

PERBANDINGAN DAYA DUKUNG AKSIAL PONDASI TIANG BOR TUNGGAL MENGGUNAKAN DATA STANDARD PENETRATION TEST (SPT) DAN PILE DRIVING ANALIZER (PDA) TEST PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL PANDAAN MALANG

Nur Latifah Khomsati
I Wayan Jirna
Eko Setyawan

Abstrak: Hasil hitungan daya dukung pondasi tiang yang didasarkan pada teori mekanika tanah, sebaiknya perlu dicek dengan mengadakan pengujian tiang untuk meyakinkan hasilnya. Salah satu pengujian tiang yang dilakukan adalah Pile Driving Analyzer (PDA) Test. Penelitian ini membandingkan nilai daya dukung SPT menggunakan 3 metode yaitu Metode Meyerhof, Poulos Davis, dan Luciano Decourt dengan hasil daya dukung PDA Test serta mengetahui rumus perhitungan daya dukung SPT yang paling mendekati hasil PDA Test. Nilai daya dukung ultimit (Q_u) pondasi tiang bor tunggal yang dihitung dengan Metode Meyerhof dan Luciano Decourt menggunakan data SPT sudah mendekati nilai daya dukung PDA Test. Sehingga daya dukung SPT dikatakan mampu memprediksi daya dukung pondasi dengan baik Sedangkan metode Poulos Davis hasilnya jauh dari metode lainnya karena tidak memperhitungkan koreksi nilai N-SPT. Nilai daya dukung hasil PDA relatif lebih besar dikarenakan itu pada saat pelaksanaan pengeboran tiang, bentuk dinding tiangnya tidak seragam sehingga luas ujung tiang dan selimut tiang bertambah dan menyebabkan daya dukung menjadi lebih besar. Metode yang paling mendekati hasil Q_u PDA adalah Metode Meyerhof, terbukti ada tiga titik yang selisih nilai daya dukungnya kecil. Hal ini dikarenakan pada Metode Meyerhof dilakukan koreksi pada nilai N-SPT.

Kata-kata kunci: *Daya Dukung Tiang Bor, Daya Dukung SPT, Daya Dukung PDA Test.*

Abstract: *Bearing capacity of pile foundation based on soil mechanics theory, should be checked by conducting pole test to assure the result. One of the pole tests performed is the Pile Driving Analyzer (PDA) Test. This study compares the value of SPT support capacity using 3 methods, Meyerhoff Method, Poulos Davis, and Luciano Decourt with the result of PDA Test bearing capacity and know the formula of calculation of SPT bearing capacity closest to PDA Test result. The value of bearing capacity (Q_u) of single mast pile foundation computed by the Meyerhoff and Luciano Decourt Methods using SPT data is close to the bearing capacity of the PDA Test. So SPT bearing capacity is to be able to predict the bearing capacity of the foundation well. While the Poulos Davis method is far from other methods because it does not take into account the correction of N-SPT value. The value of the bearing capacity of the PDA results is relatively greater because of the time of drilling the pile, the shape of the pile wall is not uniform so that the pole end and the shaft of the pole increases and causes the bearing capacity becomes larger. The method that most closely approximates Q_u PDA is Meyerhoff Method, there are three points where the difference of the small bearing capacity value. This is because the Meyerhoff Method corrected the N-SPT value.*

Keywords: *Bored Pile Bearing Capacity, SPT Bearing Capacity, PDA Test .*

PENDAHULUAN

Pembangunan dan pengembangan di wilayah Indonesia dalam bidang teknik sipil dari tahun ke tahun mengalami kemajuan yang cukup pesat. Hal ini menuntut pemerintah untuk memberikan fasilitas umum yang lebih baik, salah satunya pembangunan jalan tol. Pembangunan Jalan Tol Pandaan Malang merupakan salah satu bagian dari rencana pemerintah dalam mega proyek pembangunan jaringan jalan tol Trans Jawa. Pada pembangunan Jalan Tol Pandaan Malang terdapat bangunan utama yaitu, bangunan Overpass, Underpass, dan Jembatan. Dari bangunan-bangunan tersebut tidak lepas dari pekerjaan pondasi. Banyak kegagalan bangunan akibat kegagalan pondasi yang tidak dapat diperbaiki sehingga seluruh bangunan tidak dapat berfungsi lagi atau untuk perbaikannya memerlukan biaya tinggi (Silmi, 2004).

Pondasi tiang bor cocok digunakan pada daerah pemukiman karena tidak menimbulkan suara dan getaran yang terlalu keras seperti pemancangan tiang. Pondasi yang dipilih untuk pekerjaan jembatan pada proyek pembangunan Jalan Tol Pandaan Malang adalah pondasi tiang bor karena lokasi proyek dekat dengan pemukiman penduduk.

Pondasi pada jembatan menerima beban hidup dari kendaraan dan beban mati struktur jembatan itu sendiri, Penentuan kuat atau tidaknya pondasi menahan beban bangunan dapat dilihat dari daya dukung pondasinya. Kekuatan daya dukung pondasi tiang bor diperoleh dari daya dukung ujung (end bearing capacity) dan daya dukung geser (friction bearing capacity). Ada beberapa metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi tiang, yaitu metode analisa menggunakan parameter tanah yang didapat dari uji laboratorium, metode analisa menggunakan data hasil sondir, dan

data hasil Standard Penetration Test (SPT).

Hasil hitungan daya dukung tiang yang didasarkan pada teori mekanika tanah, sebaiknya perlu dicek dengan mengadakan pengujian tiang untuk meyakinkan hasilnya (Hariyatmo, 2015). Pengujian tiang secara umum dibagi menjadi dua, menggunakan metode statis yaitu Static Load Test (SLT) dan metode dinamis yaitu Pile Driving Analyzer (PDA) Test. PDA Test merupakan metode baru yang dianggap lebih efektif, karena uji ini memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode pengujian tiang skala penuh (SLT) yaitu: a) waktu pengujian cepat; b) membutuhkan ruang relatif kecil; c) dapat mengevaluasi daya dukung dan integritas struktural tiang; d) dapat mengevaluasi penurunan (settlement) tiang. Gofar dan Angelo (2006) melakukan studi tentang perbandingan penggunaan PDA Test dan SLT pada beberapa kasus di Malaysia. Hasil studi menunjukkan bahwa PDA Test apabila dilakukan dan diinterpretasikan dengan baik, dapat memberikan hasil yang mendekati hasil SLT dalam hal kapasitas beban dan penurunan.

Beberapa penelitian membandingkan metode analisa daya dukung menggunakan data laboratorium, data sondir, dan data SPT dengan metode pembebanan langsung PDA Test. Disimpulkan bahwa analisis dari data hasil SPT lebih mendekati hasil PDA Test (Ariantoro,2015), namun belum diketahui metode perhitungan dari data SPT manakah yang paling mendekati hasil PDA Test.

Tujuan dari penelitian ini ialah (1) Mengetahui nilai daya dukung menggunakan data SPT (2) Mengetahui nilai daya dukung dari PDA Test (3) Mengetahui perbandingan daya dukung pondasi tiang bor tunggal dari hasil analisis menggunakan data SPT dan hasil PDA Test serta mengetahui rumus perhitungan daya dukung SPT

yang paling mendekati hasil PDA Test.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif analitik. Pengambilan data dilakukan di Proyek Jalan Tol Pandaan Malang. Data yang digunakan merupakan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang telah diukur, dicatat, dan didesain oleh instansi terkait. Data hasil SPT berupa borlog dan data hasil PDA berupa laporan uji PDA. Kemudian data sekunder tersebut diolah menjadi data yang siap digunakan untuk menganalisis perhitungan selanjutnya, sehingga dapat mencapai tujuan studi. Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui nilai daya dukung pondasi tiang bor tunggal menggunakan data hasil SPT di Proyek Jalan Tol Pandaan Malang dan dibandingkan dengan hasil daya dukung dari PDA Test. Untuk mengetahui daya dukungnya dilakukan analisis menggunakan rumus Meyerhof (1976), Poulos dan Davis (1980), dan Luciano decourt (1987).

Pengolahan data hasil SPT menjadi nilai daya dukung tiang bor tunggal menggunakan 3 metode, yaitu Meyerhoff (1976), Poulos dan Davis (1980), dan Luciano decourt (1987). Hasil tabel yang diperoleh setelah pengujian inilah yang digunakan sebagai perbandingan dengan hasil daya dukung PDA Test.

HASIL

1. Hasil Pengujian SPT

Pengujian SPT yang dilakukan pada Proyek Jalan Tol Pandaan Malang menghasilkan data N-SPT dan jenis tanah. Nilai N-SPT digunakan untuk menghitung nilai daya dukung. Data hasil SPT yang dipakai yaitu di lima titik pada Proyek Jalan Tol Pandaan Malang antara lain STA 3+500, STA 5+300, STA 6+300, STA 11+600, dan STA 15+900. Selain nilai itu, diambil juga data pengujian berat volume tanah.

Rekapitulasi daya dukung menggunakan Metode Meyerhoff dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Daya Dukung Metode Meyerhoff

Kode Tiang	Nilai Daya Dukung Meyerhof		
	(ton)		
	Qs	Qb	Qu
TB1	72.3	657.7	730
TB2	117.4	828.4	945.9
TB3	126	689.7	815.7
TB4	78.3	752.3	830.7
TB5	117.4	866.7	984.1

Rekapitulasi daya dukung menggunakan Metode Poulos Davis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Daya Dukung Poulos Davis

Kode Tiang	Nilai Daya Dukung Poulos Davis		
	(ton)		
	Qs	Qb	Qu
TB1	289.2	1763.4	2052.6
TB2	374.3	1910	2284.3
TB3	313.3	1910	2223.3
TB4	267.7	1567	1834.7
TB5	374.3	1959	2333.3

Rekapitulasi daya dukung menggunakan Metode Luciano Decourt dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Daya Dukung Luciano Decourt

Kode Tiang	Nilai Daya Dukung Luciano Decourt		
	(ton)		
	Qs	Qb	Qu
TB1	212.7	471	683.7
TB2	288.3	753.7	1042
TB3	288.3	471	759.3
TB4	241	471	712
TB5	288.3	753.7	1042

2. Hasil PDA Test

PDA Test yang dilakukan pada Proyek Jalan Tol Pandaan Malang menghasilkan data-data yang selanjutnya dianalisis menggunakan CAPWAP. CAPWAP menghasilkan nilai daya dukung ujung dan daya dukung selimut tiang yang diakumulasikan menjadi daya dukung ultimit. Nilai daya dukung ini selanjutnya digunakan untuk perbandingan dengan hasil daya dukung teoritis menggunakan data SPT. Data hasil PDA Test yang dipakai yaitu di lima titik pada Proyek Jalan Tol Pandaan Malang antara lain STA 3+550, STA 5+325, STA 6+300, STA 11+600, dan STA 15+900. Data hasil PDA Test dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi tiang, hasil CAPWAP

Kode Tiang	Diameter Tiang (m)	Panjang Tiang (m)	CAPWAP		
			Qs (ton)	Qb (ton)	Qu (ton)
TB 1	1,2	12	518.3	325.7	844
TB 2	1,2	13	1078.3	294.2	1372.4
TB 3	1,2	13	569.2	444.7	1013.9
TB 4	1,2	11	444.1	448.4	892.5
TB 5	1,2	13	838.5	321.2	1159.7

PEMBAHASAN

1. Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Tunggal dari Data SPT

Analisis daya dukung menggunakan data

Tabel 5. Nilai Daya Dukung Pondasi Tiang Bor dengan Data SPT

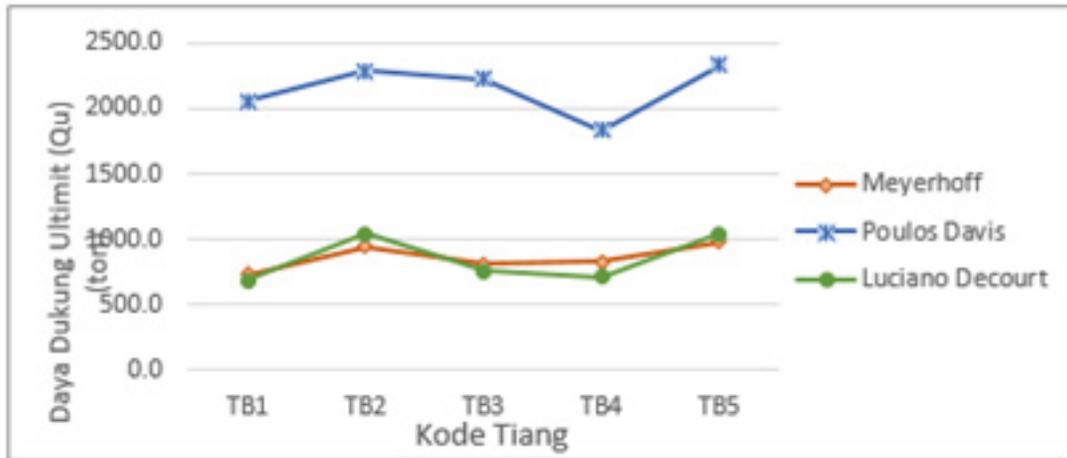
Kode Tiang	Nilai Daya Dukung (ton)								
	Meyerhof			Poulos dan Davis			Luciano decourt		
	Qs	Qb	Qu	Qs	Qb	Qu	Qs	Qb	Qu
TB1	72.3	657.7	730	289.3	1763.4	2052.6	212.7	471	683.7
TB2	117.4	828.4	945.9	374.3	1910	2284.3	288.3	753.7	1042
TB3	126	689.7	815.7	313.3	1910	2223.3	288.3	471	759.3
TB4	78.3	752.3	830.7	267.7	1567	1834.7	241	471	712
TB5	117.4	866.7	984.1	374.3	1959	2333.3	288.3	753.7	1042

SPT menghasilkan nilai daya dukung selimut tiang (Qs), daya dukung ujung tiang (Qb), dan diperoleh nilai daya dukung ultimit tiang (Qu) = Qs + Qb. Daya dukung menggunakan data SPT dianalisis menggunakan tiga metode, yaitu Metode Meyerhoff, Metode Poulos Davis dan Metode Luciano Decout. Walaupun menggunakan data SPT yang sama, namun hasil daya dukung dari ketiga metode tersebut berbeda. Hasil daya dukung menggunakan data SPT dari ketiga metode terdapat pada Tabel 5.

Dari Tabel 5. dapat dilihat bahwa nilai daya dukung selimut tiang dari ketiga metode hasilnya lebih kecil dari nilai daya dukung ujung tiang. Hasil analisis ini sesuai dengan penelitian Ismail (2014) dan Ariantoro (2015) bahwa perhitungan menggunakan daya SPT, nilai daya dukung selimut tiangnya lebih kecil daripada daya dukung ujung tiang. Namun pada penelitian Silmi (2014), nilai daya dukung selimut tiangnya lebih besar daripada daya dukung ujung. Hal ini dikarenakan penelitiannya Silmi (2014) meneliti pada tiang pancang kecil (mini-pile), sehingga rumus daya dukung selimutnya berbeda dengan perhitungan pada tiang bor.

Perbandingan daya dukung tiang menggunakan ketiga metode terdapat pada Gambar 1.

nilai daya dukung ujung (Q_b). Hal ini mungkin disebabkan pada pelaksanaan pengecoran



Gambar 1. Hubungan antara Nilai Daya Dukung Ultimit Tiang pada setiap Titik Bor menggunakan Metode Meyerhoff, Poulos Davis, dan Luciano Decourt

Dari Gambar 1., diketahui bahwa hasil daya dukung ultimit yang dianalisis menggunakan metode Poulos Davis hasilnya lebih besar daripada metode Meyerhoff dan Luciano Decourt. Sedangkan metode Meyerhoff dan Luciano Decourt hasil daya dukungnya tidak terlalu jauh berbeda.

tiang bor di lapangan, selimut tiangnya tidak seragam seperti tiang pancang, sehingga luas permukaan selimut tiang bertambah dan menghasilkan daya dukung selimut yang besar.

2. Daya Dukung Pondasi Tiang Bor Tunggal dari PDA Test

PDA Test yang dilakukan pada Proyek Jalan Tol Pandaan Malang menghasilkan data-data yang selanjutnya dianalisis menggunakan CAPWAP. CAPWAP menghasilkan nilai daya dukung ujung dan daya dukung selimut tiang yang di akumulasikan menjadi daya dukung ultimit. Hasil daya dukung PDA Test ini sudah mencakup angka aman. Hasil daya dukung tiang bor pada lima titik yang telah dianalisis menggunakan CAPWAP dapat dilihat pada Tabel 6.

Dari Tabel 6 dapat dilihat daya dukung selimut (Q_s) nilainya lebih besar daripada

Tabel 6. Hasil Daya dukung yang dianalisis dengan CAPWAP

Kode Tiang	Hasil Daya Dukung yang dianalisis menggunakan CAPWAP		
	Q_s (ton)	Q_b (ton)	Q_u (ton)
TB 1	518.3	325.7	844
TB 2	1078.3	294.2	1372.4
TB 3	569.2	444.7	1013.9
TB 4	444.1	448.4	892.5
TB 5	838.5	321.2	1159.7

3. Perbandingan Perbandingan Daya Dukung dari Hasil Analisis menggunakan Data SPT dan Hasil PDA Test

Terdapat perbedaan antara nilai daya dukung ultimit (Q_u) yang dianalisis menggunakan data SPT dengan daya dukung ultimit (Q_u) hasil PDA yang dianalisis menggunakan CAPWAP. Perbedaan ini dikarenakan dalam

persamaan daya dukung, baik daya dukung ujung maupun daya dukung selimut tiang tidak menggunakan parameter tanah yang sesuai dengan kedalaman dan keadaan lapangan sebenarnya. Pada umumnya setiap pengambilan sampel tanah yang akan diuji di laboratorium hanya beberapa sampel saja yang sudah mewakili kedalaman di atasnya maupun di bawahnya. Disamping itu, keseragaman lapisan-lapisan tanah di lokasi tiang bor tidak selalu sama sehingga berpengaruh besar pada daya dukung tiang tersebut. Hasil daya dukung ultimit dengan data SPT dan hasil analisis CAPWAP dapat dilihat pada Tabel 7.

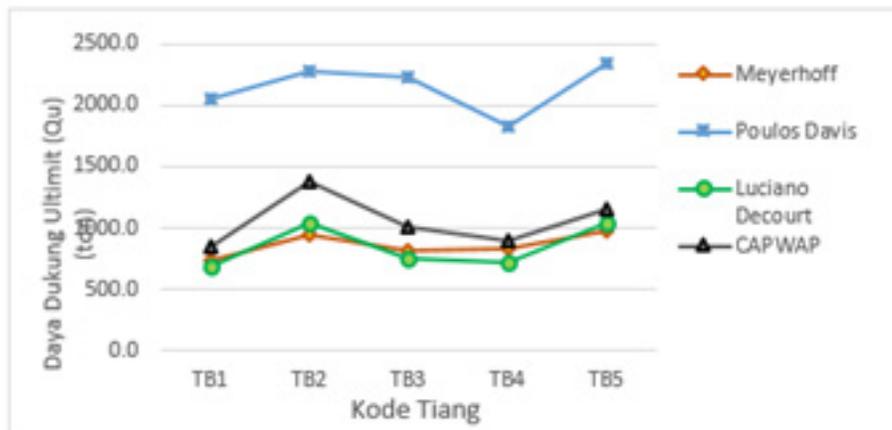
Dari Gambar 2., dapat dilihat walaupun terdapat perbedaan, namun perbedaan nilai daya dukung ultimit (Q_u) dari metode Meyerhof dan metode Luciano Decourt menggunakan data SPT tidak terlalu jauh dengan nilai daya dukung ultimit (Q_u) PDA Test. Hal ini menunjukkan bahwa analisis daya dukung menggunakan data SPT sudah dapat mendekati hasil daya dukung aktual. Namun, metode Poulos Davis hasilnya cukup jauh dengan metode yang lainnya. hal ini disebabkan pada metode Poulos Davis tidak memperhitungkan koreksi nilai N-SPT dan dan untuk menghitung daya dukung selimut tiang (Q_s) hanya meng-

Tabel 7. Nilai Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang Bor dengan Data SPT dan CAPWAP

Kode Tiang	Nilai Daya Dukung (ton)			
	Meyerhof	Poulos dan Davis	Luciano decourt	Hasil CAPWAP
	Qu	Qu	Qu	Qu
TB1	730	683.7	2052.6	844
TB2	945.9	1042	2284.3	1372.4
TB3	815.7	759.3	2223.3	1013.9
TB4	830.7	712	1834.7	892.5
TB5	984.1	1042	2333.3	1159.7

Perbandingan nilai daya dukung menggunakan data SPT dengan hasil CAPWAP dapat dilihat pada Gambar 2.

gunakan tekanan overburden ujung tiang.]Daya dukung PDA Test relatif lebih besar dari daya dukung menggunakan data



Gambar 2. Hubungan antara Nilai Daya Dukung Ultimit Tiang pada setiap Titik Bor menggunakan Metode Meyerhoff, Poulos Davis, Luciano Decourt dan Hasil PDA Test yang dianalisis dengan CAPWAP

SPT, hal ini dikarenakan pada saat pelaksanaan pengeboran tiang, bentuk dinding tiangnya tidak seragam sehingga luas ujung tiang dan selimut tiang bertambah dan menyebabkan daya dukung menjadi lebih besar.

Dari Gambar 2, dapat dilihat bahwa metode Meyerhof menggunakan data SPT memberikan Q_u yang mendekati Q_u hasil PDA test, ditunjukkan dengan adanya tiga nilai daya dukung yang lebih mendekati hasil daya dukung PDA Test dibandingkan dengan metode lainnya. Hal ini dikarenakan metode Meyerhoff memperhitungkan koreksi-koreksi nilai N-SPT.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut: Nilai daya dukung ultimit (Q_u) pondasi tiang bor tunggal yang dihitung menggunakan data SPT yang dihitung dengan tiga metode, yaitu Metode Meyerhoff, Metode Poulos Davis, dan Metode Luciano Decourt. Metode Poulos Davis menghasilkan daya dukung paling besar. Sedangkan nilai daya dukung dari Metode Meyerhof, dan Metode Luciano Decourt hasilnya hampir sama, namun nilai daya dukung Metode Luciano Decourt pada tiga titik TB 1, TB 3, TB 5 hasilnya lebih rendah dari metode lain.

Nilai daya dukung ultimit (Q_u) pondasi tiang bor tunggal yang diukur menggunakan metode penumbukan tiang langsung, Pile Driving Analyzer (PDA) Test dan dianalisis menggunakan Case Pile Wave Analysis Program (CAPWAP). Hasil daya dukung ultimit PDA (Q_u) pada TB 1 sebesar 844 ton; TB 2 sebesar 1372,4 ton; TB 3 sebesar 1013,9 ton; TB 4 sebesar 892,5 ton, dan pada TB 5 sebesar 1159,7 ton.

Nilai daya dukung ultimit (Q_u) pondasi tiang bor tunggal yang dihitung menggunakan data SPT dengan tiga metode, yaitu Metode Meyerhoff dan Metode Poulos Davis, hasilnya sudah mendekati nilai daya dukung ultimit (Q_u) pondasi tiang bor tunggal yang diukur menggunakan PDA Test dan dianalisis menggunakan CAPWAP, sehingga daya dukung SPT dikatakan sudah mampu memprediksi daya dukung pondasi dengan baik. Namun, metode Luciano Decourt hasilnya cukup jauh dari metode lain. Hal ini dikarenakan Metode Poulos Davis tidak memperhitungkan koreksi nilai N-SPT dan untuk menghitung daya dukung selimut tiang (Q_s) hanya menggunakan tekanan overburden ujung tiang. Metode yang paling mendekati hasil (Q_u) PDA adalah Metode Meyerhof, terbukti ada tiga titik yang selisih nilai daya dukungnya kecil. Hal ini dikarenakan pada Metode Meyerhof dilakukan koreksi pada nilai N-SPT.

Dari beberapa kesimpulan yang telah dijabarkan, maka didapatkan saran dalam penelitian ini sebagai berikut: dapat dilakukan analisis perbandingan dengan data lainnya, misal data hasil Cone Penetration Test (CPT) dan data parameter tanah kohesi (c) dan sudut gesek dalam (ϕ).

Dapat dilakukan analisis perbandingan dengan metode lainnya, karena PDA Test dikategorikan sebagai pengujian dinamik, maka dapat dibandingkan dengan analisis pondasi dengan cara dinamik lainnya.

DAFTAR RUJUKAN

Ariantoro, Prama H. 2015. Perbandingan Analisis Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Pondasi Minipile menggunakan Ru

- mus Dinamik, Hasil Uji SPT dengan Hasil Uji PDA. Skripsi, Surakarta: Universitas Sebelas Maret. Diakses melalui diligib.uns.ac.id
- Arifin, Zainul .2007. Komparasi Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal Dihitung Dengan Beberapa Metode Analisis, Skripsi tidak diterbitkan. Semarang. Universitas Diponegoro.
- ASTM Internatioals. 2008. Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations (ASTM D-4945-05). United State.
- ASTM Internatioals. 2008. Standard Test Method for Standar Penetration Test (ASTM D-1586). United State.
- Bowles. Joseph E. 1988. Foundation Analysis and Design. Fifth Editions, Mc Graw Hill. Singapore.
- Gofar, N. and Angelo, M. 2006, Evaluation of Design Capacity of Bored Pile Based on High Strain Dynamic Test, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan–X(PIT–X)Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia, Jakarta, 147-152
- Hardiyatmo, Christady H. 2014. Analisis dan Perancangan Fondasi I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Christady H. 2015. Analisis dan Perancangan Fondasi II. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mhaiskar, dkk. 2010, High Strain Dynamic Pile Testing and Static Load Test – A correlation Study, Indian Geotechnical Conference, IGS Mumbai Chapter & IIT Bombay, India.
- Rausche, Frank. 2014. GRLWEAP: Fundamentals, Models, Results. Pile Dynamics, Inc
- Silmi, Niken. 2004. Studi Perbandingan Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor menggunakan Uji Beban Statik dan Metode Dinamik . Media Teknik Sipil Juli 2004 No.77. Universitas Sebelas Maret
- Suwono.1989. Teknik Pondasi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan. Jakarta
- Taslim. 2014. Analisis Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor Tunggal Diameter 0,6 meter menggunakan Data Sondir, SPT, Uji Beban Statik, dan PDA pada Proyek Pembangunan Hotel Sapadia Medan. Skripsi, tidak diterbitkan. Surakarta: Universitas Sumatera Utara.
- Thaha M.A. 2013. Analisis Daya Dukung Tiang Statis dan Dinamis pada Pembangunan Pelabuhan Batubara PT. Semen Tonasa Tangkep. Tugas Akhir, tidak diterbitkan. Makassar: Universitas Hasanuddin
- Yusti, A. 2013. Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan CAPWAP pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkalpinang. Jurnal Fropil Vol 2 No.1 (61239-ID). Universitas Bangka Belitung.