merupakan pengujian untuk mengukur kapasitas ultimate aksial tekan tiang, keutuhan tiang dan energi yang berasal dari tumbukan hammer yang dilakukan pada pondasi dalam, penurunan akhir/final set, baik itu tiang pancang maupun tiang bor yang dilakukan secara dinamik. Pemasangan sensor-sensor yang dipasang pada sisi-sisi tiang dengan jarak dari atas permukaan kepala tiang adalah minimal 1,5 kali diameter tiang menjadi persyaratan utama dalam pengujian ini. Palu dijatuhkan pada ketinggian tertentu ke kepala tiang secara jatuh bebas atau secara tiba-tiba. Perekaman pukulan dilakukan berulang dengan tinggi jatuh palu yang berbeda. Dalam metode ASTM

D-4945-1996 yang diterapkan pada SNI 8459:2017, PDA test ini berguna untuk mengetahui daya dukung axial tiang. Penghentian pukulan dilakukan pada saat efisiensi palu, sudah mencapai di atas 50% atau tegangan tekan terukur (CSX) sudah akan mencapai batas tegangan tekannya. Ada beberapa variabel yang dapat diukur berdasarkan hasil perhitungan dari PDA test seperti tekanan ultimate bearing, penggabungan tiang, beban maksimum pada tiang uji. [1]

Prosedur Case Method menjadi prosedur utama dalam analisis data pengujian PDA yang meliputi pengukuran data gaya (force) selama pelaksanaan, data kecepatan (velocity), dan pengujian (re-strike) yang perhitungannya dihitung secara dinamik dan real time untuk mendapatkan gambaran tentang daya dukung pondasi tiang tunggal. [3]

Dari PDA Test dengan menggunakan "Case Method" kita akan dapat mengetahui:

- a. Kapasitas daya dukung tiang.
- b. Nilai keutuhan tiang.
- c. Penurunan (displacement) tiang.
- d. Efisiensi dari transfer energi pukulan palu (hammer) terhadap tiang

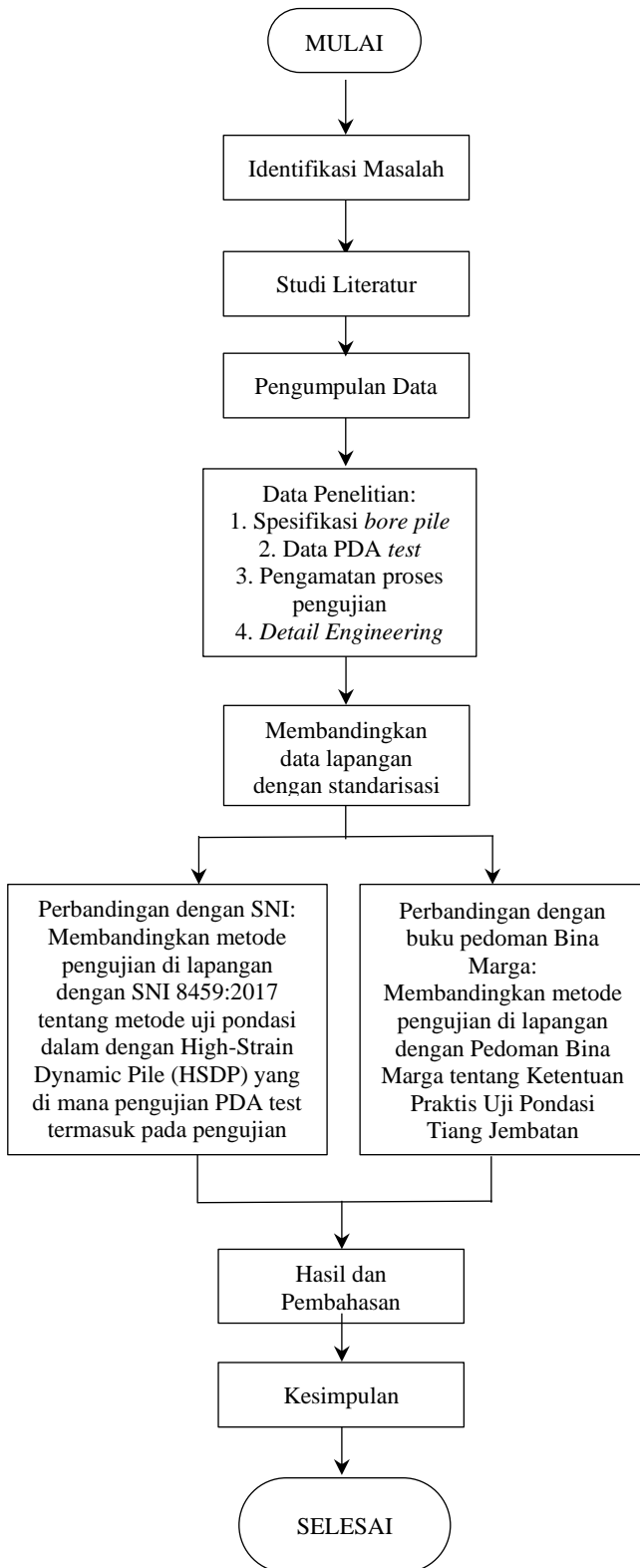
Pada umumnya, pengujian dengan metode PDA dilaksanakan setelah tiang mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan tumbukan palu (hammer) atau umur tiang telah mencapai 28 hari. [4].

III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kualitatif. Pada pengumpulan data, peneliti mengamati pengujian daya dukung tiang dengan menggunakan metode PDA test pada proyek pelebaran jembatan Pesawangan Manado. Pengujian PDA test yang diamati merupakan proyek yang dikerjakan oleh PT. Siltro Putra Mandiri dengan nama paket "Pelebaran Jembatan Pesawangan Manado". Adapun data yang diperoleh peneliti merupakan data primer yang didapatkan langsung di lapangan yaitu, DED (Detail Engineering Design), spesifikasi bore pile, hasil PDA test. Selain itu, penelitian ini mengacu pada pedoman yang dikeluarkan oleh Bina Marga tentang Ketentuan Praktis Uji Pondasi Tiang Jembatan dan juga mengacu pada SNI 8459:2017 tentang metode uji pondasi dalam dengan High-Strain Dynamic Pile (HSDP) yang di mana pengujian PDA test termasuk pada pengujian HSDP.

Peralatan yang digunakan

1. Ekskavator
2. Borehole drilling machine
3. Komputer PDA test
4. Sensor transducers atau sensor gaya
5. Sensor accelerometer atau sensor kecepatan
6. Kabel konversi
7. Kabel penghubung



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan metode pelaksanaan standar dan metode pelaksanaan di lapangan

Untuk mengetahui apakah metode pelaksanaan pengujian PDA test yang dilaksanakan atau dikerjakan di lapangan sesuai dengan standar yang mengacu pada pedoman yang dikeluarkan oleh Bina Marga tentang Ketentuan Praktis Uji Pondasi Tiang Jembatan dan juga mengacu pada SNI 8459:2017 tentang Metode uji fondasi dalam dengan High-Strain Dynamic Pile (HSDP) yang di mana pengujian PDA test termasuk pada pengujian HSDP. Maka, penulis akan menjabarkan dan membandingkan ke dalam bentuk tabel yang bisa dilihat pada tabel.

Tabel 1. Perbandingan Metode Pelaksanaan

METODE PELAKSANAAN BERDASARKAN STANDAR DAN PEDOMAN	METODE PELAKSANAAN BERDASARKAN PENGUJIAN LAPANGAN
Berdasarkan Pedoman Ketentuan Praktis Uji Pondasi Tiang Jembatan (Bina Marga)	
1. Untuk jembatan dengan bentang sedang (20 m sampai 100 m) harus: 2 – 3 titik pengujian atau 5% – 10% dari jumlah pondasi keseluruhan pada setiap <i>abutment</i> . 2. Umur beton harus mencapai 28 hari untuk beton biasa.	<ul style="list-style-type: none"> - Pada jembatan yang di uji memiliki bentang sebesar 30,8 meter yang masuk pada kategori bentang sedang yang di mana pengujian pada jembatan ini berjumlah 4 titik pengujian yang terbagi masing-masing 1 titik setiap <i>abutmen</i>, sehingga persyaratan pada pedoman yang tertera sudah memenuhi syarat dengan mengacu pada persentase 5% –10% dari jumlah pondasi keseluruhan pada setiap <i>abutment</i> yang di mana pada proyek ini persentase titik pengujian sebesar 8,25% sehingga memenuhi syarat. - Umur beton pada setiap titik yang di uji belum mencapai ketentuan yang ada. Namun, karena ini menggunakan beton SCC dan kuat tekan beton sudah terpenuhi walaupun belum 28 hari,

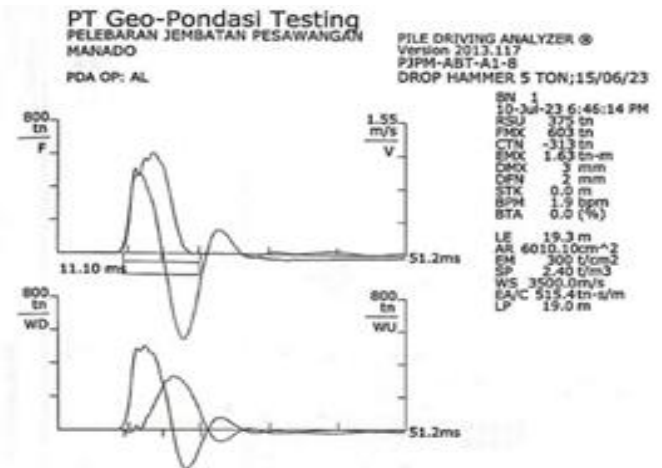
METODE PELAKSANAAN BERDASARKAN STANDAR DAN PEDOMAN	METODE PELAKSANAAN BERDASARKAN PENGUJIAN LAPANGAN
	maka pengujian ini masih layak dilakukan
Berdasarkan SNI 8459:2017	
<ol style="list-style-type: none"> Menyiapkan peralatan uji yaitu; beban berupa (Drop Hammer, palu penumbuk konvensional yang dibuat dari beton), Transduser, Akselerometer, dan komputer PDA test. Beban <i>hammer</i> minimal harus 1% sampai 2% dari daya dukung yang direncanakan. Transduser dan Akselerometer pada pondasi dalam yang dicor di tempat harus berada pada dinding pondasi dan harus saling berlawanan setiap pasang sensor dengan banyaknya sensor sebanyak 2 pasang sensor yang berbeda di masing-masing sisi yang berlawanan. Sensor juga harus dipasang pada ketinggian 1,5 D dari permukaan pondasi dan harus dikaitkan dengan baut yang sudah di angkur ke dinding pondasi Pada bagian atas dari tiang harus rata dan persegi untuk sumbu tiang arah longitudinal, dan harus dilindungi dengan bantalan yang berupa multipleks, atau bahan bantalan dari bahan lain yang ketebalannya seragam. Penempatan pelat baja tebal juga dapat ditaruh 	<p>Pada langkah ini, poin 1 sampai 3 diterapkan oleh penguji di lapangan. Namun pada poin 4 tidak diterapkan, karena tidak menggunakan bantalan multipleks, atau bahan bantalan dari bahan lain yang ketebalannya seragam. Atau sebuah pelat baja tebal juga dapat ditempatkan di atas multipleks untuk mendistribusikan penumbukan.</p>

METODE PELAKSANAAN BERDASARKAN STANDAR DAN PEDOMAN	METODE PELAKSANAAN BERDASARKAN PENGUJIAN LAPANGAN
di atas multipleks agar penumbukan bisa tersalurkan.	

Hasil pengujian PDA *test*

1) Data Hasil Uji Tiang ABT-A1-P8, Hasil daya dukung tiang sebagai berikut:

Hasil PDA test.

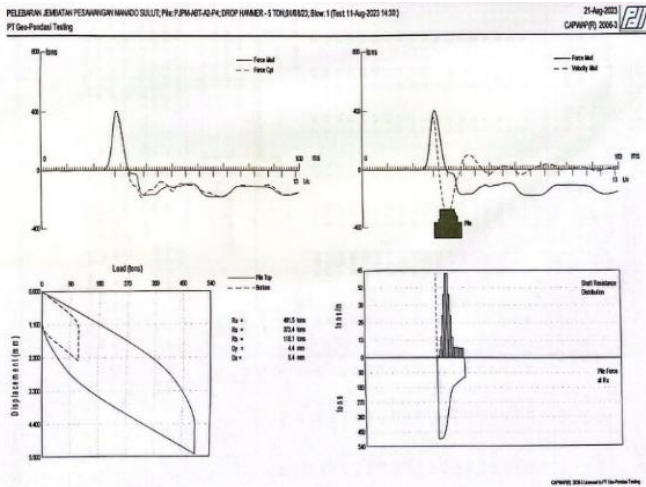


Gambar 2. Hasil PDA ABT-A1-P8

Tabel 2. Data Hasil Uji Tiang ABT-A1-P8

KODE	KETERANGAN	HASIL
BN	Pukulan	1
RSU	Daya dukung tiang [ton]	375
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [ton.m]	1,63
DMX	Penurunan maksimum [mm]	3
DFN	Penurunan permanen [mm]	2
FMX	Gaya tekan maksimum [ton]	603
CTN	Gaya tarik maksimum [ton]	313
LE	Panjang tiang di bawah instrumen [m]	19,3
LP	Panjang tiang tertanam [m]	19
STK	Tinggi jatuh palu [m], hammer	0
BPM	Pukulan per menit, hammer	1,9
BTA	Nilai keutuhan tiang [%], lihat di CAPWAP	0
AR	Luas penampang tiang [cm ²]	6010,1

Hasil CAPWAP



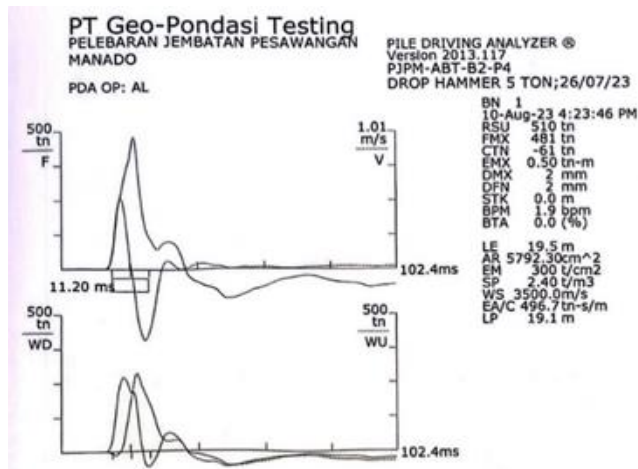
Gambar 3. Hasil CAPWAP ABT-A2-P4

Hasil pengujian PDA test menunjukkan bahwa daya dukung pada pondasi ABT-A2-P4 sebesar 309 ton, sedangkan hasil olah menggunakan program CAPWAP pada lembar Lampiran B mendapatkan hasil daya dukung pondasi sebesar 460,7 ton yang memiliki selisih sebesar 151,7 ton. Dari hasil pengujian tersebut jika dibandingkan dengan daya dukung rencana sebesar 250 sampai 400 ton, maka daya dukung ultimate pondasi bore pile sudah sesuai karena tidak kurang dari daya dukung yang direncanakan.

1) Data Hasil Uji Tiang ABT-B2-P4

Dari hasil pengujian PDA test (Pile Driving Analyzer) dan diolah menggunakan program CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) pada pondasi P4 yang mewakili abutment B2, sehingga mendapat hasil daya dukung tiang sebagai berikut:

Hasil PDA test



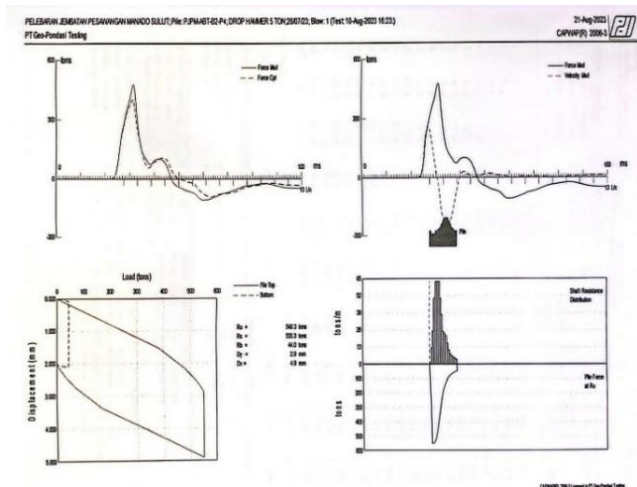
Gambar 4. Hasil PDA ABT-B2-P4

Tabel 3. Data Hasil Uji Tiang ABT-B2-P4

KODE	KETERANGAN	HASIL
BN	Pukulan	1

KODE	KETERANGAN	HASIL
RSU	Daya dukung tiang [ton]	510
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [ton.m]	0,5
DMX	Penurunan maksimum [mm]	2
DFN	Penurunan permanen [mm]	2
FMX	Gaya tekan maksimum [ton]	481
CTN	Gaya tarik maksimum [ton]	61
LE	Panjang tiang di bawah instrumen [m]	19,5
LP	Panjang tiang tertanam [m]	19,1
STK	Tinggi jatuh palu [m], hammer	0
BPM	Pukulan per menit, hammer	1,9
BTA	Nilai keutuhan tiang [%], lihat di CAPWAP	0
AR	Luas penampang tiang [cm ²]	5792,3

Hasil CAPWAP



Gambar 5. Hasil CAPWAP ABT-B2-P4

Hasil pengujian PDA test menunjukkan bahwa daya dukung pada pondasi ABT-B2-P4 sebesar 510 ton, sedangkan hasil olah menggunakan program CAPWAP pada lembar Lampiran B mendapatkan hasil daya dukung pondasi sebesar 549,3 ton yang memiliki selisih sebesar 39,3 ton. Dari hasil pengujian tersebut jika dibandingkan dengan daya dukung rencana sebesar 250 sampai 400 ton, maka daya dukung ultimate pondasi bore pile sudah sesuai karena tidak kurang dari daya dukung yang direncanakan

V.KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan pengamatan langsung di lapangan, hasil pengamatan tersebut yang sudah dibahas di atas dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode pengujian PDA test pondasi bore pile pada proyek pelebaran jembatan Pesawangan, Mapanget—Manado belum memenuhi prosedur persyaratan pengujian yang berdasar pada pedoman Bina Marga

tentang Ketentuan Praktis Uji Pondasi Tiang Jembatan dan berdasarkan pada SNI 8459:2017. Ketentuan yang tidak dipenuhi yaitu tidak menggunakan bantalan multipleks, atau bahan bantalan lain dari ketebalan yang seragam belum diterapkan berdasarkan pada Pasal 6.11..

2. Pondasi yang di uji menggunakan metode PDA test yaitu pondasi bore pile dengan kode ABT-A1-P8 mendapatkan hasil daya dukung sebesar 375 ton, ABT-B1-P5 mendapatkan hasil daya dukung sebesar 467 ton, ABT-A2-P4 mendapatkan hasil daya dukung sebesar 309 ton, dan ABT-B2-P4 mendapatkan hasil daya dukung sebesar 510 ton. Hasil pengujian tersebut jika dibandingkan dengan daya dukung rencana sebesar 250 sampai 400 ton, maka daya dukung ultimate pondasi bore pile sudah sesuai karena tidak kurang dari daya dukung yang direncanakan.

Adapun beberapa saran dari penulis agar laporan ini dapat lebih baik lagi maka penulis menyarankan:

1. Agar sesuai dengan prosedur dalam metode pelaksanaan pengujian. Setiap melakukan pengujian bagian atas tiang harus dilindungi dengan bantalan multipleks, atau bahan bantalan lain dari ketebalan yang seragam.
2. Untuk memperoleh hasil yang maksimum pada beton yang belum mencapai kuat tekan yang direncanakan sebaiknya umur beton harus mencapai 28 hari untuk pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Sepriandi, “Evaluasi Pondasi Tiang Pancang Dengan Pile Driving Analyzer Dan Formula Meyerhoff Pada Struktur Tangki Timbun Di Kuala Tanjung,” Universitas Medan Area, 2021.
- [2] A. Yusti and F. Fahriani, “Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test Dan CAPWAP,” *J. Frofil*, vol. 2, no. 1, pp. 19–31, 2014.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, “Standar Nasional Indonesia Metode uji fondasi dalam dengan High-Strain Dynamic Pile (HSDP) Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations,” *Jakarta*, 2017, [Online]. Available: www.bsn.go.id.
- [4] Bina Marga, *Ketentuan Praktis Uji Pondasi Tiang Jembatan*. 2004. [Online]. Available: <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/1059/pedoman-ketentuan-praktis-uji-pondasi-tiang-jembatan.pdf>.
- [6] Y. Rumbyarso, “ANALISIS DAYA DUKUNG KAWASAN PENDIDIKAN STT WASTU KENCANA (STUDI KASUS GEDUNG STT WASTUKENCANA),” vol. 18 No. 1, pp. 87–98, 2022.