

KAJIAN DAYA DUKUNG PONDASI *BORED PILE* BERDASARKAN DATA N-SPT, DATA RENCANA DAN PDA TEST (Studi Kasus : Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta – Bawen Seksi 1 Paket 1)

Junaidi ^{1*}, Supriyadi ¹⁾, Novita Larasati ¹⁾, Clara Arnindhita Sekar Wira Satya Utama Putri ¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275
*E-mail: junaiditspolines@gmail.com

ABSTRACT

The Bored pile foundation work at the locations of Kali Konteng, Sangu Banyu, and Kali Mataram in the Yogyakarta - Bawen Toll Road Construction Project Section 1 Package 1 exhibits differences in planned and actual (field) load-bearing capacity values. The aim of this study is to analyze the load-bearing capacity values of Bored piles. This research utilizes secondary data in the form of planning data, PDA Test results, and N-SPT data. Load-bearing capacity calculations are conducted using a conventional method with the Reese & Wright formula. The research findings reveal that the ultimate load-bearing capacity of cast-in-place concrete Bored piles calculated based on N-SPT data using the Reese & Wright 1977 method is 1918.08 tons at the Kali Konteng location, 1532.34 tons at the Sangu Banyu location, and 1416.34 tons at the Kali Mataram location. Meanwhile, the planned load-bearing capacity at the Kali Konteng location is 1312.5 tons, at the Sangu Banyu location is 1175 tons, and at the Kali Mataram location is 1300 tons. At the abutment locations of Kali Konteng and Sangu Banyu, the load-bearing capacity values based on the PDA Test exceed the planned load-bearing capacity values but are smaller than the load-bearing capacity values calculated using the Reese & Wright method. Conversely, at the abutment location of Kali Mataram, the load-bearing capacity value determined by the PDA Test exceeds both the planned load-bearing capacity value and the load-bearing capacity value calculated using the Reese & Wright method.

Keyword: Load-bearing capacity, Bored pile, PDA, N-SPT, Reese & Wright.

PENDAHULUAN

Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta-Bawen Paket 1 Seksi 1 memiliki 2 tipe struktur jalan yang digunakan yaitu *Atgrade* (timbunan) dan *Elevated* yang terletak di atas Selokan Mataram. Struktur *Elevated* dipilih karena Selokan Mataram merupakan Cagar Budaya yang tidak boleh didirikan konstruksi di atasnya. Selain itu, struktur *Elevated* juga melewati beberapa sungai, diantaranya; Sungai Kali Konteng, Sungai Sangu Banyu, Sungai Kali Mataram, Sungai Kali Krasak, dan Sungai Akses sehingga membutuhkan abutment sebagai struktur jembatan yang digunakan.

Dalam pembangunan abutment sangat penting untuk memperhitungkan perencanaan dan pembangunan pondasi, agar setelah beroperasi jembatan mampu menahan beban yang lewat di atasnya. *Bored pile* merupakan jenis pondasi yang digunakan dalam proyek Jalan Tol Yogyakarta-Bawen Paket 1 Seksi 1. *Bored pile* sangat tepat digunakan di daerah pemukiman penduduk karena gangguan getaran yang ditimbulkan sedikit dan akses mobilisasi yang cukup mudah dikarenakan penulangan dan pengecoran dilakukan di tempat. Selain itu, *Bored pile* dapat menembus berbagai jenis batuan dan dapat dikerjakan pada berbagai jenis tanah. Namun, pada proses pekerjaan *Bored pile* terdapat beberapa

kendala yang mungkin terjadi seperti, kedalaman yang tidak sesuai dengan rencana, proses pengecoran yang mengalami kegagalan dan kesalahan dalam merakit tulangan pembedaan. Pada pondasi *Bored pile* perlu diketahui daya dukung tanah untuk mengetahui apakah nantinya *Bored pile* mampu menahan beban yang akan ditumpu.

Berbagai referensi terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti antara lain, Agus S., et al. (2020) menganalisis mengenai perbandingan kapasitas dukung ultimit tiang tunggal pada abutment jembatan Kali Kendeng dengan menggunakan metode *Mayerhoff* dan *Reese & Wright* yang menggunakan nilai pengujian SPT. Selain itu, Afifa (2021) juga menganalisis perbandingan hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal berdasarkan perhitungan metode *Reese & Wright* dan metode *Reese & O'Neil* menggunakan nilai dari hasil pengujian SPT dengan hasil dari PDA. Penelitian dari Ully dan Halimah (2018) menganalisis mengenai daya dukung pondasi dan penurunan tiang yang terjadi dengan menggunakan metode *Reese & Wright* berdasarkan hasil N-SPT. Nindita, et al (2022) meneliti Komparasi Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data N-SPT, Kalendering dan PDA *Test*.

Pile Driving 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. Pada penelitian ini pengujian *Pile Driving Analyzer* (PDA) dilakukan sebanyak 2 sampai 3 titik sampel pengujian pada setiap *pile cap* pada abutment. Hasil analisis yang diperoleh yaitu gaya beban maksimum akibat

energi yang ditransfer, daya dukung ultimate dan integritas tiang.

Menurut penelitian Warouw, P. J., et al (2022) pada Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored pile* Jembatan Kalasey Dengan *Test PDA* pada Jalan Manado *Outer Ringroad* III STA 9+799, hasil perhitungan Q_u pada ABT 2 adalah 979,73 ton dan kapasitas dukung ijin (Q_a) adalah 362,58 ton. Kapasitas dukung kelompok tiang (Q_g) sebesar 2900 ton dan jumlah tiang dalam kelompok adalah 4 tiang. Hasil pengujian PDA di ABT 2 pada tiang No.25 dan 36 dengan berat hammer sebesar 5,24 ton, serta jumlah pukulan 1 kali diperoleh Q_u sebesar 249 ton dan 504 ton secara berurutan. Penurunan maksimum pada tiang No. 25 dan 36 adalah 7 mm dan 4 mm, serta penurunan permanen 3 mm dan 2 mm secara berurutan. Oleh karena itu penulis mengambil topik tentang analisis pelaksanaan kekuatan tiang bor beton *cast in place* dengan pengujian *Pile Driving Analyzer*. Nilai kapasitas daya dukung yang dihasilkan oleh PDA *Test* dengan rencana memiliki perbedaan. Untuk mengetahui perbedaan nilai kapasitas daya dukung maka digunakan perhitungan dengan metode *Reese & Wright*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung berdasarkan hasil penyelidikan tanah (N-SPT), pengujian PDA, dan Data Rencana.

METODE PENELITIAN

Alur Penelitian

Lokasi penelitian ini berada pada abutment jembatan Kali Konteng, Sangu Banyu dan Kali Mataram yang terdiri dari 2 abutment di setiap lokasinya yang terletak di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder berupa data perencanaan, data pengujian SPT dan data pengujian PDA. Urutan penelitian dari awal hingga akhir

yaitu dengan langkah – langkah sebagai berikut.

1. Menginventaris atau mengumpulkan permasalahan - permasalahan yang ada di lapangan.
2. Mengidentifikasi permasalahan yang terjadi untuk mengetahui penyebab dan apa yang ditimbulkan dari permasalahan tersebut.
3. Mencari alternatif solusi atau pendekatan solusi yang bisa digunakan pada permasalahan – permasalahan yang ada.
4. Merumuskan masalah yang akan diteliti berdasarkan ketersediaan data, tingkat kesulitan pengumpulan dan analisis data.
5. Memverifikasi masalah dengan mencari dan melakukan studi literatur pada jurnal, buku, penelitian terdahulu/kajian pustaka.
6. Mengumpulkan dan menganalisa data sekunder seperti data perencanaan tiang bor beton *cast in place*, data pengujian *Pile Driving Analyzer*, data pengujian Standart Penetration Test serta data primer berupa pengamatan langsung di lapangan sebagai bahan untuk solusi permasalahan.
7. Menganalisis daya dukung tiang bor *cast in place* berdasarkan

perhitungan metode *Reese & Wright* dan pengujian *Pile Driving Analyzer*.

8. Evaluasi dan kesimpulan penelitian yang dilakukan.

Analisis Penelitian

Data N-SPT (*Standard Penetration Test*) digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi *Bored pile* yang memiliki kondisi tanah *non* kohesif. Kapasitas dukung ultimit tiang bor (*Qult*) menurut metode *Reese & Wright* dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut.

$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

Q_p = daya dukung ujung

Q_s = daya dukung selimut tiang

Daya dukung ujung (Q_p) dapat diperoleh dengan persamaan 2 berikut.

$$Q_p = q_p \cdot A \dots\dots\dots (2)$$

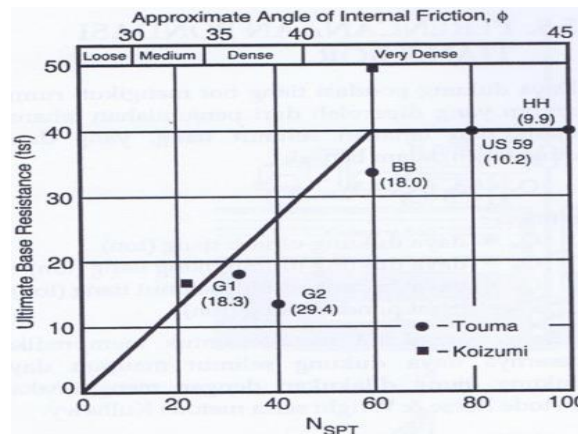
Dimana:

Q_p = dukung ultimit ujung tiang (ton)

q_p = tahanan ujung per satuan luas (ton/m²)

A = luas penampang tiang bor (m²)

q_p pada tanah kohesif biasanya dapat diambil 9 kali kuat geser tanah (C_u). Pada tanah *non* kohesif, *Reese* mengusulkan korelasi q_p dengan N-SPT seperti pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Hubungan Tahanan Ujung Ultimit dan NSPT

(Sumber: Fleming, 2009)

Daya dukung selimut tiang (Q_s) dapat diperoleh dengan persamaan 3 berikut:

$$Q_s = f_s \cdot L \cdot p \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

Q_s = daya dukung ultimit selimut beton (ton)

f = gesekan selimut tiang per satuan luas (ton/m²)

L = panjang tiang bor (m)

p = keliling penampang tiang (m)

Untuk tanah kohesif dapat menggunakan persamaan 4 sebagai berikut.

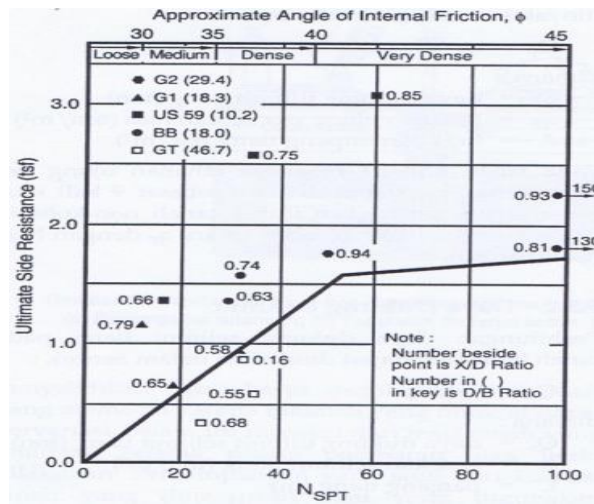
$$F_s = a \times c_u \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

a = faktor adhesi

c_u = kohesi tanah (ton/m²)

Berdasarkan hasil penelitian Reese, faktor koreksi terhadap adhesi (a) dapat diambil sebesar 0,55. Untuk tanah non kohesif, nilai f dapat diperoleh dengan korelasi langsung dengan nilai NSPT seperti pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Hubungan Tahanan Selimut ultimit Terhadap NSPT
(Sumber: Fleming, 2009)

Kapasitas dukung izin (Q_{all}) dapat di tentukan dengan persamaan 5 berikut.

$$Q_{all} = (Q_u) / (S_f) \dots\dots\dots (5)$$

Sedangkan dari data *Pile Driving Analyzer (PDA Test)* yang diperoleh Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta Bawen Paket 1 Seksi 1, maka didapatkan hasil daya dukung ultimit *Bored pile* berdasarkan analisis CAPWAP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Daya Dukung *Bored Pile* Berdasarkan Data N-SPT

Menghitung daya dukung *Bored pile* berdasarkan data N-SPT menggunakan “Metode Reese & Wright”. Hasil daya dukung *Bored pile* berdasarkan data N-SPT pada setiap lokasinya memiliki hasil yang sama. Hasil dari perhitungan ini disajikan dalam Tabel 1, 2, 3 berikut.

Tabel 1.

Hasil daya dukung berdasarkan data N-SPT di lokasi Kali Konteng

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | Daya Dukung Ujung (Qp) (ton) | Daya Dukung Selimut (Qs) (ton) | Daya Dukung Ultimate (Qu) (ton) |
|----------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| A1 | Bp.20 | 419,791 | 1498,268 | 1918,059 |
| | Bp.23 | 419,791 | 1498,268 | 1918,059 |
| | Bp.29 | 419,791 | 1498,268 | 1918,059 |
| A2 | Bp.7 | 419,791 | 1498,268 | 1918,059 |
| | Bp.10 | 419,791 | 1498,268 | 1918,059 |

Tabel 2.

Hasil daya dukung berdasarkan data N-SPT di lokasi Sangu Banyu

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | Daya Dukung Ujung (Qp) (ton) | Daya Dukung Selimut (Qs) (ton) | Daya Dukung Ultimate (Qu) (ton) |
|----------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| A1 | Bp.22 | 389,371 | 1199,750 | 1589,121 |
| | Bp.40 | 389,371 | 1199,750 | 1589,121 |
| | Bp.41 | 389,371 | 1199,750 | 1589,121 |
| A2 | Bp.2 | 389,371 | 1199,750 | 1589,121 |
| | Bp.17 | 389,371 | 1199,750 | 1589,121 |

Tabel 3.

Hasil daya dukung berdasarkan data N-SPT di lokasi Kali Mataram

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | Daya Dukung Ujung (Qp) (ton) | Daya Dukung Selimut (Qs) (ton) | Daya Dukung Ultimate (Qu) (ton) |
|----------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| A1 | Bp.42 | 316,364 | 1546,940 | 1863,304 |
| | Bp.43 | 316,364 | 1546,940 | 1863,304 |
| A2 | Bp.5 | 316,364 | 1546,940 | 1863,304 |
| | Bp.16 | 316,364 | 1546,940 | 1863,304 |

Perhitungan Daya Dukung *Bored pile* Berdasarkan Hasil PDA Test

Untuk hasil daya dukung *Bored pile* melalui pengujian PDA Test juga analisis

CAPWAP pada masing – masing titik dapat dilihat pada tabel 4, 5 ,6 di bawah ini.

Tabel 4.

Hasil daya dukung berdasarkan PDA Test di lokasi Kali Konteng

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | Daya Dukung Ultimate (Qu) (ton) |
|----------|-----------------------|---------------------------------|
| A1 | Bp.20 | 1792,4 |
| | Bp.23 | 1430 |
| | Bp.29 | 1492 |
| A2 | Bp.7 | 1722 |
| | Bp.10 | 1316 |

Tabel 5.

Hasil daya dukung berdasarkan PDA *Test* di lokasi Sangu Banyu

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | Daya Dukung Ultimate (Qu) (ton) |
|----------|-----------------------|---------------------------------|
| A1 | Bp.22 | 1578 |
| | Bp.40 | 1208 |
| | Bp.41 | 1330 |
| A2 | Bp.2 | 1508 |
| | Bp.17 | 1425 |

Tabel 6.

Hasil daya dukung berdasarkan PDA *Test* di lokasi Kali Mataram

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | Daya Dukung Ultimate (Qu) (ton) |
|----------|-----------------------|---------------------------------|
| A1 | Bp.42 | 1937 |
| | Bp.43 | 1912 |
| A2 | Bp.5 | 2258 |
| | Bp.16 | 1899 |

Perhitungan Daya Dukung *Bored pile* Berdasarkan Data Rencana

Perhitungan daya dukung *Bored pile* rencana disajikan pada tabel 7,8, 9 di bawah ini.

Tabel 7.

Hasil daya dukung berdasarkan data Rencana di lokasi Kali Konteng

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | Daya Dukung Ultimate Rencana (Qu) (ton) |
|----------|-----------------------|---|
| A1 | Bp.20 | 1312,5 |
| | Bp.23 | 1312,5 |
| | Bp.29 | 1312,5 |
| A2 | Bp.7 | 1312,5 |
| | Bp.10 | 1312,5 |

Tabel 8.

Hasil daya dukung berdasarkan data Rencana di lokasi Sangu Banyu

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | Daya Dukung Ultimate Rencana (Qu) (ton) |
|----------|-----------------------|---|
| A1 | Bp.22 | 1175 |
| | Bp.40 | 1175 |
| | Bp.41 | 1175 |
| A2 | Bp.2 | 1175 |
| | Bp.17 | 1175 |

Tabel 9.

Hasil daya dukung berdasarkan data Rencana di lokasi Kali Mataram

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | Daya Dukung Ultimate Rencana (Qu) (ton) |
|----------|-----------------------|---|
| A1 | Bp.42 | 1300 |
| | Bp.43 | 1300 |
| A2 | Bp.5 | 1300 |
| | Bp.16 | 1300 |

Komparasi Daya Dukung *Bored pile* Berdasarkan Data N-SPT, PDA Test, dan Rencana

Dari analisis daya dukung *Bored pile* pada masing – masing titik

pengamatan yang telah dilakukan berdasarkan data N-SPT, data PDA Test, dan data rencana maka hasilnya dapat dilihat melalui Tabel 10, 11, 12 berikut.

Tabel 10.

Hasil daya dukung berdasarkan data N-SPT, PDA Test, Rencana di lokasi Kali Konteng

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | N-SPT (ton) | PDA Test (ton) | Rencana (ton) |
|----------|-----------------------|-------------|----------------|---------------|
| A1 | Bp.20 | 1918,059 | 1792,4 | 1312,5 |
| | Bp.23 | 1918,059 | 1430 | 1312,5 |
| | Bp.29 | 1918,059 | 1492 | 1312,5 |
| A2 | Bp.7 | 1918,059 | 1722 | 1312,5 |
| | Bp.10 | 1918,059 | 1316 | 1312,5 |

Tabel 11.

Hasil daya dukung berdasarkan data N-SPT, PDA Test, Rencana di lokasi Sangu Banyu

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | N-SPT (ton) | PDA Test (ton) | Rencana (ton) |
|----------|-----------------------|-------------|----------------|---------------|
| A1 | Bp.22 | 1589,121 | 1578 | 1175 |
| | Bp.40 | 1589,121 | 1208 | 1175 |
| | Bp.41 | 1589,121 | 1330 | 1175 |
| A2 | Bp.2 | 1589,121 | 1508 | 1175 |
| | Bp.17 | 1589,121 | 1425 | 1175 |

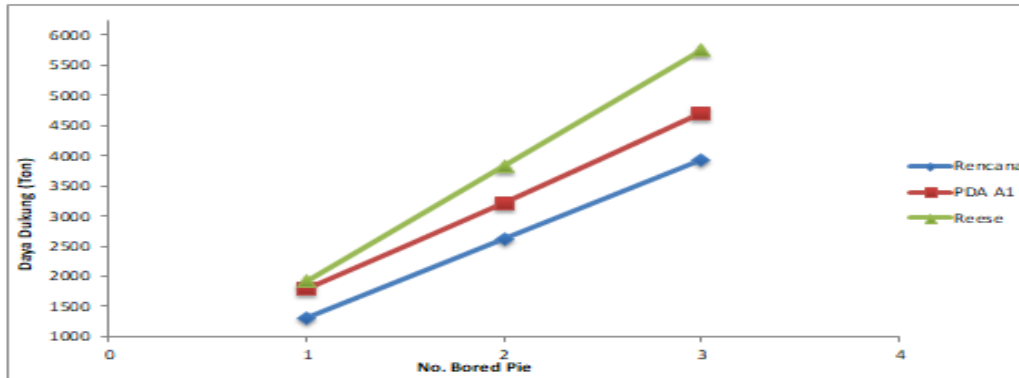
Tabel 12.

Hasil daya dukung berdasarkan data N-SPT, PDA Test, Rencana di lokasi Kali Mataram

| Abutment | No. <i>Bored pile</i> | N-SPT (ton) | PDA Test (ton) | Rencana (ton) |
|----------|-----------------------|-------------|----------------|---------------|
| A1 | Bp.42 | 1863,304 | 1937 | 1300 |
| | Bp.43 | 1863,304 | 1912 | 1300 |
| A2 | Bp.5 | 1863,304 | 2258 | 1300 |
| | Bp.16 | 1863,304 | 1899 | 1300 |

Setelah dilakukan analisa perhitungan, hubungan nilai daya dukung berdasarkan N-SPT, PDA Test, dan Rencana pada abutment Kali Konteng,

Sangu Banyu dan Kali Mataram dapat dilihat dalam bentuk grafik pada gambar 3, 4, 5, 6, 7, 8 di bawah.



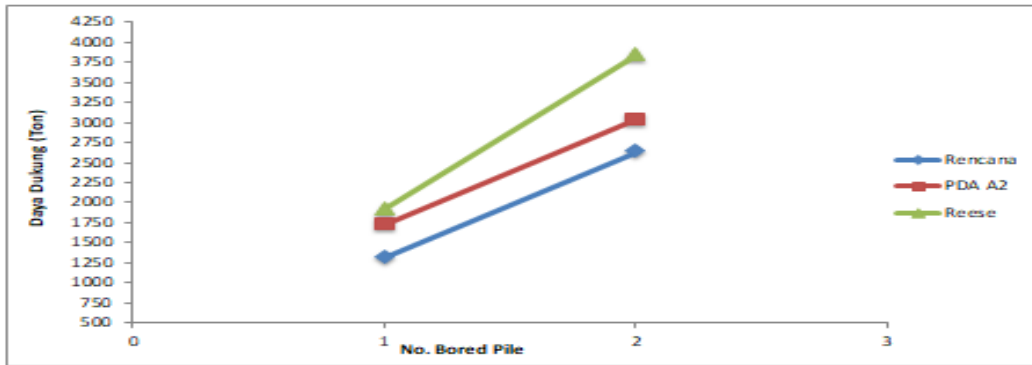
Gambar 3. Hubungan Daya Dukung Berdasarkan N-SPT, PDA Test, dan Rencana Pada A1 Kali Konteng

Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui bahwa nilai komulatif (total) daya dukung berdasarkan N-SPT pada abutment 1 Kali Konteng memiliki nilai yang lebih besar 22,06 % dibandingkan nilai daya dukung PDA Test. Sedangkan nilai komulatif (total) daya dukung PDA Test lebih besar 19,73 % dari nilai daya dukung rencananya. Berdasarkan gambar 4 dapat diketahui bahwa nilai komulatif (total) daya dukung berdasarkan N-SPT pada abutment 2 Kali Konteng memiliki nilai yang lebih besar 26,27 % dibandingkan nilai daya dukung PDA Test. Sedangkan nilai komulatif (total) daya dukung PDA Test lebih besar 15,73 % dari nilai daya dukung rencananya.

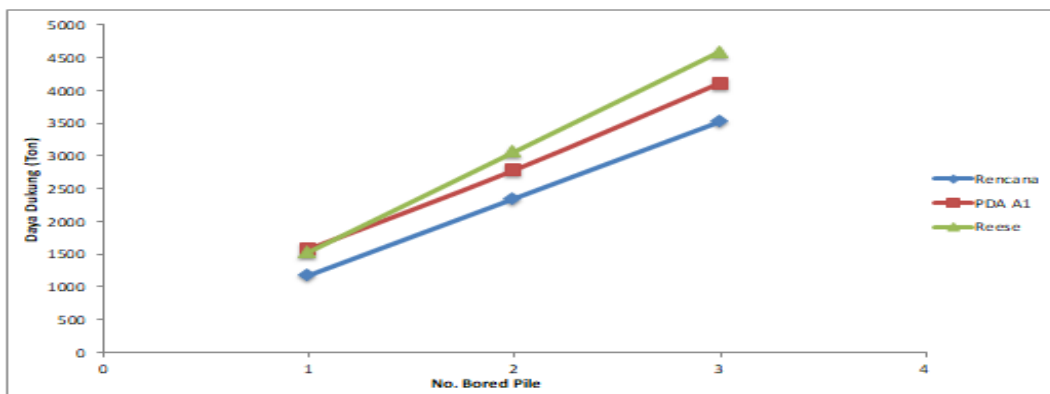
Berdasarkan gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai komulatif (total) daya dukung berdasarkan N-SPT pada abutment 1 Sangu Banyu memiliki nilai yang lebih besar 11,69 % dibandingkan nilai daya dukung PDA Test. Sedangkan nilai komulatif (total) daya dukung PDA Test lebih besar 16,77 % dari nilai daya dukung rencananya. Berdasarkan gambar

6 dapat diketahui bahwa nilai komulatif (total) daya dukung berdasarkan N-SPT pada abutment 2 Sangu Banyu memiliki nilai yang lebih besar 4,49 % dibandingkan nilai daya dukung PDA Test. Sedangkan nilai komulatif (total) daya dukung PDA Test lebih besar 24,81 % dari nilai daya dukung rencananya.

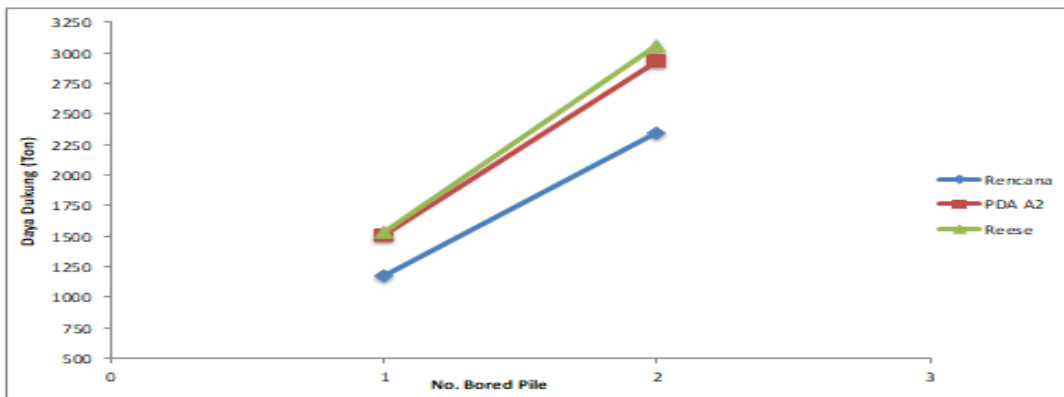
Berdasarkan gambar 7 dapat diketahui bahwa nilai komulatif (total) daya dukung berdasarkan N-SPT pada abutment 1 Kali Mataram memiliki nilai yang lebih kecil 26,40 % dibandingkan nilai daya dukung PDA Test. Sedangkan nilai komulatif (total) daya dukung PDA Test lebih besar 48,04 % dari nilai daya dukung rencananya. Berdasarkan gambar 8 dapat diketahui bahwa nilai komulatif (total) daya dukung berdasarkan N-SPT pada abutment 2 Kali Mataram memiliki nilai yang lebih kecil 31,86 % dibandingkan nilai daya dukung PDA Test. Sedangkan nilai komulatif (total) daya dukung PDA Test lebih besar 59,88 % dari nilai daya dukung rencananya.



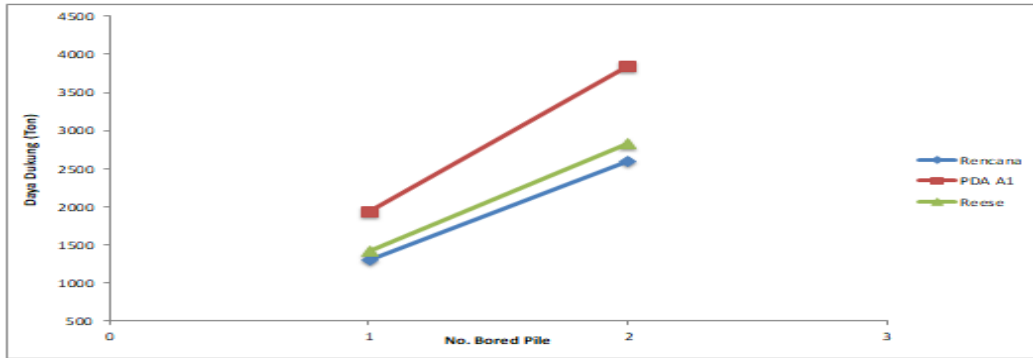
Gambar 4. Hubungan Daya Dukung Berdasarkan N-SPT, PDA *Test*, dan Rencana Pada A2 Kali Konteng



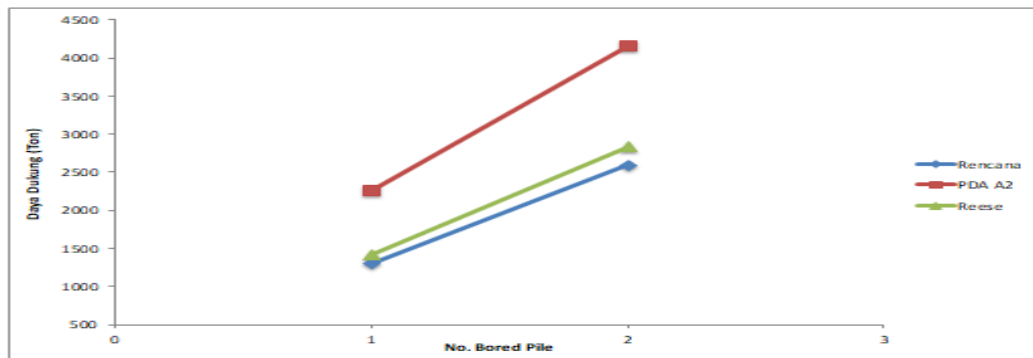
Gambar 5. Hubungan Daya Dukung Berdasarkan N-SPT, PDA *Test*, dan Rencana Pada A1 Sangu Banyu



Gambar 6. Hubungan Daya Dukung Berdasarkan N-SPT, PDA *Test*, dan Rencana Pada A2 Sangu Banyu



Gambar 7. Hubungan Daya Dukung Berdasarkan N-SPT, PDA Test, dan Rencana Pada A1 Kali Mataram



Gambar 8. Hubungan Daya Dukung Berdasarkan N-SPT, PDA Test, dan Rencana Pada A2 Kali Mataram.

PENUTUP

Simpulan

Pengaruh jenis tanah, sifat tanah, kedalaman tiang dan beban yang akan ditumpu pada abutment Kali Konteng, Sangu Banyu dan Kali Mataram menunjukkan hasil daya dukung yang dihasilkan berdasarkan nilai N-SPT, rencana dan PDA Test memiliki nilai yang berbeda – beda. Pada abutment Kali Konteng dan Sangu Banyu nilai daya dukung berdasarkan N-SPT memiliki nilai yang paling besar dibandingkan nilai PDA Test dan rencananya. Sedangkan pada abutment Kali Mataram nilai daya dukung berdasarkan PDA Test memiliki nilai yang paling besar dibandingkan nilai daya dukung berdasarkan N-SPT dan rencananya. Namun, nilai daya dukung berdasarkan N-PT dan PDA Test pada abutment Kali Konteng, Sangu Banyu dan Kali Mataram sudah lebih besar

dibandingkan dengan nilai daya dukung rencananya sehingga dapat digunakan sebagai kontrol daya dukung *Bored pile*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada civitas akademik Politeknik Negeri Semarang yang telah memberikan bimbingan, saran dan masukan selama pelaksanaan penelitian penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Afifa, Rahma Nur. 2021. *Analisis Daya Dukung Bore Pile Pada Pembangunan Jembatan Kereta Api Antara Araskabu-Tebing Tinggi dan Lintas Tebing Tinggi-Siantar*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

- Agus, S., Renaningsih, & Riska, A.C., 2020. *Perencanaan Fondasi Tiang Bor Abutment Jembatan Kali Kendeng (Perbandingan Metode Meyerhof dan Metode Reese & Wright)*. Jurnal Dinamika Teknik Sipil, Vol. 13, Hal. 30-36.
- Fleming, Ken, Austin Weltman, Mark Randolph dan Keith Elson. 2009. *Piling Engineering*. Taylor & Francis Group, New York.
- Nindita, P., Prajna, E.N., Sudarmono, Karnawan, J.S., & Anung, S., 2022. *Komparasi Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data N-SPT, Kalendering dan PDA Test*. Jurnal Bangun Rekaprima, Vol. 08 2 Oktober 2022, Hal. 71-77.
- Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta-Bawen Paket 1 Seksi 1. 2022. *Work methode statement Pekerjaan Bored pile*. Yogyakarta: PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
- Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta-Bawen Paket 1 Seksi 1. 2022. *Work methode statement Pengujian Pondasi Pile Driving Analyzer*. Yogyakarta: PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
- Ully, N.F., & Halimah, T., 2018. *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored pile Berdasarkan Data N-SPT Menurut Rumus Reese & Wright dan Penurunan*. Jurnal IKRA-ITH Teknologi, Vol. 2 No. 3 November 2018, Hal. 7-13, ISSN. 2580 – 4308.
- Warouw, P.J., Rangkang, J., & Saerang, E.J., 2022. *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored pile Jembatan Kalasey Dengan Tes PDA Pada Jalan Manado Outer Ringroad III STA 9+ 799*. Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi, Politeknik Negeri Manado, Vol I, No. 1, 2022.