P-3

ANALISA PERBANDINGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG MENGUNAKAN DATA UJI LABORATORIUM, N-SPT, DAN CPT TERHADAP NILAI UJI *PILE DRIVING ANALYZER* (STUDI KASUS PADA PROYEK PEMBANGUNAN PT. KALTIM AMONIUM NITRAT DI KOTA BONTANG)

THE COMPARISON OF PILE BEARING CAPACITY ANALYSIS USING LABORATORY AND FIELD TEST ANALYSIS WITH PILE DRIVING ANALYZER (CASE STUDY IN PT. KALTIM AMONIUM NITRATE PROJECT IN BONTANG CITY)

Tatag Yufitra Rus[1*], Sunarno[2], Fadilla Eka Nur Aprilla Irwaniansyah[3]
[1,2,3]Politeknik Negeri Balikpapan, Jl. Soekarno Hatta KM. 8, Kota Balikpapan

[*]E-mail: tatag.yufitra@poltekba.ac.id

Diterima 12-10-2021	Diperbaiki 17-10-2021	Disetujui 24-10-2021

ABSTRAK

Pondasi tiang pancang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah keras terketak cukup dalam. Pada proses perhitungan dan pelaksanaan di lapangan, sering dijumpai kesulitan dalam penentuan parameter tanah yang tepat. Lokasi yang dipilih pada proyek PT. Kaltim Amonium Nitrat di Kota Bontang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdiamter 50 cm dengan kedalaman 20 m berdasarkan data uji laboratorium dan data uji lapangan berupa N-SPT dan CPT terhadap pengujian PDA test yang dilakukan. Pada perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal dilakukan dengan beberapa metode yaitu; data laboratorium menggunakan metode Tomlinson, data CPT menggunakan metode Bagemann, dan data N-SPT menggunakan etode Luciano Decourt. Perhitungan dilakukan berdasarkan pada 5 titik yaitu; S2, S4, BH 2, BH 9, & BH 11 yang akan dibandingkan dengan data PDA test. Berdasarkan hasil analisa ketiga metode tersebut, dapat disimpulkan metode Tomlinson memiliki nilai q_U lebih kecil dari titik tiang pancang SZ-2 dengan hasil q_U = 99,82 ton berbanding nilai PDA test sebesar 338 ton (- %). Metode Bagemann memiliki nilai q_U lebih besar dari titik tiang pancang SZ-7 diperoleh q_U = 897,42 ton berbanding nilai PDA test sebesar 355,3 ton (+ %). Sedangkan metode Luciano Decourt memiliki nilai q_U mendekati dengan nilai PDA test dari titik tiang pancang SZ-7 diperoleh hasil q_U = 379,75 ton berbanding nilai PDA test sebesar 355,3 ton (%), sehingga nilai dari N-SPT test dianggap lebih sesuai digunakan pada perhitungan analisa di studi kasus tersebut.

***Kata kunci**: Tiang Pancang, Laboratorium Test, N-SPT, CPT, Daya Dukung Tanah, PDA Test*

ABSTRACT

The foundation is the main part of the substructure that is useful for supporting the superstructure with the depth of hard soil is difficult to be reached. In the process of calculation and implementation in the field, there are often difficulties in determining the right soil parameters. The selected location is in the PT. Kaltim Ammonium Nitrate in Bontang City. The purpose of this study was to analyze and compare the bearing capacity of a single pile foundation with 50 cm of diameter and 20 m of depth, based on laboratory test data and field test data based on N-SPT and CPT to the PDA test from the field. The calculation of the carrying capacity of a single pile foundation is carried out by several methods, namely: laboratory data using the Tomlinson method, CPT data using the Bagemann method, and N-SPT data using the Luciano Decourt method. Calculations are made based on 5 points; S2, S4, BH 2, BH 9, & BH 11 which will be compared with the PDA test data. Based on the results of the analysis of the three methods, it can be concluded that the Tomlinson method has a smaller q_U value in SZ-2 with the results of q_U = 99.82 tons compared to the PDA Test value is about 338 tons (-%). Secondly, the Bagemann method has a greater q_U value using CPT

data in SZ-7 with the result of q_U = 897.42 tons compared to PDA Test value is about 355.3 tons (+ %). While the Luciano Decourt method has a q_U value close to the PDA test value from the SZ-7 pile point, the results are q_U = 379.75 tons compared to PDA Test value is about 355.3 tons (%), so the value of the N-SPT test is considered more suitable for use in analytical calculations in the case.

Keywords: *Single Pile Foundation, Laboratory Test, N-SPT, CPT, Bearing Capacity, PDA Test*

PENDAHULUAN

Pondasi tiang pancang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah keras terketak cukup dalam [1]. Pondasi tiang pancang berfungsi untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan diatasnya dengan mengandalkan daya dukung ujung dan gesekan di sekitar selimut tiang pancang sehingga diperlukan analisa yang tepat, salah satunya ialah pemilihan metode dan parameter yang digunakan dalam dasar perhitungan.

Penentuan kapasitas dukung tiang pancang terus berkembang hingga saat ini. Banyak ditemukan metode-metode dalam pemilihan analisa penentuan kapasitas dukung tiang pancang berdasarkan nilai parameter hasil uji penyelidikan tanah di lapangan. Nilai parameter uji laboratorium, CPT, dan N-SPT adalah beberapa hasil uji penyelidikan tanah yang umum digunakan di Indonesia dalam analisa penentuan nilai kapasitas dukung pondasi.

Pile Driving Analyzer (PDA Test) adalah termasuk salah satu jenis pengujian langsung di lapangan untuk mengetahui gambaran nilai daya dukung pondasi tiang tunggal dengan menggunakan benda uji pondasi tiang desain yang akan digunakan di lapangan. Metode pengujian ini dapat memberikan data tentang regangan, gaya dan percepatan atau kecepatan perpindahan pondasi tiang berdasarkan besaran nilai tumbukan [2].

Lokasi yang dipilih untuk penelitian kali ini ialah pada proyek pembangunan PT. Kalim Amonium Nitrat yang terletak di Kota Bontang. Jenis pondasi tiang yang digunakan adalah pondasi tunggal dengan diameter 50 cm dan dipancang dengan kedalaman 20 m. Pada lokasi tersebut, terdapat beberapa hasil uji penyelidikan tanah yang dimiliki diantaranya; uji laboratorium tanah, N-SPT dan Sondir (CPT). Namun, diperlukan hasil analisa yang tepat dalam pemilihan ketiga nilai parameter tersebut yang akan digunakan sebagai dasar analisa penentuan kapasitas dukung pondasi di area tersebut yang nantinya nilai PDA Test akan dijadikan dasar dalam penentuan metode analisa yang tepat.

METODOLOGI

Deskripsi Proyek

Lokasi yang digunakan dalam studi kasus kali ini ialah pada proyek pembangunan PT. Kaltim Amonium Nitrat yang berasa di Kota Bontang. Proyek ini merupakan salah satu pembangunan pabrik bahan peledak bernama Ammonium Nitrate Project 75.000 MTPY Ammomium Nitrate 60.000 MTPY Nitric Acid PT. Kaltim Ammonium Nitrat yang berada dalam kawasan Kaltim Industrial Estate Bontang-Kaltim, seperti yang tertera pada Gambar 1.



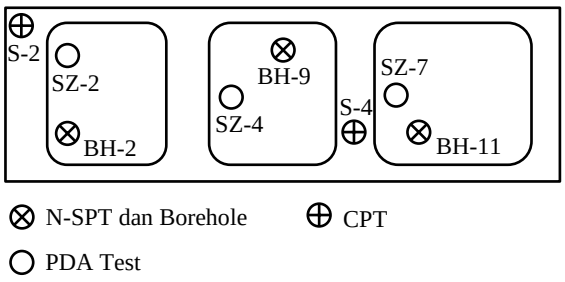
Gambar 1. Proyek pembangunan PT. Kaltim Amonium Nitrat di Kota Bontang

Tiang pondasi yang digunakan adalah jenis tiang pancang tunggal (*single pile foundation*). Tiang pancang didesain berdiameter 50 cm dengan kedalaman 20 m. Tiang pancang berbahan beton bertulang dengan mutu beton f_c 52 MPa dan mutu baja f_y 40 MPa. Desain tiang pancang menggunakan bentuk lingkaran dengan bentuk runcing pada ujung tiang tersebut.

Penyelidikan Tanah dan PDA Test

Hasil uji penyelidikan tanah berupa hasil uji laboratorium, N-SPT, dan CPT. Lokasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 2. Titik

pengujian uji laboratorium dan N-SPT ialah BH-2, BH-9 dan BH-11. Selanjutnya untuk titik pengujian CPT berupa S-2 dan S-4. Titik PDA Test terletak pada titik SZ-2, SZ-4, dan SZ-7.



Gambar 2. Layout penyelidikan tanah dan PDA Test

Hasil uji penyelidikan kapasitas dukung tiang terhadap tanah menggunakan PDA Test. Hasil pengujian menampilkan nilai daya dukung ujung tiang, nilai friksi tiang atau kuat gesek tiang terhadap tanah, dan nilai kapasitas daya dukung ultimit (ton) seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil rekapitulasi pengujian PDA test

Kode	Ujung tiang (ton)	Friksi tiang (ton)	Daya dukung ultimit (ton)
SZ-4	43,3	319,7	363,0
SZ-7	35,0	320,3	353,3
SZ-2	39,2	298,9	338,0

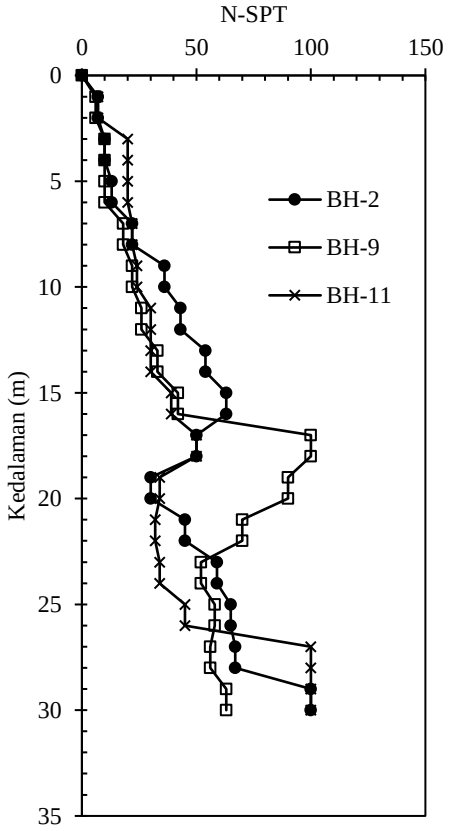
Uji laboratorium menampilkan nilai γ (berat volume) dan kuat geser tanah berupa nilai c (kohesi) dan ∅ (sudut geser tanah). Nilai uji laboratorium didapatkan dari hasil boring pada titik BH-2, BH-9 dan BH-11. Kedalaman muka air tanah diketahui dari hasil uji didapatkan pada kedalaman 2 m dari permukaan tanah. Hasil uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Rekapitulasi hasil uji laboratorium tanah

Kode	Kedalaman	Berat Volume		c	∅
		γ_b (kN/m^3)	γ_{sat} (kN/m^3)	(kN/m^2)	(º)
BH-2	1,50-2,00 m	18,15	-	40,75	6,79
	5,00-5,50 m	-	18,9	33,75	9,52
BH-9	1,50-2,00	19,50	-	22	7,74
	5,00-5,50	-	17,70	48	4,98
	7,50-8,00	-	17,90	47	4,96
	9,50-10,00	-	18,90	41	5,60
BH-11	1,50-2,00	19,65	-	21	14,28
	5,00-5,50	-	18,35	4	10,30

Nilai uji laboratorium hanya diambil hingga pada kedalaman 5,5 dan 10 m, dimana kedalaman tiang pancang yang akan dianalisis adalah pada kedalaman 20 m. Maka pada kedalaman setelahnya hingga mencapai kedalaman 20 m menggunakan nilai berat volume dan kuat geser tanah yang paling ujung dilakukan.

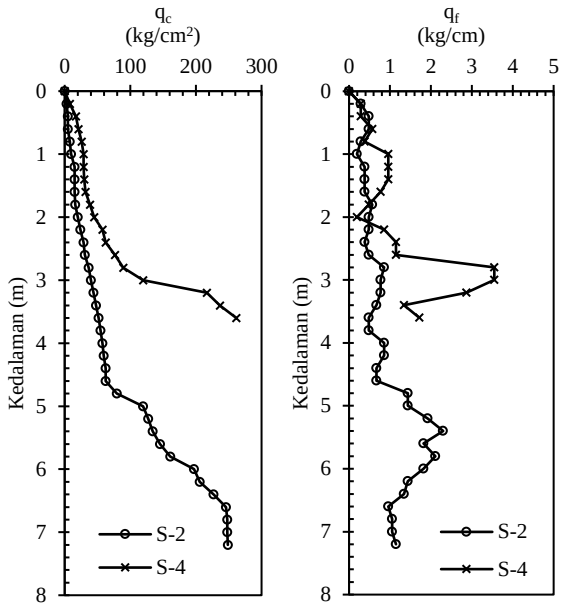
Pada penyelidikan uji N-SPT dilakukan pengujian sebanyak 3 titik dengan total kedalaman 30 m. Dari hasil nilai N yang ditunjukkan pada hasil ketiga titik pengujian menunjukkan bahwa tanah keras dijumpai pada rata-rata kedalaman >15 m. Tanah sendiri berdasarkan hasil uji laboratorium diklasifikasikan sebagai tanah lempung dengan konsitensi dari tanah lunak ke tanah keras. Hasil pengujian N-SPT dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Hasil pengujian N-SPT

Data hasil pengujian CPT pada titik S-2 dan S-4 menampilkan nilai q_c dan q_f seperti tertera pada Gambar 4. q_c merupakan nilai perlawanan konus (kg/cm^2) dan q_f merupakan hambatan lekat (kg/cm). Hasil pengujian CPT hanya sampai pada kedalaman 7,6 m pada titik S-2 dan 3,6 m pada titik S-4. Hal ini berbanding terbalik dengan nilai N-SPT yang menampilkan data hingga kedalaman 30 m dan kedalaman tiang pancang sedalam 20 m. Data tersebut menunjukkan bahwa pengujian dihentikan dikarenakan dari data CPT tersebut dianggap sudah mencapai tanah keras pada kedalaman seperti yang tertera pada Gambar 4. Sehingga nantinya untuk kedalaman di bawah 7,6 m dan 3,6 m pada analisa untuk mencapai lapisan

tanah di kedalaman 20 m menggunakan nilai q_c dan q_f yang paling terakhir.



Gambar 4. Nilai q_c dan q_f pada pengujian CPT

Metode Analisa

Analisa perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan pada nilai parameter yang telah dibahas sebelumnya pada hasil penyeledikan tanah. Analisa perhitungan dengan data uji laboratorium menggunakan metode Tomlinson (1977), data uji N-SPT menggunakan metode Bagemann (1965), dan data CPT menggunakan metode Luciano Decourt (1978) [3,4]. Hasil analisa daya dukung ketiga metode tersebut akan dibandingkan dengan nilai PDA test untuk menentukan nilai yang paling mendekati atau persentase terkecil dari hasil perbandingan.

Kapasitas dukung ultimit tiang pancang q_u (ton) secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan berikut [1]:

$$q_u = q_b + q_s \text{ (ton)}$$

Dimana q_b ialah daya dukung ujung dan q_s adalah daya dukung gesek sekeliling tiang. Jika ujung tiang memiliki luas area A_b (cm^2) dan selimut tiang memiliki luas A_s (cm^2), maka rumus diatas dapat menjadi:

$$q_u = A_b f_b + A_s f_s \text{ (ton)}$$

Dengan:
A_b = Luas ujung bawah tiang (m^2)
As = Luas selimut tiang (m^2)
f_b = Lahanan ujung tiang (ton/m^2)
f_s = tahanan gesek disekeliling tiang (ton/m^2)

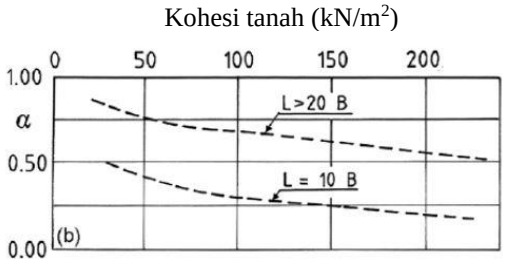
Metode Tomlinson (1977)

Metode Tomlinson pada tanah lempung menggunakan nilai kohesi (c) dan sudut geser dianggap = 0 karena nilai sudut geser yang kecil dapat diabaikan pada perhitungan [5]. Perhitungan nilai f_b dan f_s dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$f_b = c\ N_c$$

$$f_s = \alpha\ c$$

Nc adalah nilai faktor kapasitas dukung yang disarankan Skempton (1959) yang pada umumnya dapat digunakan dengan nilai = 9 [6,7]. α adalah nilai faktor adhesi yang mana memperhatikan pengaruh bentuk-bentuk konsistensi pada tiap lapisan tanah, nilai kohesi, dan dimensi dari tiang (diameter dan kedalaman tiang pancang) [8]. Penentuan nilai faktor adhesi pada tanah lempung dengan konsistensi tanah lempung lunak ke tanah lempung keras dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



Gambar 5 Penentuan nilai faktor adhesi pada Metode Tomlinson (1977) [7]

Metode Bagemann (1965)

Untuk tiang dalam tanah kohesif, umumnya tahanan konus (q_c), Bagemann menghubungkan nilai hasil penetrasi q_c dari data CPT dengan nilai kohesi (c_u) [9], yaitu:

$$f_b = c_u\ N_k = q_f \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Nilai N_k berkisar diantara 10 sampai 30, tergantung dari sentivitas, kompresibiltas dan adhesi antara tanah dan mata sondir. Dalam hitungan biasanya N_k diambil antara 15 sampai 20. Tahanan ujung tiang diambil pada nilai q_c rata-rata yang dihitung dari 8d di atas dasar tiang sampai di bawah 4d dasar tiang. Tahanan gesek persatuan luas (f_s) dari tiang pancang, secara aman, dapat diambil sama dengan tahanan gesek sisi konus (q_f).

$$f_s = q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Metode Luciano Decourt (1978)

Menurut Luciano Decourt (1978), nilai daya dukung ultimit tiang pancang untuk dukung ujung ialah:

$$f_b = \alpha\ (N_b \times K)\ A_b$$

Dimana:
- α = Koefisien dasar tiang
- K = Koefieien karakteristik tanah
- N_b = Nilai rata-rata N-SPT pada 4d diatas ujung tiang dan 4d dibawah ujung tiang
- d = Diameter tiang pancang (m)

Nilai koefisien dasar tiang α dapat ditentukan menjadi = 1 karena jenis tiang yang digunakan adalah tiang pancang dengan jenis tanah merupakan tanah lempung. Sementara nilai K pada tanah lempung dapat ditentukan = 12 (ton/m^2) [10].

Perhitungan nilai daya dukung gesek pada metode Luciano Decourt (1978) menggunakan nilai β, dimana merupakan koefisien selimut tiang yang mana dapat ditentukan = 1 untuk tiang pancang dan tanah lempung [10]. Analisa perhitungan daya dukung gesek dapat dinyatakan pada rumus berikut:

$$f_s = \beta \left(\frac{N_s}{3} + 1\right) A_s$$

Dimana N_s adalah nilai rata-rata N-SPT di sepanjang tiang dengan batasan nilai 3<N<50:

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan pada Tabel 3 menunjukkan perbandingan nilai daya dukung ultimit pondasi pada tiang tunggal terhadap nilai PDA Test. Dari hasil keseluruhan perhitungan didapatkan nilai daya dukung ultimit pada hasil perhitungan menggunakan data N-SPT dengan metode Luciano Decourt (1978) yang paling mendekati nilai interpretasi di lapangan melalui PDA test dengan selisih pada titik SZ-2, SZ-4, SZ-7 sebesar 7-23%. Hal ini berbanding terbalik dengan hasil analisa pada metode Tomlinson (1977) yang menggunakan data laboratorium dan metode Bagemann (1965) yang menggunakan data uji CPT yang menunjukkan kesimpulan nilai yang berbeda.

Perbedaan nilai dari ketiga metode tersebut dikarenakan pada data uji laboratorium dan uji CPT menggunakan nilai parameter pada kedalaman yang tidak sama dengan kedalaman tiang pancang desain yaitu sedalam 20 m. Hal ini menyebabkan penentuan parameter pada kedua analisa hasil uji tersebut tidak komprehensif karena nilai parameter pada kedalaman pada lapisan lainnya menggunakan nilai pendekatan berupa nilai parameter terakhir yang direkapitulasi.

Tabel 3. Perbandingan nilai daya dukung tanah pada beberapa metode terhadap nilai PDA test

Metode	Kode	Daya dukung		Selisih
		q_u (ton)	PDA test (ton)	
Tomlinson (1977)	BH-2	99,82	338	70,47%
	BH-9	113,75	363	68,66%
	BH-11	107,95	355,3	69,45%
Bagemann (1965)	S-2	783,99	338	131,95%
	S-4	897,42	363	147,22%
Luciano Decourt (1978)	BH-2	389,99	355,3	15,35%
	BH-9	447,71	338	23,34%
	BH-11	379,75	355,3	7,49%

Pada hasil analisa menggunakan data laboratorium melalui metode Tomlinson (1977) didapatkan nilai yang *underestimate* atau kurang dari nilai kapasitas dukung yang sebenarnya terjadi di lapangan melalui nilai PDA test dengan selisih >65%. Hal ini menyebabkan desain tiang pancang dengan menggunakan metode ini akan menyebabkan pemborosan pada harga atau desain dikarenakan diperlukan peningkatan dari segi dimensi tiang pancang untuk bisa mencapai nilai kapasitas dukung dengan selisih pada nilai PDA test yang tepat. Nilai kohesi tanah pada uji laboratorium (Tabel 2) juga kurang sesuai dengan data yang didapatkan dari hasil boring (SPT), dimana menurut Terzaghi dan Peck (1967) nilai kohesi tanah tersebut keseluruhan sangat kecil jika dibandingkan dengan N-SPT [11] seperti yang terlihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Korelasi antara nilai N-SPT dan kohesi (Terzaghi dan Peck (1967))

Konsistensi	N-SPT	c (kN/m^2)
Sangat lunak	2	<25
Lunak	2-4	25-50
Sedang	4-8	50-100
Kaku	8-15	100-200
Sangat kaku	15-30	200-400
Keras	>30	>400

Hasil perhitungan menggunakan data uji CPT dengan metode Bagemann (1965)

menunjukkan hasil nilai yang *overestimate* dengan nilai selisih >130%, dimana hal ini akan cukup membahayakan dari segi kekuatan desain jika metode ini digunakan sebagai tolak ukur dalam hal perencanaan pondasi di lokasi tersebut. Dalam hasil uji pada nilai parameter CPT (Gambar 4), ditemukan bahwa tanah keras dianggap ditemukan hanya pada kedalaman <7 m. Hal ini tentu sangat bertolak belakang pada desain tiang pancang yang menggunakan kedalaman 20 m, sehingga nilai perbandingan menyebabkan selisih yang cukup besar terhadap nilai PDA test.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dari beberapa metode dan dibandingkan dengan hasil uji PDA test dengan studi kasus pada proyek pembangunan PT. Kaltim Amonium Nitrat di Kota Bontang, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai daya dukung ultimit (q_u) dihitung pada beberapa metode yaitu untuk data laboratorium menggunakan metode Tomlinson (1977), data CPT menggunakan metode Bagemann (1965), dan data N-SPT menggunakan metode Luciano Decourt (1978).
2. Dari hasil perbandingan ketiga metode perhitungan kapasitas dukung ultimit terhadap nilai PDA test, ditemukan bahwa nilai dari metode Luciano Decourt (1978) yang menggunakan data N-SPT paling mendekati hasilnya dengan selisih sekitar 7-23%.
3. Hasil perhitungan q_u menggunakan metode Tomlinson (1977) melalui data uji laboratorium didapatkan nilai yang underestimate dengan selisih sebesar 69-70%, dimana hal ini akan berdampak pada peningkatan biaya jika metode ini digunakan dalam perencanaan dan desain pada lokasi proyek tersebut.
4. Hasil perhitungan kapasitas dukung ultimit (q_u) pada metode Bagemann (1965) menggunakan data uji CPT, disimpulkan bahwa nilai tersebut overestimate jika dibandingkan dengan nilai PDA test. Hal ini akan cukup berbahaya pada kekuatan struktur jika digunakan dalam desain dan perencanaan dimana selisih hasil perbandingan sekitar >130% atau hampir 2,3 kali lipat dari hasil uji langsung di lapangan.

SARAN

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai parameter N-SPT yang dihitung melalui metode Luciano Decourt (1978) lebih dapat dipercaya dibanding data uji laboratorium dan CPT. Hal ini cukup menjadi perhatian yang serius dalam pertimbangan perencanaan dan desain agar didapatkan dimensi tiang dan kedalaman tiang yang sesuai berdasarkan kapasitas dukung yang efektif dari segi kekuatan dan efisien dari segi biaya pada lokasi tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan dan apresiasi diberikan kepada PT Wijaya Karya (Persero) Tbk pada proyek pembangunan PT. Kaltim Amonium Nitrat berkat dukungan atas kelengkapan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini .

DAFTAR PUSTAKA

[1] H.C. Hardiyatmo. “Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian II”. *Gadjah Mada University Press*. Yogyakarta, (2010).

[2] Anonim. “Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Deep Foundations”. ASTM D-4945. (2008).

[3] A. Yusti dan F. Fahriani. “Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test dan Capwap (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel Di Pangkalpinang). Jurnal Fropil, Vol 2 Nomor 1 (2014): 19-31.

[4] N.L. Khomsiati, I.W. Jirna, dan E. Setyawan. “Perbandingan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor Tunggal Menggunakan Data Standard Pen-Etration Test (Spt) dan Pile Driving Analizer (PDA) Test pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan Malang”. Jurnal Bangunan, Vo. 24, N0. 1 (2019): 25-32.

[5] M.J. Tomlinson. “Pile Design and Construction Practice”, *The Garden City Press Limited*, Lechworth, Hertfordshire SG6 I JS, (1977).

[6] A.W. Skempton. “The Bearing Capacity of Clays”. *Proc. Build. Res. Congress.* London, England. (1951).

[7] M.J Tomlinson. “Pile Design And Construction Practice”. Fifth Edition.

Taylor & Francis, London and New York (2008).

[8] M.J Tomlinson, G. Wimprey, and Co. Ltd., Central Laboratory Southall, Middlesex, England. "The Adhesion of Piles Driven In Clay Soils". *Proceedings of 5th International Conference*, Issmfe, London, Vol. 2 (1957) 66–71

[9] H.K.S. P Bagemann. "The Maximum Pulling Force on a Single Tension Pile Calculated on The Basis of Results of The Adhesion Jacket Cone". *Proceedings of the 6th international conference on soil mechanics and foundation engineering*. Montreal (1965) 229.

[10] L. Decourt and A. Quaresma. "Capacidade De Carga De Estacas A Partir De Valores De Spt". *Congr. Bras. Mecânica Dos Solos E Eng. Fundações*, Vol. 1, No. 6 (1978): 45–53

[11] K. Terzaghi And R.B. Peck "Soil Mechanics In Engineering Practice," *John Wiley*, New York. (1967).