

Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Jembatan Kalasey Dengan Tes PDA Pada Jalan Manado Outer Ringroad III STA 9+799

Prillita J.N. Warouw¹, Jeinely Rangkang², Enteng J. Saerang³

D-IV Teknik Jalan Jembatan, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Manado^{1,2}

D-III Teknik Sipil, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Manado³

E-mail: warouwprillita@gmail.com

Abstrak

Penelitian dilakukan pada Jembatan Kalasey di Jalan Manado Outer Ringroad III (MORR 3) STA 9+799. Pile Driving Analyzer (PDA) test merupakan test dinamis dengan persamaan case method terhadap suatu tiang untuk mengolah data. Tujuan penelitian adalah menghitung daya dukung ultimit (Qu) tiang bor, dan membandingkan dengan hasil pengujian PDA-PAX yang dianalisa dengan bantuan software CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program). Metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi di lapangan, serta studi literatur. Perhitungan daya dukung menggunakan metode Reese and Wright berdasarkan data SPT (Standart Penetration Test), dan beban struktur dihitung secara manual.

Hasil perhitungan Qu pada abutment 2 adalah 979,73 ton, dan kapasitas dukung ijin (Qa) adalah 326,58 ton. Kapasitas dukung kelompok tiang (Qg) sebesar 2900 ton, dan jumlah tiang dalam kelompok adalah 4 (empat) tiang. Hasil pengujian PDA di abutment 2, pada tiang No. 25 dan 36 dengan berat hammer sebesar 5,24ton, serta jumlah pukulan 1 kali, diperoleh Qu sebesar 249ton dan 504ton secara berurutan. Penurunan maksimum pada tiang No. 25 dan 36 adalah 7mm dan 4mm, serta penurunan permanen 3mm dan 2mm, secara berurutan.

Selanjutnya, dengan menggunakan metode Reese and Wright, diperoleh jumlah tiang adalah 4 tiang, sedangkan kondisi ril di lapangan digunakan 18 tiang. Hasil evaluasi menunjukkan adanya selisih jumlah tiang yang menyolok, dikarenakan metode yang digunakan, serta beberapa pendekatan/asumsi yang diambil dalam proses analisis berbeda.

Kata kunci: bored pile, daya dukung ultimit, standart penetration test, pile driving analyzer test, case pile wave analysis program

Abstract

The study was conducted on the Kalasey Bridge on Jalan Manado Outer Ringroad III (MORR 3) STA 9+799. Pile Driving Analyzer (PDA) test is a dynamic test with the case method equation on pile to process data. The purpose of the study was to calculate the ultimate bearing capacity (Qu) of the bored pile, and compares with the results of the PDA-PAX test which was analyzed by CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program) software. The method of data collection was carried out through field observations, as well as literature studies. Calculation of bearing capacity using the Reese and Wright method based on SPT (Standard Penetration Test) data, and the superstructure weight is calculated manually.

The calculation result of Qu on abutment 2 is 979.73 tons, and the allowable bearing capacity (Qa) is 326.58 tons. The bearing capacity of the pile group (Qg) is 2900 tons, and the number of piles in the group are 4 (four) piles. PDA test results in abutment 2, on pile No. 25 and 36 with a hammer weight of 5.24tons, and the number of blows is 1 time, obtained Qu of 249tons and 504tons respectively. Maximum pile settlement of pile No. 25 and 36 are 7mm and 4mm, as well as pile permanent settlement up to 3mm and 2mm, respectively.

Furthermore, using the Reese and Wright method, the number of piles obtained is 4 poles, while in real conditions at the field is used 18 poles. The results of the evaluation show that there is a significant difference in the number of piles, due to the different methods used, as well as several different approaches/assumptions taken in the analysis process.

Keywords: *bored pile foundation, ultimate bearing capacity, standard penetration test, pile driving analyzer test, case pile wave analysis program.*

1. PENDAHULUAN

Jalan lingkar Manado (*Manado Outer Ringroad III* atau MORR 3) adalah jalan yang melingkari pusat Kota Manado, yang berfungsi untuk menghubungkan ruas-ruas jalan di sekitar Kota Manado dengan ruas jalan ke pusat kota, guna mengurangi kemacetan. Bentuk *ring radial* merupakan pola radial menjadi suatu jaringan jalan. Tujuan pembangunan jalan ini yaitu mencegah terjadinya kemacetan di ruas jalan pusat kota.

Pada MORR 3 terdapat salah satu jembatan yang berada di segmen III STA 9+799 dengan ukuran: panjang 45,8m dan lebar 11,55m (PT. Cahaya Abadi Lestari). Jembatan tersebut menggunakan pondasi *bored pile*. Pondasi merupakan bangunan struktur bawah jembatan yang menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah pendukung. Pada perencanaan suatu pondasi, maka kapasitas daya dukung harus lebih besar daripada beban yang ada di atasnya. Dalam proses analisis, jenis tanah dan besar beban bangunan harus diperhitungkan terlebih dahulu untuk menentukan jenis pondasi yang akan digunakan. *Bored pile* terbuat dari beton dan tulangan baja, dimana daya dukung tiang diperoleh dari kombinasi tahanan ujung tiang (Q_p) dengan tahanan selimut (Q_s).

Pile driving analyzer test (Pengujian PDA) adalah tes dinamis terhadap suatu tiang yang digunakan untuk mengetahui kapasitas daya dukung pondasi tiang bor maupun tiang pancang (ASTM D4945-2017). Hasil analisis yang diperoleh, antara lain: gaya beban maksimum akibat energi yang ditransfer, daya dukung ultimit (Q_u), serta integritas tiang. Dengan adanya perencanaan seperti di atas, diharapkan akan diperoleh kapasitas daya dukung yang mampu memikul beban maksimum.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada jembatan kalasey berada di Kelurahan Kalasey I, Kecamatan Mandolang, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara, yakni: pada Proyek Pembangunan Jalan *Manado Outer Ring Road 3* (MORR 3) STA 9+799. Waktu penelitian dilakukan dalam 4 bulan, dimulai pada Februari 2022 sampai dengan Juni 2022.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi langsung di lapangan, dan studi literatur. Jenis penelitian adalah penelitian kuantitatif. Selanjutnya, data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh langsung dari observasi lapangan, serta dari studi literatur. Data pengujian PDA (*Pile Driving Analyzer*) pondasi tiang bor (*bored pile*) di ABT 2 pada tiang No.25 dan No.36 pada STA 9+799, dan data tanah SPT (*Standart Penetration Test*), serta data lainnya

dan gambar detail Jembatan Kalasey diperoleh dari PT. Cahaya Abadi Lestari. Sementara itu, beban yang bekerja pada pondasi tiang bor diperoleh melalui perhitungan manual.

2.1 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Bor (Bored Pile).

Perhitungan daya dukung pondasi tiang bor menggunakan metode Reese and Wright (Reese, Lymon C. And Wright, Stephen J, 1977), yang didasarkan pada data uji tanah SPT (*Standart Penetration Test*).

$$Qu = Qp + Qs$$

dimana: Q_p adalah daya dukung ujung

Q_s adalah daya dukung selimut tiang

Daya dukung ujung (Q_p) dapat diperoleh dengan formula berikut:

$$Q_p = q_p \cdot A$$

dimana: Q_p adalah dukung ultimit ujung tiang (ton)

q_p adalah tahanan ujung per satuan luas (ton/m^2)

A adalah luas penampang tiang bor (m^2)

q_p , pada tanah kohesif biasanya dapat diambil 9 kali kuat geser tanah (C_u)

Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s) dapat diperoleh dengan formula berikut:

$$Q_s = f \cdot L \cdot p$$

dimana: Q_s adalah daya dukung ultimit selimut beton (ton)

f adalah gesekan selimut tiang per satuan luas (ton/m^2)

L adalah panjang tiang bor (m)

p adalah keliling penampang tiang (m)

Pada tanah kohesif, (f) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$f = \alpha \cdot C_u$$

dimana: α adalah faktor adhesi (diambil 0,55)

C_u adalah kohesi tanah pada kondisi *undrained*

2.2 Menentukan Jumlah Tiang

Jumlah tiang yang dibutuhkan pada satu titik diperoleh dari perbandingan beban yang bekerja dengan daya dukung pondasi satu tiang. setelah diperoleh jumlah tiang, menentukan konfigurasi kelompok tiang dengan cara menghitung menggunakan 4 (empat) metode yaitu metode *conversse-labarre* dari *Uniform Building Code AASHTO*, metode *los angeles group*, formula sederhana dan metode *seileer-kenney*. Dari keempat metode tersebut, diambil nilai yang paling terkecil sehingga jumlah tiang dan faktor efisiensi dari kelompok tiang merupakan faktor yang dapat berpengaruh pada besarnya kapasitas dari daya dukung kelompok tiang.

Metode *Converse-Labarre*

a. Metode *Converse-Labarre*

$$Eg = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n} \right]$$

Dimana : Eg adalah efisiensi kelompok tiang

$$\theta = \text{arc } \tan \frac{D}{s} \text{ (dalam derajat)}$$

m adalah jumlah baris tiang

n adalah jumlah tiang dalam satu baris

D adalah diameter tiang

s adalah jarak pusat ke pusat tiang

b. Metode *Los Angeles Group*

$$Eg = 1 - \frac{D}{s.m.n} [m(n-1) + (m-1) + \sqrt{(2 - n - 1)(m - 1)}]$$

Dimana : Eg adalah efisiensi kelompok tiang

m adalah jumlah baris tiang

n adalah jumlah tiang dalam satu baris

D adalah diameter tiang

s adalah jarak pusat ke pusat tiang

c. Formula Sederhana

$$Eg = \frac{2(m+n-2)s \cdot 4B}{p \cdot m \cdot n}$$

Dimana : Eg adalah efisiensi kelompok tiang

m adalah jumlah baris tiang

n adalah jumlah tiang dalam satu baris

D adalah diameter tiang

s adalah jarak pusat ke pusat tiang

p adalah keliling tiang (m)

d. Metode *Seileer-Kenney* (1944)

$$Eg = \left[1 - \frac{36 \cdot s}{75(s^2 - 7)} \frac{(m+n-2)}{(m+n-1)} \right] + \frac{0,3}{m+n}$$

Dimana : Eg adalah efisiensi kelompok tiang

m adalah jumlah baris tiang

n adalah jumlah tiang dalam satu baris

s adalah jarak pusat ke pusat tiang

2.3 *Uji Pembebanan Dinamik*

Hasil pengujian tes PDA (*Test Pile Driving Analyzer*) terdiri dari kapasitas tiang, energi palu, penurunan dan lain-lain. Dilaksanakan dengan lanjutan analisis CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*), pada tiang uji yang tujuannya untuk memperoleh besaran yang terjadi pada tiang saat dibebani antara lain, daya dukung aksial tekan tiang, penurunan tiang, keutuhan tiang, energi dan gaya yang ditransfer.

a. Daya dukung aksial (Ru) tiang (ton)

Daya dukung aksial tiang yang diuji terdiri dari tahanan ujung (*end bearing*) dan lengketan (*shaft friction*). Perkiraan daya dukung aksial tiang (Ru) dilakukan dengan ‘*case method*’. Kriteria penerimaan hasil yaitu $Qu \leq Ru$.

b. Integritas/keutuhan tiang (BTA-%) dan lokasi kerusakan dibawah sensor (LTF-m) output kuantitas BTA yaitu estimasi beberapa kerusakan tiang.

Tabel 2.1 Penilaian Kerusakan Tiang (Livian Teddy)

BTA (%)	Penilaian
100 %	Tidak ada kerusakan
80 – 99 %	Kerusakan ringan
60 – 79 %	Kerusakan serius
< 60 %	Patah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk perhitungan beban maksimum jembatan diperoleh dari perhitungan manual : Perhitungan beban hidup mengacu pada SNI-1725-2016 dimana diambil yang paling maksimum.
a. Beban hidup didapat sebesar 150 ton.
b. Beban mati didapat sebesar 847,0532 ton.

Jumlah seluruh beban hidup dan beban mati adalah :

$$\begin{aligned} W &= \text{beban hidup} + \text{beban mati} \\ &= 160,5 \text{ ton} + 992,2591 \text{ ton} \\ &= 1152,76 \text{ ton.} \end{aligned}$$

3.1 Perhitungan Daya Dukung Ultimit Tiang

Data tiang bor (*bored pile*) :

$$\text{Diameter tiang} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Panjang tiang} = 10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bored pile} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,8 \text{ m})^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

a. Daya dukung ujung tiang (Qp)

$$8D = 8 \times 0,8 \text{ m} = 6,4 \text{ m}$$

$$4D = 4 \times 0,8 \text{ m} = 3,2 \text{ m}$$

Nilai N diambil rata-rata dari kedalaman 3,2 m – 6,4 m.

$$\bar{N} = \frac{23+60+60+60}{4}$$

$$= 50,75$$

$$\begin{aligned} Ap &= \frac{1}{4}\pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,8 \text{ m})^2 \\ &= 0,5024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cu &= \frac{2}{3} \times \bar{N} \times 10 \\ &= \frac{2}{3} \times 50,75 \times 10 \\ &= 338,33 \text{ kN/m}^2 \\ &= 34,51 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qp &= 9 \cdot Cu \\ &= 9 \times 34,51 \text{ ton/m}^2 \\ &= 310,59 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qp &= qp \cdot Ap \\ &= 310,59 \text{ ton/m}^2 \times 0,5024 \text{ m}^2 \\ &= 156,04 \text{ ton.} \end{aligned}$$

b. Daya dukung selimut tiang (Qs)

Untuk lapisan tanah 1 pada kedalaman 4 m – 8 m

$$\begin{aligned} \bar{N} &= \frac{0+23+60}{3} \\ &= 27,67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Cu &= \frac{2}{3} \times \bar{N} \times 10 \\ &= \frac{2}{3} \times 27,67 \times 10 \\ &= 184,47 \text{ kN/m}^2 \\ &= 18,81 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f &= \alpha \cdot Cu \\ &= 0,55 \cdot 18,81 \\ &= 10,35 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p &= 2\pi r \\ &= 2 \times 3,14 \times 0,4 \text{ m} \\ &= 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qs1 &= f \cdot Li \cdot p \\ &= 10,35 \text{ ton/m}^2 \times 10 \text{ m} \times 2,512 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 259,99 \text{ ton}$$

Untuk lapisan tanah 2 kedalaman 9 m – 14 m

$$\bar{N} = \frac{60+60+60}{3} \\ = 60$$

$$Cu = \frac{2}{3} \times \bar{N} \times 10 \\ = \frac{2}{3} \times 60 \times 10 \\ = 400 \text{ kN/m}^2 \\ = 40,79 \text{ ton/m}^2$$

$$f = \alpha \cdot Cu \\ = 0,55 \cdot 40,79 \\ = 22,44 \text{ ton/m}^2 \\ p = 2\pi r \\ = 2 \times 3,14 \times 0,4 \text{ m} \\ = 2,512 \text{ m}$$

$$Qs2 = f \cdot L_i \cdot p \\ = 22,44 \text{ ton/m}^2 \times 10 \text{ m} \times 2,512 \text{ m} \\ = 563,70 \text{ ton}$$

$$Qs = Qs1 + Qs2 \\ = 259,99 \text{ ton} + 563,70 \text{ ton} \\ = 823,69 \text{ ton}$$

c. Kapasitas dukung ultimit tiang (Qu)

$$Qu = Qp + Qs \\ = 156,04 \text{ ton} + 823,69 \text{ ton} \\ = 979,73 \text{ ton.}$$

d. Kapasitas dukung ijin tiang (Qa)

$$Qa = \frac{Qu}{FK} \\ = \frac{979,73 \text{ ton}}{3} \\ = 326,58 \text{ ton.}$$

e. Jumlah tiang (n)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P}{Qa} \\
 &= \frac{1152,76 \text{ ton}}{326,58 \text{ ton}} \\
 &= 3,53 \sim 4 \text{ tiang}
 \end{aligned}$$

f. Efisiensi kelompok tiang (metode *Converse-Labarre*)

dimana :

$$D = 80 \text{ cm} = 0,8 \text{ m}$$

$$P = 2\pi r$$

$$= 2 \times 3,14 \times 0,4 \text{ m}$$

$$m = 2$$

$$n = 2$$

$$s = 1,68 \text{ m}$$

$$\theta = \arctg \frac{D}{s} = \arctg \frac{0,8 \text{ m}}{1,68 \text{ m}} = \arctg 0,48 \text{ m} = 25,64^\circ$$

$$\begin{aligned}
 Eg &= 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \\
 &= 1 - 25,64 \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \\
 &= 1 - 25,64 \times \frac{2+2}{360} \\
 &= 1 - 25,64 \times 0,01 \\
 &= 0,74
 \end{aligned}$$

Dari formula diatas efisiensi kelompok tiang diperoleh yaitu :

g. Kapasitas *pile groups*

$$\begin{aligned}
 Qg &= \varepsilon \times n \times Qu \\
 &= 0,74 \times 4 \times 979,73 \text{ ton} \\
 &= 2900 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

3.2 Hasil PDA (Pile Driving Analyzer) Abutment 2

Hasil PDA (Pile Driving Analyzer) Abutment 2 dengan berat *hammer* diketahui sebesar 5 ton dapat dilihat pada beberapa tabel dan gambar dibawah ini.

Tabel 3.1 Hasil Pile Driving Analyzer Test Abutment 2 No. 25

KODE	KETERANGAN	JMORR-ABT2-25
BN	Pukulan	1
RMX	Daya dukung tiang (ton)	249
FMX	Gaya tekan maksimum (ton)	325
CTN	Gaya tarik maksimum (ton)	0

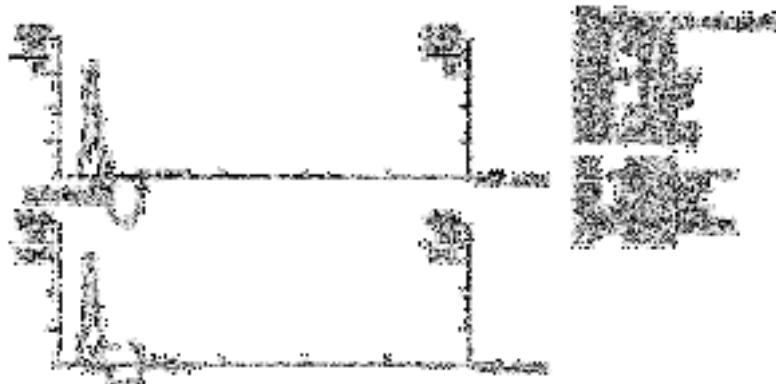
EMX	Energi maksimum yang ditransfer (tonm)	1,34
DMX	Penurunan maksimum (mm)	7
DFN	Penurunan permanen (mm)	3
STK	Tinggi jatuh palu (m), drop hammer	0
BPM	Pukulan per menit, drop hammer	1,9
BTA	Nilai kekuatan tiang (%), lihat hasil CAPWAP	100
LE	Panjang tiang dibawah instrumen (m)	4,7
LP	Panjang tiang tertanam (m)	4,5
AR	Luas penampang tiang (cm ²)	5381,8



Gambar 3.1 Hasil Pile Driving Analyzer Test Abt 2 No. 25

Tabel 3.2 Hasil Pile Driving Analyzer Test Abutment 2 No. 36

KODE	KETERANGAN	JMORR-ABT2-36
BN	Pukulan	1
RMX	Daya dukung tiang (ton)	504
FMX	Gaya tekan maksimum (ton)	473
CTN	Gaya tarik maksimum (ton)	0
EMX	Energi maksimum yang ditransfer (tonm)	1,42
DMX	Penurunan maksimum (mm)	4
DFN	Penurunan permanen (mm)	2
STK	Tinggi jatuh palu (m), drop hammer	0
BPM	Pukulan per menit, drop hammer	1,9
BTA	Nilai kekuatan tiang (%), lihat hasil CAPWAP	100
LE	Panjang tiang dibawah instrumen (m)	9,7
LP	Panjang tiang tertanam (m)	9,5
AR	Luas penampang tiang (cm ²)	4206,2



Gambar 3.2 Hasil *Pile Driving Analyzer Test* Abt 2 No. 36

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa data diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Pondasi yang digunakan di Jembatan Kalasey STA 9+799 pada Jalan Manado Outer Ringroad III (MORR 3) yaitu pondasi bored pile dengan diameter 0,8 m untuk kedalaman 18 m, yang didapatkan dari perhitungan menggunakan metode Reese and Wright diperoleh dari data tanah SPT (Standart Penetration Test)
2. Pada kedalaman 4 m tanah digali karena nilai pada data tanah yaitu SPT (Standart Penetration Test) menunjukkan nilai 0. Sehingga, pengeboran dilakukan mulai pada -4 m.
3. Diketahui jenis tanah pada lokasi pelaksanaan pondasi bored pile di Jembatan Kalasey STA 9+799 adalah tanah non-kohesif
4. Pada perhitungan beban total jembatan yang bekerja terhadap tiang sebesar 1152,76 ton
5. Hasil perhitungan pada abutment 2 berdasarkan data standart penetration test menggunakan metode Reese and Wright. Untuk nilai kapasitas daya dukung ultimit (Q_u) didapatkan 979,73 ton, kapasitas dukung ijin tiang (Q_a) didapatkan 326,58 ton, kapasitas dukung kelompok tiang (Q_g) sebesar 2900 ton dan jumlah tiang yang mampu memikul beban atas jembatan sebanyak 4 tiang
6. Hasil pengujian pada pondasi bored pile abutment 2 No.25 dan 36 dengan menggunakan pengujian PDA-PAX kemudian dianalisa oleh CAPWAP (case pile wave analysis program), berat hammer sebesar 5,24 ton dengan pukulan 1 kali adalah sebagai berikut :
 - a. No. 25 daya dukung tiang diperoleh sebesar 249 ton, dengan penurunan maksimum 7 mm dan penurunan permanen 3 mm
 - b. No. 36 daya dukung yang didapatkan adalah 504 ton, dimana penurunan maksimum 4 mm dan penurunan permanen

Berdasarkan hasil penelitian, maka diperlukan beberapa saran, yaitu :

1. Ketersediaan data tanah dilapangan yang dapat dipakai untuk data pembanding dilapangan
2. Pada saat melakukan tes PDA diperlukan ketelitian agar hasil yang didapat lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Cahaya Abadi Lestari yang telah membantu memberikan data dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andre Chandra, Gusneli Yanti, Shanti Wahyuni Megasari, 2018, *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Menara Listrik Transmisi 500 KV Peranap-Perawang*, Jurnal Teknik, Vol 12 No. 2 Oktober 2018, PP 171-178.
- ASTM. (2017). “D4945-17: Standart Test Method for High-Strain Dynamic Testing Of Deep Foundation”. USA: ASTM International.
- Audhie Aditya Prabowo, Dika Aditya Pratama, Putera Agung Maha Agung, 2019, *Perbandingan Daya Dukung Antara Pondasi Tiang Pancang Dengan Bor*, Jurnal Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, 2019.
- Hanifah, 2018, *Analisis Faktor Efisiensi dan Perilaku Kelompok Tiang Akibat Beban Lateral Menggunakan Metode Finite Difference dan Metode Elemen Hingga*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Hinawan Teguh Santoso, Juandra Hartono, 2020, *Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil Uji SPT Dan Pengujian Dinamis*, Jurnal Riset Rekayasa Sipil Universitas Sebelas Maret, Vol 4 No. 1 September 2020 ISSN: 2579-7999.
- Ibnu Hidayat Mz, Akhmad Marzuko, *Perencanaan Ulang Struktur Bawah Dengan Pondasi Bored Pile Pada Gedung White Hotel Sedan Yogyakarta*, Jurnal, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Rorimpunu, 2021, *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Dengan Tes PDA Pada Jembatan Tendeki STA 28+300 Pada Jalan Tol Manado-Bitung*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Program Studi D-IV Teknik Konstruksi Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Manado, Manado.
- Reese, Lymon C. And Wright, Stephen J, 1977, *Drilled Shaft Manual*, Washington, D C: U. S. Dept. Of Transportation Federal Highway Administration, Offices Of Research and Development, Implementation Divison.
- Standar Nasional Indonesia 8460-2017, Persyaratan Perancangan Geoteknik, Badan Standaradisasi Nasional, Jakarta.

Ulfia Jusi, 2015, *Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standart Penetration Test)*, Jurnal Teknik Sipil Siklus, Vol 1 No. 2 Oktober 2015