

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI BORED PILE DENGAN HASIL UJI PEMBEBANAN LANGSUNG (*LOADING TEST*)

Aji Aulia¹, Handi Sudardja²

^{1,2} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy,

Depok, Jawa Barat 16424

e-mail : ¹ajiaulia@gmail.com

e-mail : ²handi_sudardja@yahoo.co.id

ABSTRACT

A foundation plan is said to be correct if the load carried by the foundation to the ground does not exceed the strength of the soil. The failure of the foundation is due to the carrying capacity when it is not in accordance with the carrying capacity. The purpose of this study is to calculate and compare the axial carrying capacity of bored pile foundations based on the results of soil investigations from the SPT test, laboratory tests, and the results of static loading tests in the field (loading test) on the Cimanggis - Cibitung Section II toll road construction project. The results of the calculation of the ultimate axial carrying capacity based on the results of soil investigations from the SPT test 1413.06 tons, from the laboratory test parameters of 1041.21 tons, and the results of loading tests in the field (loading test) with the Chin method of 1626 tons, with the Van deer Veen method of 1500 tons, with the Mazurkiewich 1354 tons method. Based on the results of calculations and interpretations that have been made, it is known that the value of the axial carrying capacity of the permit results from the static loading test is greater than the calculation results at the time of planning.

Key words : Carrying Capacity, Bored pile, Loading Test

ABSTRAK

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah tersebut. Terjadinya kegagalan pondasi merupakan akibat nilai kapasitas daya dukung pada saat di lapangan tidak sesuai dengan nilai kapasitas daya dukung pada sesuai perencanaan. Tujuan dari studi ini adalah untuk menghitung dan membandingkan daya dukung aksial pondasi bored pile berdasarkan data hasil penyelidikan tanah dari uji SPT, uji laboratorium, dan hasil pengujian pembebanan statik di lapangan (loading test) pada proyek pembangunan jalan tol Cimanggis – Cibitung Seksi II. Hasil perhitungan daya dukung aksial ultimit berdasarkan hasil penyelidikan tanah dari uji SPT 1413,06 ton, dari parameter uji laboratorium sebesar 1041,21 ton, dan hasil pengujian beban di lapangan (loading test) dengan metode Chin sebesar 1626 ton, dengan metode Van deer Veen sebesar 1500 ton, dengan metode Mazurkiewich 1354 ton. Berdasarkan hasil perhitungan dan interpretasi yang telah dilakukan, diketahui bahwa nilai daya dukung aksial izin hasil uji pembebanan statik lebih besar dari hasil perhitungan pada saat perencanaan.

Katakunsi : Daya Dukung, Bored pile, Loading Test

PENDAHULUAN

Ruas jalan tol Cimanggis – Cibitung seksi II merupakan jaringan jalan Jakarta Outer Ring Road 2 (JORR2) yang dibangun sebagai salah satu solusi untuk mengatasi volume lalu lintas yang tinggi dari kendaraan-kendaraan yang

berasal dari kota – kota yang berada di sekitar Jakarta dan untuk menunjang pertumbuhan ekonomi wilayah Jakarta dan sekitarnya.

Ruas jalan tol Cimanggis – Cibitung merupakan bagian dari jalan tol Jakarta Outer Ring Road 2 yang berada lebih ke luar Jakarta. Jalan tol ini akan

tersambung dengan sejumlah jalan tol lainnya yakni tol Jakarta – Bogor – Ciawi (Jagorawi), tol Cinere – Jagorawi (Cijago), tol Jakarta Cikampek hingga jalan tol Cibitung-Cilincing yang sedang dalam tahap konstruksi.

Pada konstruksi Proyek Jalan Tol Cimanggis – Cibitung Zona 4 Seksi II terdapat dua bagian utama, yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur bagian bawah adalah pondasi yang berperan untuk memikul dan menahan suatu beban yang bekerja di atasnya serta menyalurkan tegangan – tegangan yang terjadi pada struktur atas ke dalam lapisan tanah yang keras.

Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (*solid*) serta berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan di atasnya (*upper structure*) ke lapisan tanah yang cukup daya dukungnya. [12]

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi suatu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi [12]

Pondasi tiang *bored pile* merupakan pondasi tiang yang dipasang dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Pondasi tiang ini biasanya, dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan menggunakan alat bor. [3]

Daya dukung pada saat perencanaan dapat ditentukan menggunakan Standard Penetration Test (SPT) dan menggunakan parameter uji laboratorium. Kekuatan daya dukung pondasi *bored pile*

ditentukan berdasarkan tahanan ujung yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung selimut yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara *bored pile* dengan tanah disekelilingnya.

Uji penetrasi standar dilakukan bersamaan dengan uji bor. Pengujian ini dilakukan karena sulitnya memperoleh contoh tanah tak terganggu pada tanah granuler. Pada pengujian ini, sifat-sifat tanah pasir ditentukan dari pengukuran kerapatan relatif secara langsung di lapangan. Pengujian untuk mengetahui nilai kerapatan relatif yang sering digunakan adalah uji SPT (*Standard Penetration Test*). Prosedur uji SPT tercantum dalam ASTM D1586. [6]

Sifat-sifat fisik tanah dapat dipelajari dari hasil uji laboratorium pada contoh - contoh tanah yang diambil dari pengeboran. Hasil-hasil pengujian yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung kapasitas dukung dan penurunan. [8]

Fatalnya kegagalan pondasi merupakan akibat nilai kapasitas daya dukung pada saat di lapangan tidak sesuai dengan nilai kapasitas daya dukung pada sesuai perencanaan. Sehingga, *Loading test* diperlukan untuk membuktikan perhitungan desain dengan kapasitas daya dukung tiang di lapangan. [4]

Tujuan dari pengamatan ini adalah untuk menghitung dan membandingkan daya dukung tiang tunggal pondasi *bored pile* berdasarkan data tanah uji SPT, uji laboratorium dan hasil pengujian pembebanan statis di lapangan (*loading test*). Serta menentukan daya dukung pondasi *bored pile* hasil perhitungan berdasarkan data tanah dan pengujian pembebanan di lapangan kuat menahan beban kerja.

METODE PENELITIAN

Pengamatan ini dilakukan pada pondasi P2A, Zona 4, Proyek Jalan Tol Cimanggis – Cibitung Seksi II. Pondasi P2A direncanakan dengan 9 buah *bored pile* yang terletak pada STA 48+782.

Metode pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan dalam pengamatan dapat dilihat pada diagram *Flow Chart* pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Tahapan Pengamatan

Data yang didapatkan berupa data sekunder yang didapatkan dari PT. Waskita Karya (Persero) Tbk selaku kontraktor Proyek Jalan Tol Cimanggis – Cibitung Seksi II.

HASIL dan PEMBAHASAN

Untuk menghitung kuat dukung ultimit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan umum:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p = A_b f_b + A_s f_s - W_p \dots (1)$$

dimana,

Q_{ult} = Daya dukung ultimit tiang.

Q_b = Daya dukung ujung tiang.

Q_s = Daya dukung selimut tiang.

A_b = Luas ujung bawah tiang.

A_s = Luas selimut tiang.

f_b = Tahanan ujung satuan tiang.

f_s = Tahanan gesek satuan tiang.

W_p = Berat tiang.

Daya Dukung Aksial Berdasarkan Hasil Uji SPT

Daya dukung ujung tiang

Untuk tiang dalam tanah kohesif Briaud et al. (1985) menyarankan persamaan tahanan ujung satuan:

$$f_b = 19,7 \sigma_r (N_{60}')^{0,36} \dots (2)$$

dimana,

f_b = Tahanan ujung satuan tiang

N_{60}' = N -SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan overburden

σ_r = Tegangan referensi = 100kN/m²

Daya dukung selimut tiang

Dalam menghitung tahanan gesek satuan (f_s), Meyerhof (1976) menyarankan untuk tiang perpindahan kecil (tiang bor) pada tanah pasir:

$$f_s = 1/100 \sigma_r N_{60} \dots (3)$$

dimana,

f_s = Tahanan gesek satuan tiang

N_{60} = N -SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan

σ_r = Tegangan referensi = 100kN/m²

Dalam menghitung tahanan gesek satuan (f_s), Briaud et al. (1985) menyarankan:

$$f_s = 0,224 \sigma_r (N_{60}')^{0,29} \dots\dots\dots(4)$$

dimana,

- f_s = Tahanan gesek satuan tiang
- σ_r = Tegangan referensi = 100kN/m²
- N_{60}' = N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan overburden

Daya dukung ujung tiang menggunakan **persamaan (2)** untuk mengetahui tahanan ujung tiang.

$$f_b = 19,7 \sigma_r (N_{60}')^{0,36}$$

$$= 648,19 \text{ ton/m}^2$$

Luas penampang tiang (A_b):

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$= 1,13 \text{ m}^2$$

Daya dukung ujung *bored pile* (Q_b)

$$Q_b = A_b \times f_b$$

$$= 732,72 \text{ ton}$$

Daya dukung selimut pondasi *bored pile* dari hasil uji SPT berdasarkan **persamaan (3)** dan **persamaan (4)** dapat dilihat pada **tabel 1**.

Sehingga daya dukung ultimit tiang dapat diketahui dengan **persamaan (1)**.

Berat tiang *bored pile*

$$W_p = \text{Volume tiang} \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 105,24 \text{ ton}$$

Daya dukung aksial ultimit *bored pile*

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p$$

$$= 1413,06 \text{ ton}$$

Daya dukung aksial izin *bored pile*

$$Q_a = Q_u / SF$$

$$= 706,53 \text{ ton}$$

Daya Dukung Aksial Berdasarkan Hasil Uji Laboratorium

Daya dukung ujung tiang

Dalam menentukan tahanan ujung tiang dalam tanah kohesif dapat menggunakan persamaan:

$$f_b = c_b N_c + p_b \dots\dots\dots(5)$$

dimana,

- c_b = *undrained cohesion* (kN/m²)
- N_c = faktor daya dukung tanah
- p_b = tekanan *overburden* ujung bawah tiang (kN/m²)

Daya dukung selimut tiang

Tahanan gesek satuan tiang dalam pasir dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$f_s = K_d p_o' \tan \delta \dots\dots\dots(6)$$

dimana,

- f_s = tahanan gesek satuan
- K_d = koefisien tekanan tanah yang tergantung dari kondisi tanah
- p_o' = tekanan *overburden* efektif
- δ = sudut gesek dinding efektif antara sisi tiang dan tanah

Dalam menentukan tahanan gesek tiang dalam tanah kohesif dapat menggunakan persamaan:

$$f_s = \alpha \cdot c_u \dots\dots\dots(7)$$

dimana,

- f_s = tahanan gesek per satuan luas
- α = faktor adhesi
- c_u = *undrained cohesion*

Daya dukung ujung tiang menggunakan **persamaan (5)** untuk mengetahui tahanan ujung tiang.

$$f_b = c_b N_c + p_b = 139,68 \text{ ton/m}^2$$

Luas penampang tiang (A_b):

$$A_b = \frac{1}{4} \pi d^2 = 1,13 \text{ m}^2$$

Daya dukung ujung *bored pile* (Q_b)

$$Q_b = A_b \times f_b = 157,84 \text{ ton}$$

Daya dukung selimut pondasi *bored pile* dari hasil uji SPT berdasarkan **persamaan (6)** dan **persamaan (7)** dapat dilihat pada **tabel 2**.

Sehingga daya dukung ultimit tiang dapat diketahui dengan **persamaan (1)**.

Berat tiang *bored pile*

$$W_p = \text{Volume tiang} \times \gamma_{\text{beton}} = 105,24 \text{ ton}$$

Daya dukung ultimit *bored pile*

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p = 1041,21 \text{ ton}$$

Daya dukung izin *bored pile*

$$Q_a = Q_u / SF = 520,605 \text{ ton}$$

Daya Dukung Aksial Berdasarkan Hasil *Loading Test*

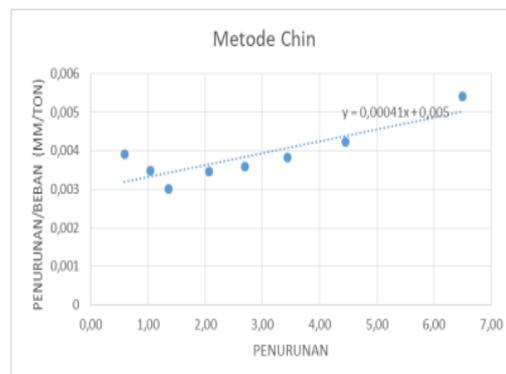
Metode yang digunakan untuk menentukan daya dukung berdasarkan data pembebanan statik, antara lain:

A. Metode Chin

Besarnya daya dukung ultimit merupakan inverse slope dari garis tersebut yaitu Δ dibagi Δ / Q_{va} .

1. Gambar Δ / Q_{va} terhadap Δ , dimana Δ adalah penurunan Δ / Q_{va} adalah beban yang diterapkan.
2. Beban ultimit $(Q_v)_{ult} = 1/C$. Gambar di bawah menjelaskan istilah-istilah tersebut.

3. Hubungan yang diberikan pada gambar ini bahwa kurva beban-penurunan mendekati hiperbolis. [1]



Gambar 2 Interpretasi daya dukung berdasarkan metode Chin

Berdasarkan **gambar 2**, didapatkan sebagai berikut:

$$y = C_1 x + C_2$$

$$Q_u = 1 / C_1 = 1 / 0,00041 = 2439 \text{ ton}$$

Faktor koreksi = 1,5

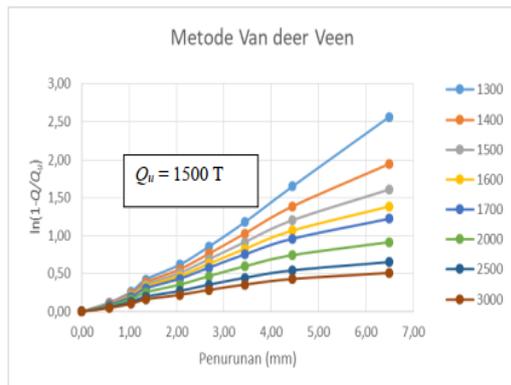
$$Q_u = 2439 / 1,5 = 1626 \text{ ton}$$

Daya dukung ultimit *bored pile* (Q_u) berdasarkan metode Chin sebesar 1626 T.

B. Metode Van deer Veen

Metode Van deer Ven digambarkan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pilih nilai beban *failure*, sebut saja $(Q_v)_{ult}$
2. Plot $\ln(1 - Q_{va} / (Q_v)_{ult})$ untuk nilai yang berbeda
3. Ketika hasil plot mendekati *assymtot* garis lurus, maka dapat dinyatakan mewakili nilai *failure*. [4]



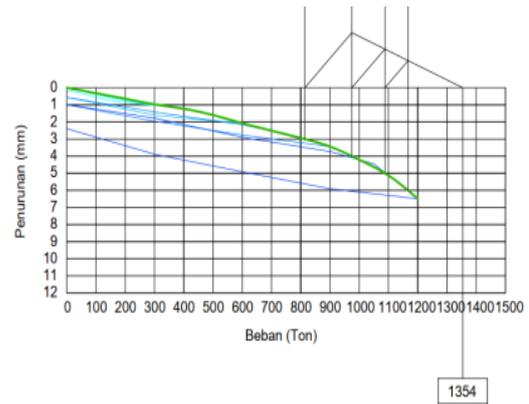
Gambar 3 Interpretasi daya dukung berdasarkan metode Van deer Veen

Berdasarkan **gambar 3** didapatkan nilai daya dukung aksial ultimit *bored pile* (Q_u) berdasarkan metode Van deer Veen sebesar 1500 T.

C. Metode Mazurkiewich

Prosedur penentuan beban ultimit Mazurkiewich adalah sebagai berikut:

1. Diplot kurva beban terhadap penurunan
2. Menarik garis dari beberapa titik penurunan yang dipilih hingga memotong kurva, kemudian ditarik garis vertikal hingga memotong sumbu beban
3. Dari perpotongan setiap beban tersebut, dibuat garis 45° terhadap garis perpotongan berikutnya dan seterusnya.
4. Menghubungkan titik yang terbentuk ini hingga menghasilkan sebuah garis lurus.
5. Perpotongan garis lurus dengan sumbu beban merupakan beban Ultimitnya. [1]



Gambar 4 Interpretasi daya dukung berdasarkan metode Mazurkiewich

Berdasarkan **gambar 4** didapatkan nilai daya dukung aksial ultimit *bored pile* (Q_u) berdasarkan beberapa metode Mazurkiewich sebesar 1354 T.

Daya dukung ultimit *bored pile* (Q_u) berdasarkan beberapa metode interpretasi:

Metode Chin = 1626 ton
 Metode Van deer Veen = 1500 ton
 Metode Mazurkiewich = 1354 ton

$$Q_u = \frac{1}{3} \times (1626 + 1500 + 1354) = 1493 \text{ ton}$$

Daya dukung aksial izin (Q_a):

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF} = \frac{1493}{2} = 746,5 \text{ ton}$$

KESIMPULAN

Hasil perhitungan daya dukung aksial ultimit pondasi *bored pile* dari data hasil penyelidikan tanah uji SPT sebesar 1413,06 ton, dari parameter tanah uji laboratorium sebesar 1041,21 ton, dan hasil pengujian pembebanan di lapangan (*loading test*) dengan metode Chin sebesar 1626 ton, dengan metode Van deer Veen sebesar 1500 ton, dengan metode Mazurkiewich sebesar 1354 ton.

Daya dukung izin hasil pengujian pembebanan (*loading test*) lebih besar dari daya dukung izin hasil perhitungan berdasarkan data hasil penyelidikan tanah uji SPT Sehingga dapat disimpulkan bahwa pondasi yang telah dibangun sesuai dengan yang direncanakan.

Daftar Isi

- [1] Z. Arifin, *Komparasi Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal Dihitung dengan Beberapa Metode*, Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, 2007.
- [2] J. E. Bowles, *Analisis dan Desain Pondasi Jilid I (Edisi Keempat)*, Jakarta: Erlangga, 1992.
- [3] B. M. Das, *Principles of Foundation Engineering (Eight Edition)*, Stamford: Cengage Learning, 2014.
- [4] P. Girsang, *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Tunggal Pada Proyek Pembangunan Gedung Crystal Square*, Medan: Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, 2009.
- [5] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian I*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
- [6] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian II*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2010.
- [7] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Fondasi I*, Yogyakarta: Beta Offset, 2006.
- [8] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Fondasi II*, Yogyakarta: Beta Offset II, 2006.
- [9] U. Jusi, "Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test)," vol. 1, no. 2, pp. 50-82, 2015.
- [10] N. G. Pratiwi, *Perbandingan Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Bored Pile dengan Hasil Pile Driving Analyzer (PDA)*, Depok: Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, 2018.
- [11] Y. D. K. Reni Rochmawati, "Kapasitas Daya Dukung Tanah Terhadap Pondasi Bored Pile pada Bangunan Gedung Rumah Sakit Hermina Provita Jayapura," *Journal of Portal Civil Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 35-39, 2018.
- [12] S. Sosrodarsono and K. Nazakawa, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Jakarta: Pradnya Paramita, 2000.

Tabel 1 Daya dukung selimut tiang berdasarkan uji SPT

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	N	N_{60}	N_{60}'	A_s (m ²)	σ_r (ton/m ²)	fs kohesif (ton/m ²)	fs non kohesif (ton/m ²)	Q_s (ton)
Lempung Kelanauan	2,3 - 11	8,7	17	12,11	22,80	32,80	10,20	5,66	0,00	185,52
Pasir	11 - 16	5	48	36,00	51,09	18,85	10,20	0,00	3,67	69,20
Lempung Kepasiran	16 - 18	2	42	31,50	55,80	7,54	10,20	7,33	0,00	55,28
Lanau Kelempungan	18 - 22	4	28	21,00	35,88	15,08	10,20	6,45	0,00	97,28
Pasir	22 - 25	3	47	35,25	48,08	11,31	10,20	0,00	3,59	40,65
Lempung Kelanauan	25 - 30	5	23	17,25	27,78	18,85	10,20	5,99	0,00	112,90
Lempung Kelanauan	30 - 40	10	24	18,00	27,34	37,70	10,20	5,96	0,00	224,76
										785,59

Tabel 2 Daya dukung selimut tiang berdasarkan uji laboratorium

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	A_s (m ²)	c_u (ton/m ²)	α	p_o' (ton/m ²)	ϕ (°)	$K_a \text{ tg } \delta$	f_s (ton/m ²)	Q_s (ton)
Lempung Kelanauan	2,3 - 11	8,7	32,80	8,08	0,55	6,23	6,47		4,44	145,76
Pasir	11 - 16	5	18,85	-		11,40	41,1	0,5	5,70	107,40
Lempung Kepasiran	16 - 18	2	7,54	13,76	0,55	12,91	7,43		7,57	57,06
Lanau Kelempungan	18 - 22	4	15,08	14,00	0,55	17,07	-		7,70	116,11
Pasir	22 - 25	3	11,31	-		19,96	41,3	0,5	9,98	112,86
Lempung Kelanauan	25 - 30	5	18,85	19,35	0,55	24,20	-		10,64	200,61
Lempung Kelanauan	30 - 40	10	37,70	12,00	0,55	31,68	6,18		6,60	248,81
										988,61