

**ANALISIS PERBANDINGAN DAYA DUKUNG FONDASI TIANG BOR
BERDASARKAN HASIL PENYELIDIKAN TANAH DAN PENGUJIAN DINAMIS
(Studi Kasus: Jembatan Way Pengubuan)**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF CARRYING CAPABILITIES PILE
FOUNDATIONS BASED ON SOIL INVESTIGATIONS AND DYNAMIC TESTING
(Case Study: Pengubuan Way Bridge)**

Julita Hayati¹, Stefany Haloho² Arif Rahman Hakim Sitepu³, Syahidus Syuhada⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Sumatera, Lampung, 35365, Indonesia

Email: julita.hayati@si.itera.ac.id

Received: 12 November 2024 Revised: 26 Desember 2024 Accepted: 25 Januari 2025 Published: 27 Januari 2025

ABSTRAK

Jembatan Way Pengubuan merupakan jembatan yang menghubungkan Kecamatan Seputih Agung dan Kecamatan Way Pengubuan. Kondisi eksisting jembatan menjadi alasan utama jembatan ini dibangun kembali untuk meningkatkan perekonomian masyarakat setempat. Jembatan harus dirancang dengan fondasi yang aman sehingga dapat menghindari terjadinya kegagalan fondasi. Dalam perencanaan fondasi, daya dukung fondasi dihitung menggunakan pendekatan empiris dan diverifikasi berdasarkan pengujian daya dukung fondasi tiang melalui Uji Pile Driving Analyzer (PDA). Pendekatan empiris menunjukkan daya dukung tiang yang bervariasi bergantung kondisi tanah yang digambarkan pada hasil penyelidikan tanah SPT dan CPT. Daya dukung rata-rata metode empiris sebesar 6842,6 kN (P14), 4407,3 kN (A-1) dan 5536,4 kN (B-1) menggunakan data SPT dan sebesar 6659,9 kN (P14), 5064 kN (A-1) dan 4960,5 kN (B-1) menggunakan data CPT. Hasil pengujian PDA dan interpretasi CAPWAP menunjukkan nilai daya dukung ultimate lebih kecil dari pendekatan empiris. Pendekatan empiris menggunakan data SPT dan CPT menunjukkan overestimated sehingga dalam estimasi daya dukung diperlukan angka koreksi berkisar antara 0,344 – 0,714 bergantung pada pendekatan empiris yang digunakan untuk kondisi tanah serupa.

Kata kunci: CPT, Daya Dukung Aksial, Fondasi Tiang Bor, PDA Test, SPT

ABSTRACT

The Way Pengubuan Bridge is a bridge that connects the Seputih Agung District and the Way Pengubuan District. The existing condition of the bridge is the main reason for its reconstruction to improve the local economy. The bridge must be designed with a safe foundation to avoid foundation failure. In foundation planning, the bearing capacity of the foundation is calculated using an empirical approach and verified based on the pile foundation bearing capacity test through the Pile Driving Analyzer (PDA) test. The empirical approach shows varying pile-bearing capacities depending on the soil conditions depicted in the SPT and CPT soil investigation results. The average bearing capacity using the empirical method is 6842.6 kN (P14), 4407.3 kN (A-1), and 5536.4 kN (B-1) using SPT data, and 6659.9 kN (P14), 5064 kN (A-1), and 4960.5 kN (B-1) using CPT data. The PDA testing and CAPWAP interpretation results show that the ultimate bearing capacity value is smaller than the empirical approach. The empirical approach using SPT and CPT data shows overestimation, so a correction factor ranging from 0.344 to 0.714 is needed in the bearing capacity estimation, depending on the empirical approach used for similar soil conditions.

Kata kunci: Axial Bearing Capacity, Bore Pile, CPT, PDA Test, SPT

PENDAHULUAN

Jembatan menjadi salah satu struktur bangunan yang berfungsi sebagai penghubung lalu lintas pada suatu lintasan atau wilayah transportasi yang terpisah oleh adanya danau, sungai, rawa, saluran irigasi, lembah, dan lain sebagainya (Priawan dkk., 2021). Seiring kemajuan zaman, jembatan menjadi salah satu urat nadi perekonomian antar wilayah karena dengan adanya jembatan memberikan kemudahan akses dalam menghubungkan daerah yang berimbas dengan ikut berkembangnya perekonomian masyarakat.

Selaras dengan pernyataan tersebut, Jembatan Way Pengubuan dibangun kembali guna merealisasikan kebutuhan masyarakat terkait prasarana wilayah setempat. Jembatan ini menjadi penghubung antara Kecamatan Seputih Agung dengan Kecamatan Way Pengubuan yang dipisah oleh Sungai Way Pengubuan. Penggantian Jembatan Way Pengubuan dilakukan setelah penantian masyarakat selama berpuluh-puluh tahun bertahan dengan kondisi jembatan yang mengkhawatirkan. Selama ini, untuk menyeberangi sungai tersebut masyarakat menggunakan jembatan yang terbuat dari rangka besi dan beralaskan kayu sehingga pergerakan masyarakat menjadi terbatas dan berdampak terhadap pertumbuhan ekonomi setempat. Oleh karena itu, penggantian jembatan ini dilakukan guna memfasilitasi dan mendukung pertumbuhan ekonomi bagi masyarakat setempat. Sebagai informasi, penggantian jembatan Way Pengubuan ini dilakukan sejak tahun 2018 namun tahap konstruksinya baru dilakukan pada tahun 2022.

Pembangunan jembatan memerlukan fondasi guna menyalurkan beban struktur ke tanah. Penentuan jenis fondasi sendiri mempertimbangkan kondisi tanah sehingga dalam perencanaannya perlu dilakukan penyelidikan tanah guna memberikan gambaran karakteristik tanah yang akan ditempatkan di titik lokasi pemasangan

fondasi. Parameter lain yang juga penting untuk diperhitungkan dalam konstruksi jembatan yaitu daya dukung. Daya dukung fondasi akan menunjukkan kemampuan tanah dalam menopang beban yang bekerja. Kemajuan *geotechnical engineering* dalam menganalisis daya dukung fondasi telah banyak berkembang (Cahyadi dkk., 2020). Perkembangan ini ditandai dengan pendekatan empiris yang bervariasi dalam mengestimasi daya dukung fondasi tiang menggunakan hasil uji *Cone Penetration Test* (CPT) dan *Standard Penetration Test* (SPT).

Dalam penelitian ini, pendekatan empiris yang digunakan untuk mengestimasi daya dukung fondasi tiang menggunakan data CPT yaitu metode *Aoki dan Velloso* (1975), *Philipponant* (1980), dan *Togliani* (2008) serta pada data SPT menggunakan metode *Reese & Wright* (1977), *Luciano Decourt* (1996), dan *Reese O'Neil* (1999). Arah dari penelitian ini adalah untuk membandingkan daya dukung fondasi tiang menggunakan pendekatan empiris sesuai kondisi tanah pada Jembatan Way Pengubuan dengan hasil pengujian daya dukung aksial tiang tunggal di lapangan melalui *Pile Driving Analyzer* (PDA) *test*. Penelitian ini membantu memberikan rekomendasi metode estimasi daya dukung aksial yang sesuai dengan kondisi lapangan pada Jembatan Way Pengubuan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang dilakukan dengan membandingkan daya dukung aksial tiang tunggal fondasi tiang bor melalui pendekatan empiris dari data penyelidikan tanah dengan hasil uji PDA dan interpretasi CAPWAP. Data penyelidikan tanah yang digunakan berupa data CPT sebanyak 6 titik dan SPT sebanyak 3 titik dengan 3 titik pengujian PDA yaitu pada Lokasi Pilar-14, Abutment A-1, dan Abutment B-1.

Berdasarkan data penyelidikan tanah dilakukan interpretasi data tanah hasil uji CPT dan SPT dimana dominasi jenis tanah pada data sondir berupa pasir sedangkan pada data bor berupa lempung. Namun hasil sondir terbatas hingga kedalaman maksimal 6,8 m sedangkan data SPT mencapai kedalaman 16 m. Nilai N-SPT yang dihasilkan maksimum berada pada angka 50 yang menunjukkan pengujian bor telah mencapai kedalaman tanah keras. Spesifikasi tiang yang digunakan pada pilar yaitu menggunakan tiang dengan diameter 1 m dan panjang tiang 12 m,

sedangkan pada lokasi abutment diameter 0,8 m dengan panjang tiang 13 m.

Estimasi daya dukung aksial tiang tunggal menggunakan beberapa pendekatan empiris dengan perbedaan koefisien yang diperhitungkan dalam analisis seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Pada Tabel 1 akan diperlihatkan pendekatan empiris berdasarkan data CPT sebagai berikut.

Tabel 1. Pendekatan Empiris Berdasarkan Data CPT

Metode	Tahanan Ujung	Tahanan Selimut
Philipponant (1980)	$Q_b = q_b \times A_b$ $q_b = k_b \times q_{ca(tip)}$ <p>k_b bergantung pada jenis tanah pada ujung tiang. Pada penelitian ini berada pada jenis tanah pasir maka $k_b = 0,4$</p>	$Q_s = q_s \times A_s$ $q_s = q_{ca(side)} \frac{\alpha_s}{F_s}$ <p>a. α_s bergantung pada jenis tiang. Pada penelitian ini menggunakan jenis tiang bor dengan diameter < 1, 5m, maka $\alpha_s = 0,85$</p> <p>b. F_s ditentukan berdasarkan jenis tanah per lapisan kedalaman</p>
Aoki Velloso (1975)	$Q_u = q_b \times A_b$ $q_b = \frac{q_{ca(tip)}}{F_b} \leq 15 \text{ MPa}$ <p>F_b bergantung pada jenis tiang yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan jenis tiang bor maka $F_b = 3,5$.</p>	$Q_s = q_s \times A_s$ $q_s = q_{ca(side)} \frac{\alpha_s}{F_s}$ <p>a. α_s ditentukan berdasarkan jenis tanah per lapisan kedalaman. Koefisien ini juga digunakan dalam bentuk persen (%).</p> <p>b. F_s ditentukan berdasarkan jenis tiang yang digunakan. $F_s = 7$ untuk tiang bor.</p>
Togliani (2008)	$Q_b = k_3 \times q_{ca(tip)}$ $k_3 = \{ \lambda + [0,01(\frac{L}{D})] \}$ <p>a. Memerhatikan panjang dan diameter tiang</p> <p>b. λ yang ditentukan berdasarkan jenis tiang yang digunakan berdasarkan jenis tiang. $\lambda = 0,1$ untuk tiang bor.</p>	$Q_s = \sqrt{k_1 \times q_{ca(side)}}$ $k_1 = 1,2[0,8 + (\frac{R_f}{8})] \beta, \text{ pasir}$ $k_1 = 1,1[0,4 + (\ln R_f)] \beta, \text{ lempung}$ <p>a. Bergantung pada R_f per lapisan kedalaman.</p> <p>b. Memerhatikan β yaitu koefisien gesekan antara tanah dengan tiang, untuk tiang bor = 0,5.</p>

Pada Tabel 2 merupakan penjelasan terkait pendekatan empiris berdasarkan data

SPT sebagai berikut.

Tabel 2. Pendekatan Empiris Berdasarkan Data SPT

Metode	Tahanan Ujung	Tahanan Selimut
Luciano Decourt (1996)	$Q_b = \alpha [k_b \times N_b]$ <p>a. α merupakan koefisien dasar tiang yang melibatkan jenis tanah serta jenis tiang yang digunakan pada ujung tiang. Pada penelitian ini $\alpha = 0,85$.</p> <p>b. k_b merupakan koefisien Decourt yang digunakan berdasarkan jenis tanah pada ujung tiang. Pada penelitian ini $k_b = 12 \text{ ton/m}^2$.</p>	$Q_s = \beta \left[\left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \right]$ <p>a. β merupakan koefisien selimut tiang yang memerhatikan jenis tanah per lapisan kedalaman dan jenis tiang yang digunakan. Pada penelitian ini $\beta=0,8$.</p> <p>b. Pada tahanan selimut juga memerhatikan N-SPT berdasarkan jenis tanah per lapisan kedalaman.</p>
Reese & Wright (1977)	$Q_p = q_p \times A_p$ $q_p = 9 \times c_u$ $q_p = 7 \times N \text{ (t/m}^2\text{)}$ <p>a. Pada tanah kohesif, nilai c_u pada ujung tiang memengaruhi tahanan ujung.</p> <p>b. Pada tanah non-kohesif, hanya dipengaruhi oleh N-SPT pada ujung tiang.</p>	$Q_s = f_s \times A_s$ $f = c_u \times \alpha$ $f = 0,32 \text{ N (ton/m}^2\text{)}$ <p>a. Pada tanah kohesif, memerhatikan nilai c_u per lapisan kedalaman.</p> <p>b. Pada tanah kohesif menggunakan $\alpha = 0,55$</p> <p>c. Pada tanah non-kohesif memerhatikan nilai N-SPT.</p>
Reese O'Neil (1999)	$Q_p = q_p \times A_p$ $q_p = 9 \times c_u$ $q_p = 57,5 \times N$ <p>a. Pada tanah kohesif, tahanan ujung dipengaruhi oleh c_u pada ujung tiang.</p> <p>b. Pada tanah non-kohesif, memerhatikan N-SPT pada ujung tiang.</p>	$Q_s = f_s \times A_s$ $f_s = \alpha \times C_u$ $f_s = \sigma'_{vi} \times \beta_i$ <p>a. Pada tanah kohesif, tahanan selimut memerhatikan koefisien adhesi antara tanah dengan tiang.</p> <p>b. Selain itu, pada tanah kohesif memerhatikan nilai per lapisan kedalaman.</p> <p>c. Pada tanah non-kohesif, memerhatikan tegangan vertikal tanah.</p>

Daya dukung aksial tiang tunggal hasil pendekatan empirisi akan dibandingkan dengan hasil PDA dan CAPWAP berupa perbandingan daya dukung ujung, daya dukung selimut dan daya dukung ultimit aksial tiang tunggal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Daya Dukung Ujung Terhadap PDA Test

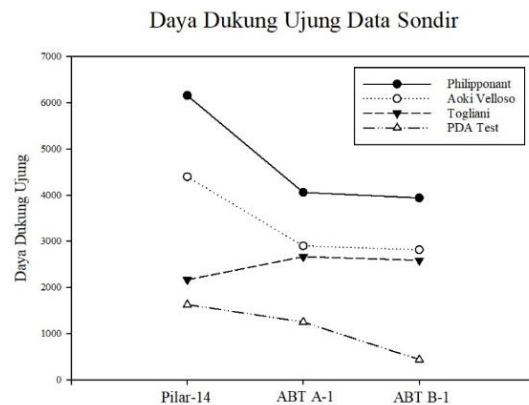
Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa hasil daya dukung ujung tiang dengan menggunakan data sondir menunjukkan bahwa metode Togliani menghasilkan daya dukung yang mendekati CAPWAP PDA test

meskipun masih dalam kategori *overestimated* dengan deviasi sebesar 33,09%. Hal ini terjadi karena metode ini sangat memerhatikan pengaruh panjang tiang dan diameter tiang. Metode Togliani memberikan pengaruh panjang tiang dan diameter tiang yang dikoreksi dengan koefisien 0,01 yang merupakan faktor ketidakpastian untuk menyamakan kondisi pembebanan di lapangan ke dalam persamaan empiris sehingga daya dukung ujungnya lebih kecil jika dibandingkan dengan metode lain. Selain itu, pada kondisi jenis tanah pasir memberikan estimasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan kondisi tanah lempung dan pada data sondir jenis tanah didominasi oleh jenis tanah pasir. Pada lokasi Abutment A-1, daya dukung ujung yang dihasilkan lebih besar dikarenakan panjang tiang pada lokasi tersebut lebih panjang jika dibandingkan dengan Pilar-14.

Berdasarkan Gambar 2, metode Reese & Wright serta Reese O'Neil memberikan estimasi yang baik pada perhitungan daya dukung ujung tiang dengan deviasi sebesar 17,17% pada Pilar-14 dan hasil yang *underestimated* pada lokasi Abutment A-1. Kedua metode ini memberikan persamaan yang serupa pada daya dukung ujung tiang dengan kondisi tanah lempung. Kondisi tanah lempung memberikan estimasi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan tanah pasir yang hanya memerhatikan nilai N-SPT.

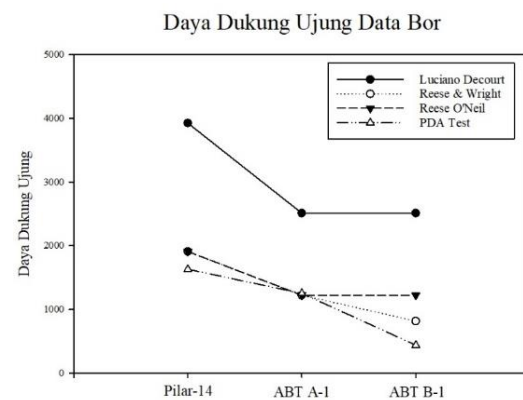
Metode ini mempertimbangkan faktor kohesi pada jenis tanah lempung dan nilai kohesi dihasilkan dari nilai N-SPT yang dikoreksi. N-SPT terkoreksi tersebut dikontrol nilainya agar tidak *overdesign* sehingga batas N60 yang digunakan pada kedalaman tanah keras sebesar 45 sehingga daya dukung ujung yang dihasilkan menggunakan kedua persamaan tersebut memberikan *trend* yang baik dikarenakan persamaan yang digunakan pada kedua metode ini serupa dan didominasi tanah yang terdapat pada data bor yaitu jenis tanah lempung.

Berikut ditampilkan Gambar 1 yang menunjukkan daya dukung ujung data sondir.



Gambar 1. Daya Dukung Ujung Data Sondir

Gambar 2 dibawah ini menampilkan daya dukung ujung data bor.



Gambar 2. Daya Dukung Ujung Data Bor

Aoki Velloso secara konsisten memberikan hasil yang *underestimated* jika dibandingkan dengan kedua metode dengan data CPT yang lain. Metode ini memerhatikan jenis tanah dan jenis tiang yang digunakan dalam menganalisis daya dukung selimut serta nilai tahanan konus per kedalaman. Pada metode Aoki Velloso, karena kondisi tanah didominasi oleh jenis tanah lempung maka faktor koreksi yang diberikan akan semakin besar sehingga menghasilkan daya dukung selimut yang lebih kecil. Selain itu, metode ini memberikan angka koreksi berdasarkan jenis tanah serta jenis tiang yang lebih kecil jika dibandingkan dengan metode yang lain.

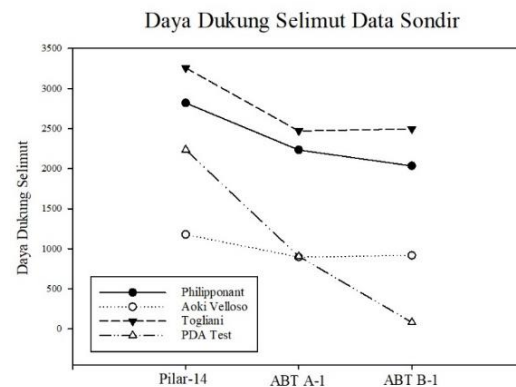
Analisis Perbandingan Daya (Hayati/hal. 108-116)

Pada analisis daya dukung selimut (Gambar 4) dengan menggunakan data SPT, belum ada satu metode yang memberikan hasil yang dekat jika dibandingkan dengan uji PDA. Hal ini dikarenakan data lapangan SPT didominasi oleh kondisi jenis tanah lempung dan angka koreksi dan persamaan yang diberikan tidak memberikan reduksi yang besar pada kondisi tanah lempung. Namun, jika dibandingkan dengan kedua metode lainnya metode Reese O'Neil memberikan deviasi terkecil terhadap PDA *test* dikarenakan kondisi tanah didominasi oleh tanah lempung dan persamaan ini memberikan faktor koreksi berdasarkan jenis tanah yang kecil pada kondisi tanah tersebut.

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa metode Togliani memberikan estimasi daya dukung ultimit yang baik pada Pilar-14 dengan deviasi yang dihasilkan 40% dan pada Abument A-1, Aoki Velloso memberikan hasil yang mendekati uji PDA dengan deviasi sebesar 76%. Perbedaan output metode yang dihasilkan dalam mengestimasi daya dukung ultimit ini terjadi karena terdapat perbedaan panjang dan diameter tiang. Selaras dengan penelitian yang dilakukan (Togliani, 2008) bahwa metode ini memberikan estimasi perhitungan analitis yang mendekati dengan pengujian lapangan.

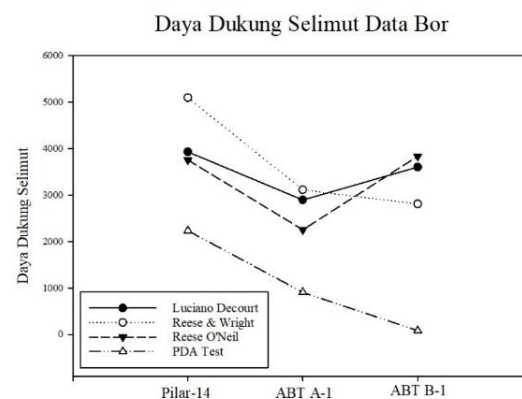
Untuk daya dukung ultimit, metode Aoki Velloso (Gambar 5) memberikan estimasi daya dukung ultimit yang baik pada lokasi Abutment A-1 dikarenakan pada lokasi tersebut daya dukung selimut yang dihasilkan sangat kecil sehingga daya dukung ujungnya memberikan hasil yang lebih kecil juga dikarenakan pengaruh panjang dan diameter tiang. Metode Reese O'Neil menjadi metode dengan data SPT yang memberikan hasil yang mendekati daya dukung ultimit hasil pengujian PDA meskipun *overestimated* baik pada pilar maupun abutment. Hal ini dapat terjadi karena metode ini memberikan estimasi yang baik pada daya dukung ujung tiang namun pada daya dukung selimut tiang memberikan hasil yang *overestimated*.

Berikut ini adalah Gambar 3 yang menampilkan daya dukung selimut data sondir.



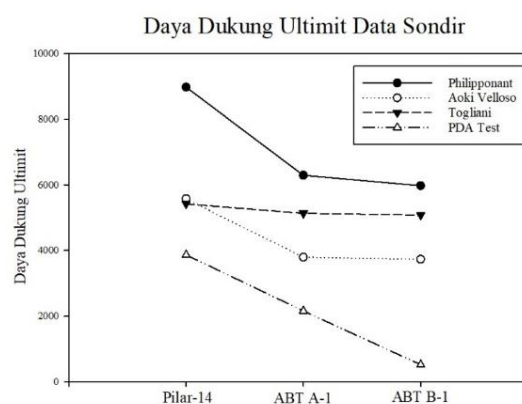
Gambar 3. Daya Dukung Selimut Data Sondir

Gambar 4 menampilkan daya dukung selimut data bor.



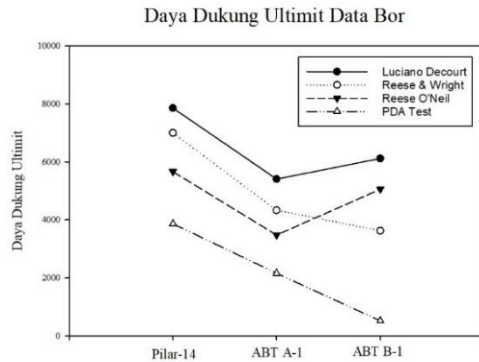
Gambar 4. Daya Dukung Selimut Data Bor

Gambar 5 yang menampilkan daya dukung ultimit data sondir.



Gambar 5. Daya Dukung Ultimit Data Sondir

Berikut ini adalah Gambar 5 yang menampilkan daya dukung ultimit data bor.



Gambar 6. Daya Dukung Ultimit Data Bor

Tabel 3. Angka Reduksi Daya Dukung Ultimit

Metode	Pilar-14	Abutment A-1
Philipponant (1980)	0,405	0,34
Aoki Velloso (1975)	0,69	0,565
Togliani (2008)	0,705	0,415
Luciano Decourt (1995)	0,49	0,46
Reese & Wright (1977)	0,43	0,46
Reese O'Neil (1999)	0,58	0,52

Angka reduksi daya dukung ultimit ini merupakan koefisien yang ditentukan dengan tujuan mereduksi daya dukung ultimit perhitungan secara analitis sehingga memberikan hasil yang mendekati hasil dari uji PDA.

SIMPULAN

Perhitungan secara analitis daya dukung aksial dengan menggunakan data CPT menunjukkan bahwa secara konsisten metode Aoki Velloso memberikan pola yang baik dalam menganalisis daya dukung selimut tiang di setiap lokasi, baik pada Pilar-14 maupun Abutment A-1. Metode Aoki Velloso memberikan hasil perhitungan daya dukung selimut yang konsisten *underestimated* jika dibandingkan dengan pengujian PDA. Di samping itu, metode Togliani juga memberikan hasil yang baik pada perhitungan daya dukung aksial di ujung tiang meskipun masih tergolong *overestimated* jika dibandingkan dengan uji

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, pendekatan empiris yang digunakan menghasilkan estimasi daya dukung aksial tiang tunggal yang lebih besar dari daya dukung aksial hasil uji PDA dan CAPWAP sehingga perlu adanya angka reduksi (Tabel 3) untuk menghindari estimasi yang terlalu besar dalam perancangan fondasi tiang bor untuk kondisi tanah serupa.

Berikut ini disajikan Tabel 3 yang menampilkan angka reduksi daya dukung ultimit.

PDA dengan catatan metode ini sangat mempertimbangkan spesifikasi tiang yang digunakan seperti panjang dan diameter tiang.

Perhitungan daya dukung aksial dengan data SPT menunjukkan bahwa Reese & Wright serta Reese O'Neil memberikan hasil yang sama pada daya dukung ujung tiang dikarenakan kedua metode ini mengadaptasi persamaan yang serupa pada kondisi tanah lempung dan hasil yang diberikan *underestimated* jika dibandingkan dengan pengujian PDA. Di sisi lain, metode perhitungan dengan data SPT kurang mampu memberikan hasil yang mendekati PDA *test* pada daya dukung selimut tiang dengan deviasi yang dihasilkan terlampau jauh dari ketiga metode perhitungan tersebut. Namun, metode Reese O'Neil memberikan hasil daya dukung ultimit yang mendekati pengujian PDA meskipun tetap dalam batasan *overestimated*.

Analisis Perbandingan Daya (Hayati/hal. 108-116)

Metode Aoki Velloso menjadi metode yang direkomendasikan dalam menganalisis daya dukung selimut tiang menggunakan data CPT serta metode Reese O'Neil menjadi metode yang direkomendasikan dalam perhitungan daya dukung ujung dan ultimit tiang menggunakan data SPT. Setiap metode perhitungan yang dilakukan tetap membutuhkan angka reduksi agar memberikan hasil yang mendekati PDA *test*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, Supriadi, dan Marpaung P. (2014). Pengaruh Ketinggian Tempat dan Kemiringan Lereng Terhadap Produksi Karet (*Hevea Brasiliensis* Muell.Arg) di Kebun Hapesong PTPN III Tapanuli Selatan. *Journal Online Agroekoteknologi*, 2(3), 981–989.
- Cahyadi, H., Gazali, A., dan Hakim, F. A. (2020). Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Berdasarkan Data Sondir pada Proyek Pembangunan Instalasi Ibu Kota Kescamatan (IKK) Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Tanah Laut. *Jurnal Kacapuri*, 3(2), 216–226.
- Hakim, M. F. N. dan Hadi, M. A. (2023). Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Berdasarkan Data N-SPT Diverifikasi dengan Nilai PDA dan CAPWAP. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, 3(1), 236–247.
- Hidayat, B. R., Putra, P. P., dan Suyoso, H. (2020). Pemetaan Daya Dukung Fondasi Dangkal di Wilayah Universitas Jember Berbasis CPT (Cone Penetration Test). *Jurnal Rekayasa Sipil*, 14(3), 179–186.
- Khodijah, S., Monica U. S., Ersyari J., Khoirullah N., dan Sophian R. I. (2022). Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas dalam Kondisi Statis dan Dinamis pada PIT X, Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Padjajaran Geoscience Journal*, 6(4), 1030–1037.
- Mardianti, I. Y., Nuklirullah, M., dan Dwina, D. O. (2022). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Sondir (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Rumah Sakit Pendidikan Universitas Jambi). *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 17(2), 51–60.
- Muchtaranda, I. H., Sulistyowati, T., dan Muhajirah. (2022). Pengaruh Hujan Terhadap Stabilitas Lereng dengan Retakan pada Tanah Kohesif (Studi Kasus: Tanah Longsor di Desa Guntur Macan Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat). *Spektrum Sipil*, 9(2), 97–110.
- Priawan, E., Astuti, R. I., dan Sanwidi, A. (2021). Studi Kelayakan Daya Dukung Jembatan Tanpa Bored Pile (Studi Kasus Rehap Jembatan Ngeni – Sp. Ngadipuro Kabupaten Blitar). *JSNu: Journal of Science Nusantara*, 1(1), 13–22.
- Putra, R., Sarkowi, M., Purba, A, dan Oktavia, A. (2022). Kajian Teknis Existing Jembatan Way Semangka Rangka Baja Pasca Bencana Gempa Tahun 1994 di Suoh Kabupaten Lampung Barat. *Jurnal Rekayasa Lampung*, 1(2), 28–33.
- Rajagukguk, O. C. P., Turangan A. E, dan Monintja S. (2014). Analisis Kestabilan Lereng dengan Metode Bishop (Studi Kasus: Kawasan Citraland STA 1000 m). *Jurnal Sipil Statik*, 2(3), 140–147.
- Susanto, H. T. dan Hartono, J. (2020). Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil Uji Spt dan Pengujian Dinamis. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 4(1), 30–38.

Togliani, G. (2008). Pile Capacity Prediction For In Situ Tests. *Geological-Geotechnical Consultant Switzerland*, 1-6.