

Analisis Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang pada Tanah Berlempung Berdasarkan Data Penyelidikan Tanah

* Dian Purnamawati Solin¹, Fithri Estikhamah¹, Himatul Farichah¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

^{*)}diansolin.ts@upnjatim.ac.id

Abstract

A design of pile foundation requires soil investigation data. Therefore, data and analysis from accurate soil investigations are needed to avoid the failure of the pile foundation. Soil investigation by using *Standard Penetration Test* (SPT) and *Cone Penetration Test* (CPT) are commonly used in some projects. In this study, bearing capacity of pile foundation was calculated based on the SPT and CPT data, three formulas are conducted for each test to calculate bearing capacity. From the results of the analysis, it was found that the bearing capacity according to the SPT test, the use of the Luciano Decourt's formula was more effective than the Nakazawa and Reese & Wright's formula. These results were obtained by comparing the bearing capacity with the results of the Pile Driver Analyzer (PDA) test. Meanwhile, bearing capacity according to CPT data, the use of the Meyerhof and Price & Wardle' formula produces high degree of similarity with BCR (Bearing Capacity Ratio) > 1.

Key words: bearing capacity of pile foundation, SPT, CPT

Abstrak

Perencanaan pondasi tiang memerlukan data penyelidikan tanah. Oleh karena itu, diperlukan data dan analisis dari penyelidikan tanah yang akurat guna menghindari terjadi kegagalan pada pondasi tiang. Penyelidikan tanah dengan pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT) merupakan pengujian yang paling sering digunakan di beberapa proyek. Pada studi ini, dilakukan perhitungan daya dukung pondasi tiang berdasarkan data SPT dan CPT, tiga persamaan digunakan untuk menghitung daya dukung untuk setiap data pengujian. Dari hasil analisis didapatkan bahwa untuk perhitungan daya dukung berdasarkan data pengujian SPT, penggunaan persamaan Luciano Decourt lebih efektif dibandingkan dengan persamaan Nakazawa dan Reese & Wright. Hasil ini didapatkan dengan membandingkan nilai daya dukung dengan hasil pengujian Pile Driver Analyzer (PDA). Sementara itu, untuk daya dukung berdasarkan data CPT, penggunaan persamaan Meyerhof dan Price & Wardle memiliki tingkat kemiripan yang tinggi dengan BCR (Bearing Capacity Ratio) > 1.

Kata Kunci: daya dukung pondasi tiang, SPT, CPT

PENDAHULUAN

Penyelidikan tanah memegang peranan penting dalam pembangunan konstruksi bangunan sipil dan merupakan salah satu persyaratan yang wajib dilakukan dalam perencanaan konstruksi bangunan bawah. Dengan kata lain penyelidikan tanah sangat erat kaitannya dalam perencanaan pondasi. Dari penyelidikan tanah dapat diketahui sifat fisis, karakteristik dan mekanik dari tanah tersebut. Dalam pelaksanaannya, penyelidikan tanah dilapangan sering dilakukan dengan metode SPT (Standard Penetration Test) dan CPT (Cone Penetration Test). Kedua pengujian ini cukup populer di wilayah Indonesia. Selain populer, kedua pengujian ini juga dinilai memiliki tingkat akurasi yang baik, memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan jenis penyelidikan tanah lainnya (Jian Zhou, et al,2019).

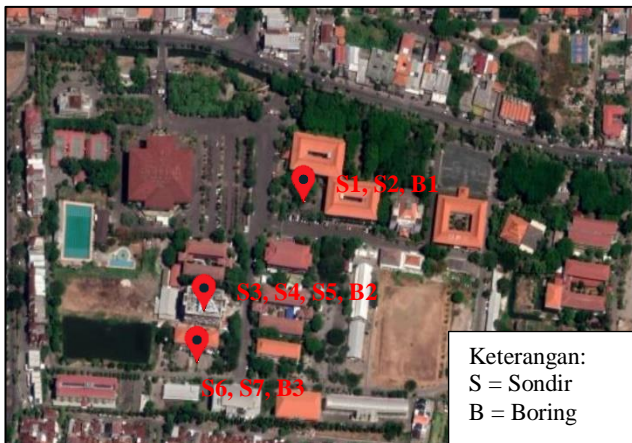
Pengujian SPT atau sering disebut uji boring merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui besar perlawanan dinamik dari tanah dengan teknik penumbukan (SNI 4153, 2008). Jumlah penumbukan ini dianggap sebagai besar nilai perlawanan dari tanah tersebut. Sementara itu, pengujian CPT merupakan pengujian penetrasi kerucut atau sering juga disebut sebagai pengujian sondir (Bahri dkk, 2016). Pengujian sondir sendiri bertujuan untuk mengetahui nilai kepadatan tanah yang ditandai dengan nilai perlawanan konus (qc) (Hardiyatmo, 2008).

Dalam pelaksanaannya, kedua pengujian ini biasanya dilakukan secara bersamaan. Kedua pengujian ini dinilai memiliki kombinasi yang tepat. Pengujian CPT sering disebut sebagai pengujian tanah yang ekonomis, mudah dilaksanakan dan proses pelaksanaannya juga tidak memerlukan waktu yang lama (Jarushi et al,2015). Akan tetapi, CPT memiliki keterbatasan untuk menembus tanah kerikil dan biasanya pengujian CPT sudah dihentikan apabila nilai perlawanan konus sudah melebihi 250 kg/cm². Sebaliknya pengujian SPT dapat digunakan menembus lapisan tanah kerikil dan bahkan pengujian SPT juga memberikan data klasifikasi tanah yang lebih lengkap. Oleh karena itu, diperlukan adanya komparasi perhitungan daya dukung pondasi tiang dari kedua pengujian ini.

Perbandingan daya dukung dari kedua pengujian ini diterapkan di area UPN Veteran Jatim, dimana telah dilakukan pembangunan Gedung Fakultas hukum, Gedung kuliah bersama dan Gedung Fakultas Ekonomi dan Bisnis.

METODE

Penelitian ini dilakukan di area UPN Veteran Jawa Timur dengan pengumpulan data dari pengujian tanah yang telah dilakukan di 3 area proyek pembangunan yaitu (1). Area fakultas hukum, (2) Area gedung bersama dan (3). Area Gedung FEB dengan 3 titik pengujian boring dan 7 titik pengujian untuk sondir (Lihat Gambar 1).



Gambar 1. Area Studi UPN Veteran Jawa Timur

Dalam penelitian ini, struktur bangunan bawah atau pondasi direncanakan dengan menggunakan tiang pancang spunpile dengan diameter 600 mm.

Koreksi N-SPT terhadap Muka Air Tanah

Pengujian SPT dilakukan dengan interval 2 m, dari data hasil pengujian SPT diketahui bahwa jenis tanah di area penelitian mengandung pasir halus. Oleh karena itu dilakukan koreksi NSPT dibawah muka air tanah apabila $N > 15$ (Herman Wahyudi, 1999)

$$N' = 15 + 0.5(N - 15) \quad (1)$$

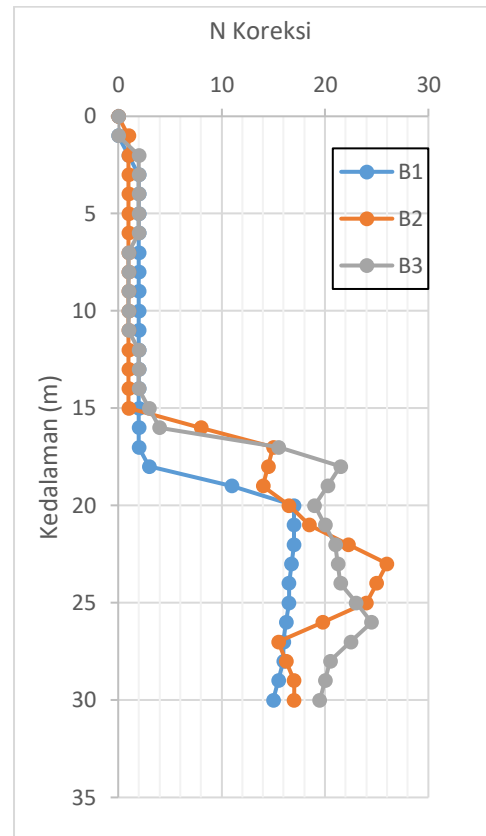
Koreksi N-SPT terhadap Overburden Pressure

N-SPT lapangan kembali dikoreksi terhadap tekanan vertikal efektif tanah dengan rumus Seed sebagai berikut (Herman Wahyudi, 1999)

$$N' = C_N \times N \quad (2)$$

C_N adalah koefisien koreksi yang nilainya didapatkan berdasarkan besar nilai tegangan vertikal efektif tanah.

Dari koreksi muka air tanah dan overburden pressure dipilih nilai yang paling kritis.



Gambar 2. Hasil Koreksi N-SPT Lapangan

Daya Dukung Tiang dengan Metode Nakazawa

Menurut Nakazawa, daya dukung ijin pondasi tiang dapat dihitung dengan persamaan:

$$R_u = (q_d \cdot A + U \cdot \sum l_i \cdot f_i) \quad (3)$$

Perhitungan daya dukung Nakazawa diperoleh dari jumlah daya dukung pada ujung tiang dan tahanan geser pada tiang (Kazuto Nakazawa, 2000). Intensitas daya dukung pada ujung tiang dipengaruhi oleh jenis lapisan pada ujung tiang tertanam, sementara itu intensitas gaya geser dinding tiang dipengaruhi oleh jenis tiang dan jenis tanah disekitar keliling pondasi.

Daya Dukung Tiang dengan Metode Luciano Decourt, (1987)

Daya dukung ultimate pondasi tiang dengan metode Luciano Decourt dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q_u = (A_p \cdot N_p \cdot K) + (A_s \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right)) \quad (4)$$

Sementara itu, untuk menghitung daya dukung ijin dengan metode ini, cukup dengan membagi nilai daya dukung ultimate tiang dengan factor keamanan.

Daya Dukung Tiang dengan Metode Reese & Wright (1977)

Reese & Wright memberikan penyelesaian untuk mendapatkan daya dukung pondasi tiang berdasarkan data SPT

$$Q_u = \left(Ab \cdot \frac{2}{3} \overline{N}_{60} \times 105.6 \right) + \left(A_s \cdot \frac{N_{60}}{34} \times 105.6 \right) \quad (5)$$

Adapun N_{60} yang dimaksud dalam persamaan diatas adalah harga NSPT terkoreksi dan tidak perlu dikoreksi terhadap overburden.

Daya Dukung Tiang dengan Metode Meyerhof (1956)

Dalam perhitungan daya dukung pondasi tiang berdasarkan data CPT, Meyerhof (1956) menyajikan sebuah persamaan seperti berikut ini:

$$Q_u = (q_c \cdot A) + (JHP \cdot k) \quad (6)$$

Sementara itu, untuk mengetahui daya dukung ijin pondasi tiang dapat dilakukan dengan membagi daya dukung tahanan ujung dengan factor keamanan (FS=3) dan tahanan selimut tiang dengan FS=5. Persamaan Meyerhof menekankan pada nilai perlawanan penetrasi konus dan jumlah hambatan pelekat.

Daya Dukung Tiang dengan Metode Aoki dan De Alencar

Menurut Aoki dan De Alencar, perhitungan daya dukung pondasi tiang berdasarkan data sondir dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

$$Q_u = \left(\frac{q_{ca(base)}}{F_b} \times Ab \right) + \left((q_c(side) \times \frac{\alpha_s}{F_s}) \times As \right) \quad (7)$$

Daya Dukung Tiang dengan Metode Price dan Wardle (1982)

Price dan Wardle (1982) menyajikan prediksi daya dukung pondasi tiang berdasarkan data sondir. Adapun prediksi yang dimaksud adalah sebagai berikut:

$$Q_u = ((k_b \times q_{c(tip)})Ab) + (k_s \times f_s)As \quad (8)$$

Koefisien k_s dan k_b dari persamaan diatas, dapat ditentukan dari tabel berikut:

Tabel 1. Koefisen k_s

k_s	Jenis Tiang
0.53	Driven piles
0.62	Jacked piles
0.49	Drilled piles

Sumber. Price and Wardle (1982)

Tabel 2. Koefisen k_b

k_b	Jenis Tiang
0.35	Driven piles
0.30	Jacked piles

Sumber. Price and Wardle (1982)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Daya Dukung SPT dan CPT

Analisis daya dukung pondasi tiang berdasarkan data SPT dilakukan dengan menggunakan 3 metode yaitu: Metode Nakazawa, Metode Luciano de Court dan Metode Reese & Wright. Daya dukung pondasi tiang dari ketiga persamaan tersebut didapatkan dengan menggabungkan daya dukung ujung tiang dengan daya dukung selimut tiang. Dari hasil analisis didapatkan harga daya dukung pondasi tiang sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Daya Dukung pada Kedalaman 20 m Titik 1

Titik	Persamaan	Data	Nilai Qu (ton)
B1	Nakazawa	SPT	52.59
	Luciano Decourt (1987)		102.21
	Reese & Wright (1977)		77.661
S1	Meyerhof	CPT	76.824
	Aoki & De Alencar		119.1
	Price & Wardle		67.176
S2	Meyerhof (1956)	CPT	65.962
	Aoki & De Alencar		99.835
	Price & Wardle (1982)		54.433

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai Daya Dukung pada Kedalaman 17 m Titik 2

Titik	Persamaan	Data	Nilai Qu (ton)
B2	Nakazawa	SPT	36.54
	Luciano Decourt (1987)		79.462
	Reese & Wright (1977)		58.744
S3	Meyerhof	CPT	104.796
	Aoki & De Alencar		209.933
	Price & Wardle		111.4
S4	Meyerhof (1956)	CPT	218.792
	Aoki & De Alencar		228.627
	Price & Wardle (1982)		235.189
S5	Meyerhof (1956)	CPT	40.252
	Aoki & De Alencar		107.765
	Price & Wardle (1982)		45.477

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai Daya Dukung pada Kedalaman 16 m Titik 3

Titik	Persamaan	Data	Nilai (ton)	Qu
B3	Nakazawa	SPT	21.50	
	Luciano Decourt (1987)		38.5	
	Reese & Wright (1977)		36.927	
S6	Meyerhof	CPT	124.608	
	Aoki & De Alencar		141.429	
	Price & Wardle		82.778	
S7	Meyerhof (1956)	CPT	29.04	
	Aoki & De Alencar		35.02	
	Price & Wardle (1982)		18.885	

Dari hasil analisis, untuk daya dukung pondasi berdasarkan data SPT, penggunaan persamaan Luciano de Court menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan dibandingkan dengan kedua persamaan Nakazawa dan Reese & wright (1977). Hal ini dikarenakan, NSPT yang digunakan untuk perhitungan daya dukung dengan metode Luciano Decourt (1987) menggunakan NSPT lapangan atau dengan kata lain NSPT lapangan tidak dikalikan dengan factor koreksi. Hal inilah yang menyebabkan nilai daya dukung yang dihasilkan jauh lebih besar dibandingkan dua persamaan yang lain. Untuk daya dukung berdasarkan data CPT didapatkna selisih dari nilai daya dukung kedua persamaan Meyerhof dan Price & Wardle tidak terlalu menonjol. Artinya, daya dukung dari hasil analisis Meyerhof dan Price & Wardle ditemukan banyak kesamaan nilai.

Selain itu, untuk mengetahui persamaan yang lebih efektif maka dilakukan komparasi dengan daya dukung pada saat pemasangan yaitu hasil uji Pile Driving Analyzer (PDA).

Bearing Capacity Ratio

Bearing capacity ratio (BCR) merupakan perbandingan antara nilai daya dukung SPT dan CPT dengan hasil pengujian PDA. Nilai BCR mendekati dengan 1 dianggap nilai daya dukung yang paling mendekati dengan hasil pengujian pada saat pemasangan. Nilai perbandingan dari seluruh persamaan berdasarkan data SPT dan CPT dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 6. Komparasi Nilai BCR Titik 1

Titik	Persamaan	Data	BCR
B1	Nakazawa	SPT	0.557
	Luciano Decourt (1987)		0.928
	Reese & Wright (1977)		0.599
S1	Meyerhof	CPT	1.021
	Aoki & De Alencar		1.903
	Price & Wardle		0.949
	Meyerhof (1956)		1.955

S2	Aoki & De Alencar	CPT	2.430
	Price & Wardle (1982)		1.986

Tabel 7. Komparasi Nilai BCR Titik 2

Titik	Persamaan	Data	BCR
B1	Nakazawa	SPT	0.697
	Luciano Decourt (1987)		1.241
	Reese & Wright (1977)		0.919
S1	Meyerhof	CPT	1.750
	Aoki & De Alencar		2.029
	Price & Wardle		1.879
S2	Meyerhof (1956)	CPT	1.530
	Aoki & De Alencar		1.598
	Price & Wardle (1982)		1.645
S2	Meyerhof (1956)	CPT	1.519
	Aoki & De Alencar		2.105
	Price & Wardle (1982)		1.663

Tabel 8. Komparasi Nilai BCR Titik 3

Titik	Persamaan	Data	BCR
B1	Nakazawa	SPT	0.690
	Luciano Decourt (1987)		0.880
	Reese & Wright (1977)		0.770
S1	Meyerhof	CPT	1.818
	Aoki & De Alencar		1.453
	Price & Wardle		1.216
S2	Meyerhof (1956)	CPT	1.892
	Aoki & De Alencar		2.456
	Price & Wardle (1982)		1.434

KESIMPULAN

Dari hasil analisis daya dukung berdasarkan data SPT dan CPT, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan persamaan Luciano Decourt pada data SPT menghasilkan daya dukung yang lebih besar dibandingkan dengan persamaan Nakazawa dan Reese & Wright akan tetapi nilai BCR (Bearing Capacity Ratio) jika dikomparasi dengan data PDA mendekati 1. Dengan kata lain, nilai daya dukung dengan persamaan Luciano Decourt (1982) cukup efektif digunakan untuk jenis tanah berlempung
2. Dari hasil analisis pada data CPT, Persamaan Meyerhof dan Price & Wardle memiliki tingkat kemiripan yang sangat besar. Selisih nilai BCR

dari kedua persamaan ini juga tidak terlalu besar. Dari ketiga persamaan ini baik Meyerhof, Aoki & De Alencar dan Price & Wardle menghasilkan BCR >1. Hal ini disebabkan oleh terbatasnya kedalaman dari pengujian CPT.

small diameter instrumented piles in stiff clay." In: Proceedings of the 2nd European symposium. 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 Division.

Ucapan Terima Kasih

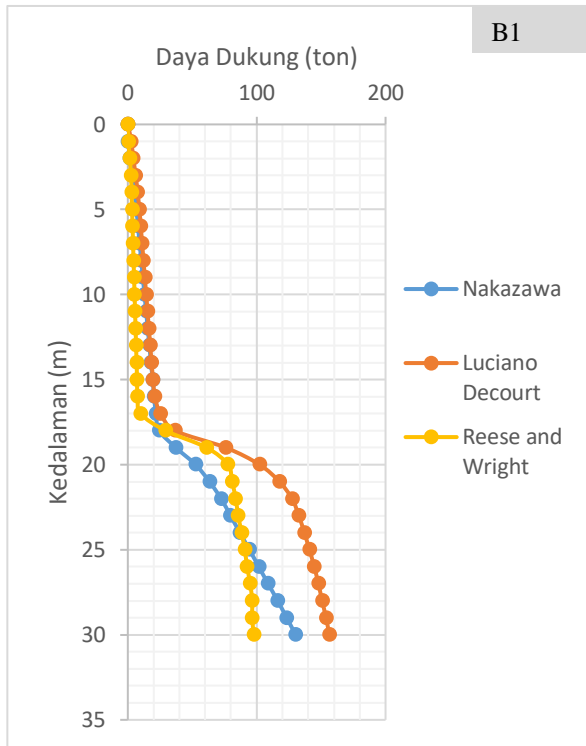
Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM UPN Veteran Jatim yang telah mendanai penelitian ini.

Wahyudi, Herman. (1999). "*Daya Dukung Pondasi Dalam*". Surabaya : Penerbit ITS

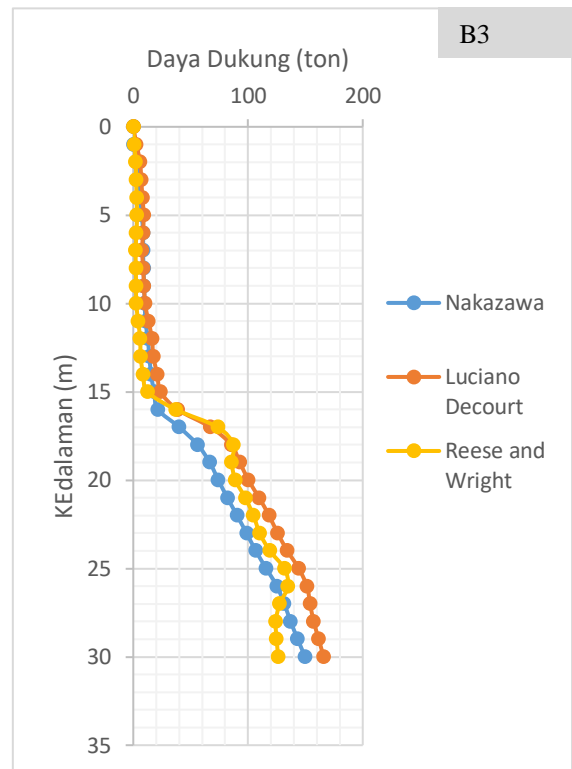
DAFTAR PUSTAKA

- Aoki N, & Velloso D., A. (1975). "*An approximate method to estimate the bearing capacity of piles.*" In: Proceedings of 5th Pan-American conference of soil mechanics and foundation engineering, Buenos Aires, pp. 367–376.
- Bahri, S.dkk. (2016). "*Pemetaan Daya Dukung Tanah Untuk Pondasi Dangkal Di Wilayah Pesisir Pantai Kota Bengkulu*", Jurnal Inersia Volume 8 No.1 April 2016, Hal.69-74, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu.
- BSN. (2008). SNI 4153:2008. "*Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT*". Departemen Pekerjaan Umum.
- Decourt L., (2013). "*Prediction of load-settlement relationships for foundations on the basis of the SPT*"-Int. J. of GEOMATE, June, 2013, Vol. 4, No. 2 (Sl. No. 8), pp. 560-564 564 T, Ciclo de Conferencias Internacionales, Leonardo Zeevaert, UNAM, Mexico, 1995, pp. 85-104.
- Hardiyatmo, H.C. (2002). *Teknik Pondasi 1*. Edisi Kedua, Beta Offset, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Pondasi 2*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, Indonesia.
- Hardiyatmo, H.C. (2015). "*Analisis dan Perancangan Fondasi II*". Edisi Ketiga. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Ir. Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakazawa, (2000). "*Mekanika Tanah dan Pondasi*". Cet.ke-7. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Jarushi, F., AlKaabim, S., dan Cosentino, P.. (2015). "*A New Correlation Between SPT and CPT for Various Soils.*" International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering. 9 (2) .pp.101-107.
- J. Zhou, E. Li, M. Wang, X. Chen, X. Shi, and L. Jiang., (2019). "*Feasibility of Stochastic Gradient Boosting Approach for Evaluating Seismic Liquefaction Potential Based on SPT and CPT Case Histories,*" J. Perform. Constr. Facil., vol. 33, no. 3, 2019.
- Meyerhof, G.G. (1956). "*Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesi on less Soil.*" Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division. American Society of Civil Engineers. Vol. 82. No. SM-1. pp. 1-19.
- Price, G & Wardle, I. F. (1982). "*A comparison between cone penetration test results and the performance of*

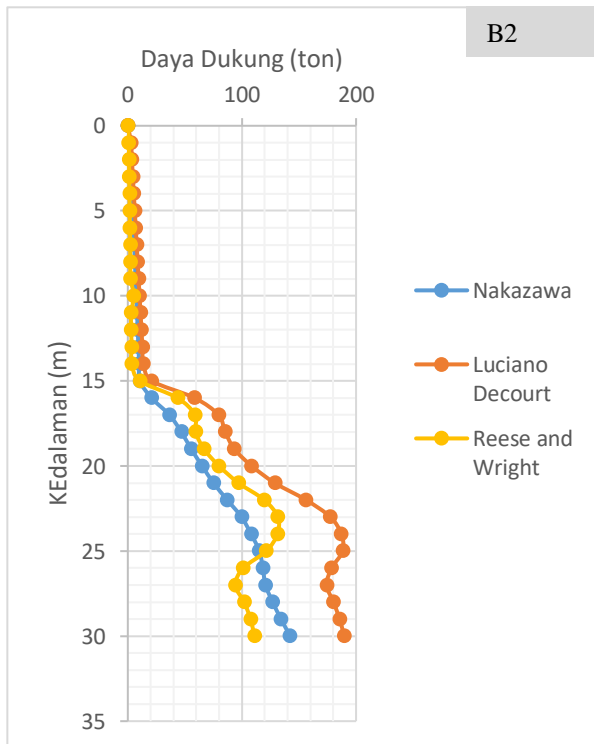
LAMPIRAN



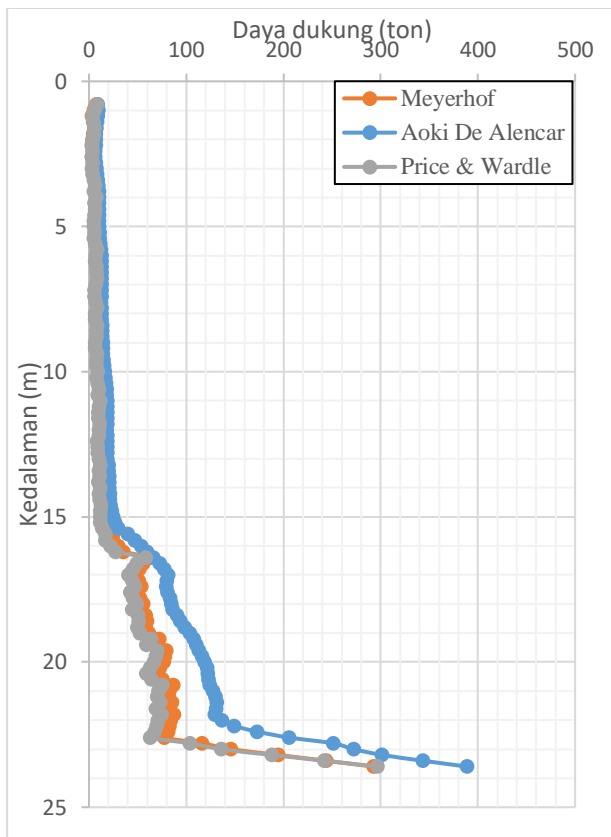
Gambar 3. Hasil Analisis Berdasarkan Data SPT (B1)



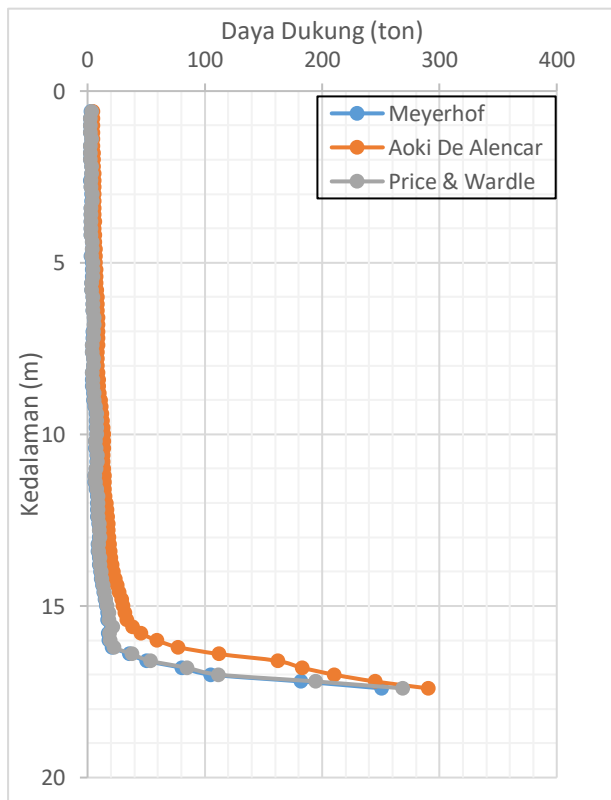
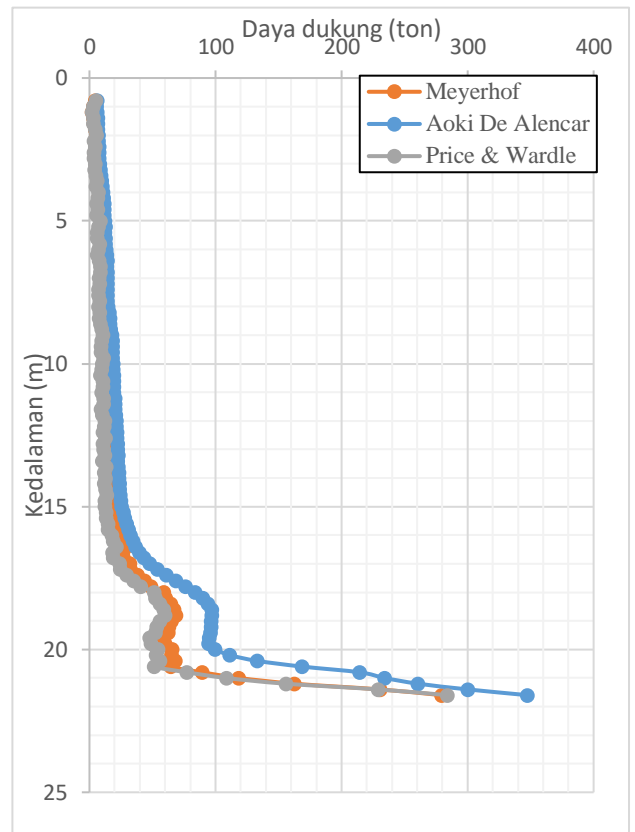
Gambar 5. Hasil Analisis Berdasarkan Data SPT (B3)



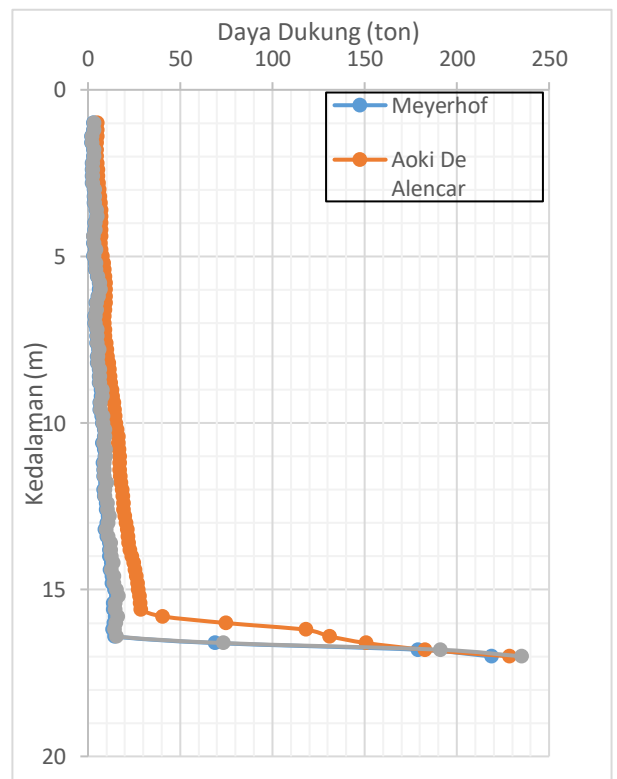
Gambar 4. Hasil Analisis Berdasarkan Data SPT (B2)



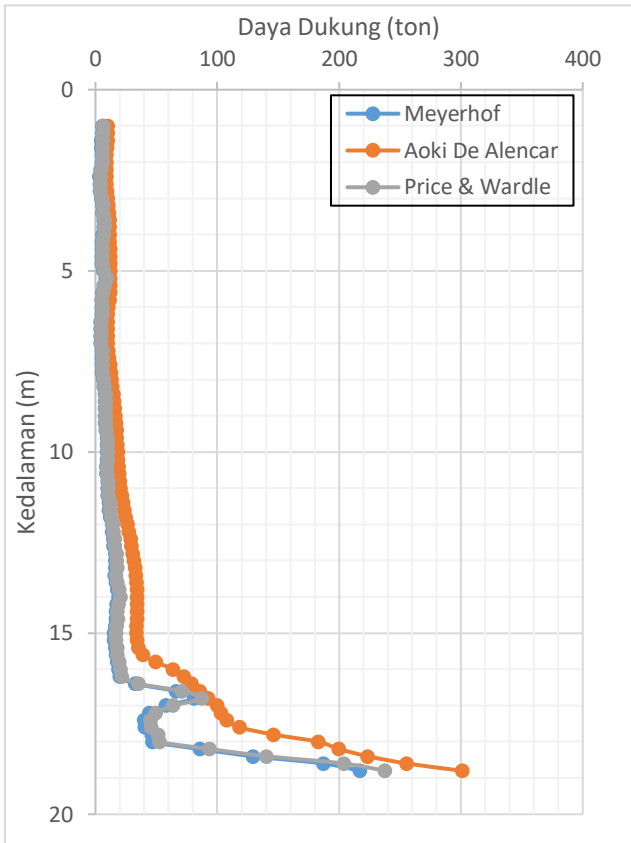
Gambar 6. Hasil Analisis Berdasarkan Data CPT (S1)



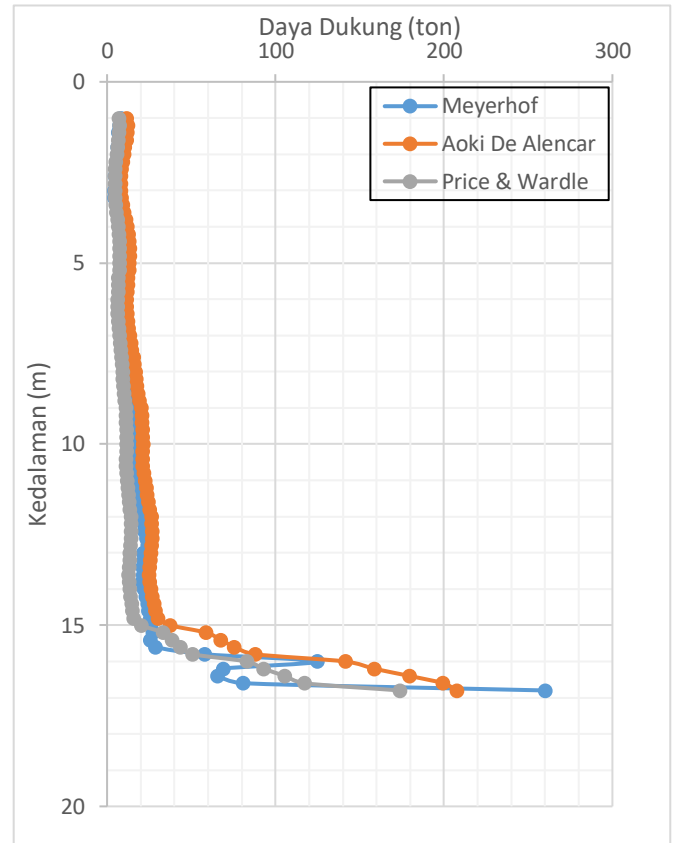
Gambar 8. Hasil Analisis Berdasarkan Data CPT (S3)



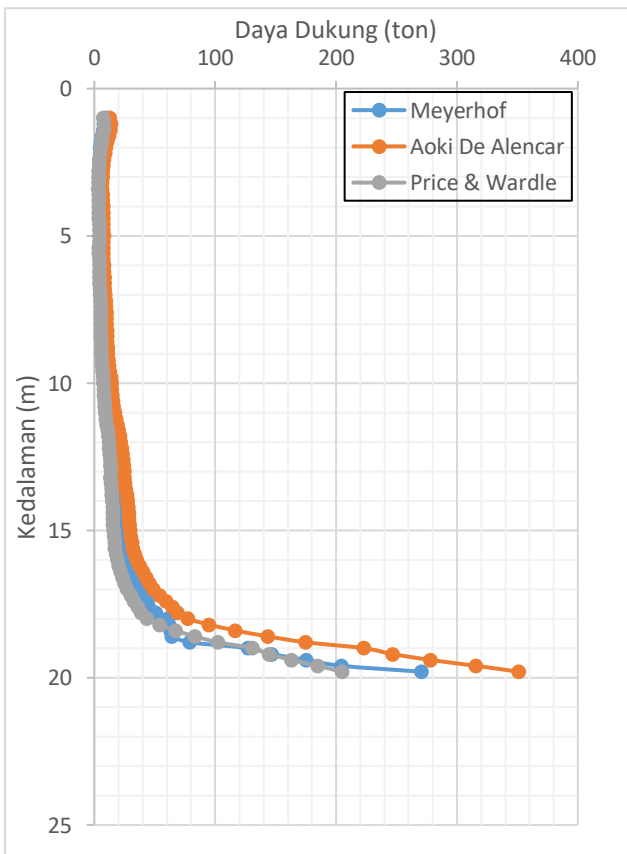
Gambar 9. Hasil Analisis Berdasarkan Data CPT (S4)



Gambar 10. Hasil Analisis Berdasarkan Data CPT (S5)



Gambar 11. Hasil Analisis Berdasarkan Data CPT (S6)



Gambar 12. Hasil Analisis Berdasarkan Data CPT (S6)