

ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI BORED PILE PADA PROYEK PEMBANGUNAN TAMAN TEKNOLOGI TURYAPADA TOWER KOMUNIKASI BALI SMARTS (KBS)

I Made Dwira Naghi Sanjaya¹, I Gede Adi Susila², dan Ida Bagus Rai Widiarsa³

^{1,2,3}Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar

Email: madedwira12@gmail.com

ABSTRAK : Pembangunan Taman Teknologi Turyapada Tower Komunikasi Bali Smarts (KBS) 6.0 Kerthi Bali, merupakan program prioritas pemerintah Provinsi Bali yang mendukung pembangunan infrastruktur telekomunikasi terpadu yang mengintegrasikan layanan-layanan siaran TV digital terrestrial, telekomunikasi seluler, internet, komunikasi radio komunitas, fasilitas restaurant putar, planetarium dan lainnya dalam wujud bangunan Tower (*high rise*). Pembangunan Taman Teknologi Turyapada Tower Komunikasi Bali Smarts (KBS) 6.0 Kerthi Bali merupakan program prioritas pemerintah Provinsi Bali yang mendukung pembangunan infrastruktur telekomunikasi terpadu yang mengintegrasikan layanan-layanan siaran TV digital terrestrial, telekomunikasi seluler, internet, komunikasi radio komunitas, fasilitas restaurant putar, planetarium dan lainnya dalam wujud bangunan Tower (*high rise*). Karena bangunan tinggi (lebih dari 100m), pondasi bored pile yang berdiameter 1500 mm dibahas khusus dan menjadi prioritas utama untuk dianalisa dengan target daya dukung Bored Pile ditentukan berdasarkan data Standart Penetration Test (N-27). Analisa dilakukan menggunakan software Allpile untuk memberikan justifikasi terhadap analisa dan ketentuan manual pondasi. Perbandingan terhadap uji lapangan, hasil analisa manual menunjukkan selisih 870,27 kilogram (lebih kecil 4,82%) dan terdapat selisih 4.509 kilogram lebih besar hasil software Allpile. Hasil uji lapangan menentukan justifikasi teknis yang dapat memberikan koreksi terhadap perancangan manual (pesimis) dan terhadap analisa FEM -Allpile (optimis).

Kata Kunci : Integrated Tower, High rise, Borepile,

ANALYSIS OF BEARING CAPACITY AND SETTLEMENT OF BORED PILE FOUNDATIONS IN COMMUNICATION TECHNOLOGICAL PARK DEVELOPMENT PROJECT AT COMMUNICATION BALI SMARTS TOWER (KBS)

ABSTRACT : *Development of Turyapada Bali Smarts (KBS) 6.0 Kerthi Bali Tower (Communication Technology Park), is a priority program of the Bali Provincial government that supports the development of integrated telecommunications infrastructure that integrates terrestrial digital TV broadcast services, cellular telecommunications, internet, community radio communication, rotary restaurant facilities, planetariums and others in the form of Tower (high rise) buildings. Due to tall buildings (more than 100m), bored pile foundations with a diameter of 1500 mm are discussed specifically and become a main priority for analysis with the target carrying capacity of Bored Pile determined based on Standard Penetration Test (N-27) data. The analysis is carried out using Allpile software to provide justification for the analysis and the provisions of the foundation manual. Comparison to field tests, the results of manual analysis showed a difference of 870.27 kilograms (smaller 4.82%) and there was a difference of 4,509 kilograms larger than the results of Allpile software. The results of field tests determine technical justifications that can provide corrections to manual design (pessimistic) and to FEM -Allpile analysis (optimistic).*

Keywords: *Integrated Tower, High rise, Borepile*

PENDAHULUAN

Pada Proyek pembangunan Taman Teknologi Turyapada Tower Komunikasi Bali Smarts (KBS) 6.0 Kerthi Bali yang berada di Desa Pegayaman, Sukasada, Buleleng yang ditinjau adalah pekerjaan menara (Tower). Penggunaan Pondasi bored pile sebagai bagian dari struktur bawah merupakan pilihan yang sangat diperhitungkan dalam pembangunan konstruksi, dilihat dari konstruksi apa yang akan dibangun, kondisi tanah pada lokasi, dan efisiensi mobilisasi peralatan merupakan salah satu diantara pertimbangan mengapa jenis pondasi ini digunakan. Salah satu bagian penting dalam sebuah perencanaan sebuah bangunan adalah perencanaan pondasi.

Pondasi ini menjadi bagian struktur bawah yang langsung berhubungan dengan tanah serta memiliki fungsi sebagai pemikul beban bangunan kemudian menyalurkannya ke dalam tanah. (Muda, 2016) Pada proyek ini, pondasi tiang bor dipilih karena merupakan jenis pondasi yang kecil kemungkinan terjadinya longsor. Bored Pile adalah jenis pondasi dalam yang membantu menopang bangunan di atasnya. (Melisa, 2020) Itu terbuat dari tanah dan batu, dan bahan-bahan ini membantu memperkuat dan menahan beban bangunan di atasnya. Bored pile digunakan ketika tanah tidak cukup kuat untuk menopang bangunan itu sendiri. Tumpukan tersebut terletak pada kedalaman yang sangat dalam, sehingga bangunan tersebut akan aman. (Ahmad, 2016)

Dalam penelitian ini untuk perhitungan manual daya dukung pondasi bored pile digunakan metode Reese & O'neil yang nantinya akan dikomparasikan dengan penggunaan perangkat lunak Allpile. perangkat lunak Allpile digunakan untuk meningkatkan akurasi dalam menghitung daya dukung agar lebih efisien. (Civiltech, 2007) Tujuan penelitian adalah :

- 1) Mengetahui daya dukung Bored Pile diameter 1500 mm berdasarkan data Standart Penetration Test (SPT) menggunakan metode Reese & O'neil dan bantuan program AllPile.
- 2) Mengetahui perbandingan hasil daya dukung pondasi bored pile diameter 1500 mm yang ditinjau dengan

menggunakan metode Reese & O'neil dan bantuan software aplikasi AllPile

3) Mengetahui penurunan pondasi Bored pile dan perbandingan dari penurunan elastis dan bantuan program komputer.

4) Mengetahui korelasi antara hasil pengujian lapangan dengan metode *Static Loading Test* dan penggunaan software allpile

TEORI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, karena data yang dihasilkan nantinya berupa angka yang dimana didapatkan berdasarkan perbandingan metode manual dan metode perangkat lunak AllPile.

Kapasitas Daya Dukung

Daya dukung ujung tiang (*end bearing pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah disekitarnya. (Raja, n.d.)

KAPASITAS DAYA DUKUNG TIANG TUNGGAL

Uji Penetrasi Standar (SPT) adalah percobaan di mana alat yang disebut sendok belah dimasukkan ke dalam tanah.

Pondasi tiang pancang dibangun di atas tanah pasir dan tanah liat, dan perkiraan daya dukung didasarkan pada data uji lapangan dari SPT. (Ully Nurul F., 2018)

Daya dukung ujung tiang

$$Q_b = q_p \cdot a_p \quad (1)$$

Tiang gesek (*friction pile*)

$$Q_s = f \cdot p \cdot \Delta L \quad (2)$$

Daya dukung ultimit

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s \text{ (komulatif)} \quad (3)$$

Daya dukung yang diizinkan

$$Q_{all} = \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \quad (4)$$

Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk mengetahui berapa berat yang dapat ditahan oleh sekelompok tumpukan, perlu melakukan beberapa perhitungan. Ada banyak faktor yang berperan, seperti jumlah tumpukan dalam kelompok, seberapa jauh jaraknya, dan seberapa efisien tumpukan dikelompokkan.

a. Jumlah Tiang

Jumlah tiang pancang yang akan digunakan untuk menopang bangunan akan tergantung pada seberapa berat yang mampu ditopang oleh bangunan tersebut dan ukuran tiang pancang yang diperbolehkan. (Fahriani, n.d.)

b. Jarak antar tiang

Jarak antar tiang diizinkan apabila telah memenuhi syarat sebagai berikut

$$S \geq 2,5 D \quad (5)$$

$$S \leq 3 D \quad (6)$$

Dimana :

S = Jarak antar tiang dari pusat tiang (m)

D = Diameter tiang (m)

c. Efisiensi kelompok tiang

Jika tumpukan semakin rapat, kekuatan tanah akan berkurang untuk menopang berat bangunan, dan bangunan tersebut pada akhirnya akan runtuh. Daya dukung sekelompok tiang akan berkurang dengan jumlah tertentu berdasarkan ukuran, bentuk, dan jarak tiang. Efisiensi tumpukan (Eg) adalah ukuran berapa banyak daya dukung berkurang. (Sutarman, 2018)

d. Kapasitas dukung kelompok tiang pada tanah berpasir

Kapasitas dukung kelompok tiang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berikut:

- Jika jarak tiang jauh, kelompok tiang akan memiliki jarak kapasitas tiang tunggal.
- Tahanan geser tiang berkembang karena gesekan antara bagian luar kelompok tiang dan tanah di sekitarnya. Hal ini dapat terjadi jika jarak antar tiang berdekatan.

Penurunan Tiang Elastis

Untuk tiang pancang dengan penurunan segera, penurunan terjadi saat tanah memampatkan karena berat tiang. Penurunan akan terjadi pada volume yang sama pada tanah berbutir kasar dan berbutir halus tak jenuh, karena penurunan terjadi segera setelah pemberian beban. (Prakoso et al., 2022)

Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

Analisis stabilitas tanah digunakan untuk menghitung desain pondasi bangunan dengan menggunakan parameter tanah, seperti tegangan total dan tegangan efektif. Dan, untuk mengidentifikasi jenis tanah, seringkali perlu mengukur tingkat tegangan total dan efektif tanah. Penurunan sekelompok tiang lebih besar daripada penurunan tiang tunggal.

Penurunan Pondasi Tiang yang Diizinkan

Penurunan berat bangunan yang diperbolehkan didasarkan pada beberapa faktor, antara lain tinggi, jenis, kekakuan, dan fungsi bangunan, serta ukuran dan kecepatan penurunannya. Jika penurunan terjadi perlahan, struktur dapat beradaptasi dengan penurunan baru tanpa kerusakan apapun. Ini berarti penyelesaian biasanya dapat diprediksi, dan kita dapat menggunakannya untuk memprediksi penyelesaian maksimum. (Widjaja et al., 2017)

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Daya Dukung Menggunakan Data N SPT

Data NSPT diperlukan sebagai acuan dalam perhitungan daya dukung tanah. Ini dilakukan dengan melapisi tanah dan menggunakan dua rumus untuk menghitung jumlah tanah yang dapat ditahan.

Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal Pada Titik BH-1

$$\begin{aligned}
 Q_b &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 57,5 \cdot N = 57,5 \times 50 = 2875 \text{ kN/m}^2 \\
 A_p &= 1,7662 \text{ (m}^2\text{)} \\
 Q_b &= 2875 \times 1,7662 \\
 &= 5077,825 \text{ kN} \\
 Q_s &= f \cdot p \cdot \Delta L \\
 f &= \alpha \cdot C_u \\
 f &= 73,26 \\
 Q_s &= 73,26 \times 4,71 \times 35 \\
 Q_s &= 12076,911 \text{ kN} \\
 Q_{ult} &= Q_b + Q_s \text{ (komulatif)} \\
 Q_{ult} &= 5077,825 + 12076,911 \\
 Q_{ult} &= 17154,73 \text{ kN} \\
 Q_{all} &= \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \\
 &= \frac{5077,825}{2,3} + \frac{12076,911}{2,3} \\
 &= 7458,58087 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok Pada Titik BH-1

$$\begin{aligned}
 Q_g &= n \cdot Q_{all} \cdot E_g \\
 E_g &= 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \\
 &= 1 - 0,358771 \frac{(3-1)3 + (3-1)3}{90 \cdot 3 \cdot 3} \\
 &= 0,994 \\
 n &= 9 \\
 Q_{all} &= 7458,58087 \text{ kN} \\
 &= 748,551 \text{ ton} \\
 Q_g &= n \cdot Q_{all} \cdot E_g \\
 &= 9 \times 748,551 \times 0,994 \\
 &= 6696,53 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Penurunan Elastis (Settlement)

Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

$$\begin{aligned}
 S_1 &= \frac{(Q_{wp} + \mu_s Q_{ws}) L}{A_p \cdot E_p} \\
 S_1 &= \frac{(3870,225 + 0,5 \times 1207,6) 35}{1,7662 \times 2,6 \times 10^7} \\
 &= 0,0024099 \text{ m} = 2,40 \text{ mm} \\
 S_2 &= \frac{(q_{wp} D)}{E_b} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\
 S_2 &= \frac{(2196,2 \times 1,5)}{49032,5} (1 - 0,5^2) 0,85 = 0,003283 \\
 m &= 3,283 \text{ mm} \\
 S_3 &= \left(\frac{Q_{ws}}{PL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\
 S_3 &= \left(\frac{Q_{ws}}{PL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \\
 &= \left(\frac{1207,6}{4,71 \times 35} \right) \frac{1,5}{49032,5} (1 - 0,5^2) 3,6906
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,6202 \text{ mm} \\
 S_{Total} &= S_1 + S_2 + S_3 \\
 S &= 3,40 + 4,283 + 0,6202 = 6,320 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penurunan Pondasi Tiang Kelompok

$$S_g = S \frac{\sqrt{Bg}}{D} = 19,21 \text{ mm}$$

Perhitungan Daya Dukung Dengan Program

Program Allpile dapat membantu menghitung daya dukung suatu daerah dan berapa banyak orang yang dapat hidup dengan aman di sana. Program ini juga menggunakan data SPT dari uji lapangan untuk membantu penentuan ini.

Kumpulan data pertama dimasukkan ke dalam program perhitungan. Tabel 2 menunjukkan data dari tiang bor, dan Tabel 3 menunjukkan data tanah menurut uji lapangan.

Tabel 2. Data tanah menurut uji lapangan

Depth (m)	Width (cm)	Area (cm ²)	I (cm ⁴)	E (MP)	Weight (kN/m)
0	150	17671,5	24872026,0	20683	41,669
35	150	17671,5	24601984,0	99938	135,2

Dari tabel terlihat kedalaman pandang 0 meter dan 35 meter. Pada kolom berikutnya, dicantumkan diameter tiang yang ditinjau, diikuti dengan luas penampang tiang. Kelembaman tiang, modulus elastisitas tiang, dan kemudian berat tiang semuanya dicantumkan setelah data tanah. Setelah memasukkan data tanah ke dalam program perhitungan, dapat melihat data keluarannya.

Tabel 3. Data kedalaman, nilai gamma, phi atau sudut geser tanah, kohesi, modulus reaksi tanah, dan nilai SPT sesuai dengan data yang telah diinput

Depth (m)	Gamma (kN/m ³)	Phi	C (kN/m ²)	K (MN/m ³)	e50 or Dr %	Nspt
0	16,5	26,1	6,0	3,3	2,32	2
2	19,2	26,1	18,0	16,2	1,19	6
6	8,3	27,2	12,0	6,5	1,52	4
8	9,5	37,6	0	23,7	62,61	27
12	9,5	37,6	0	23,7	62,61	27
16	9,5	37,6	0	23,7	62,61	27
18	9,5	37,6	0	23,7	62,61	27
22	9,5	37,6	0	23,7	62,61	27
25	9,5	37,6	0	23,7	62,61	27
40	9,5	37,6	0	23,7	62,61	27

Dari tabel terlihat hasil program perhitungan berupa data kedalaman, nilai gamma, phi atau sudut geser

tanah, kohesi, modulus reaksi tanah, dan nilai SPT sesuai dengan data yang telah diinput sebelumnya.

Vertical capacity

Weight above Ground = 0,0

Total Weight = 949,34 kN

Side resistance (down) = 10209,026 kN

Side resistance (up) = 6018,516 kN

Total ultimate capacity (down) = 22534,479 kN

Total ultimate capacity (up) = 6967,851 kN

Total Allow able capacity (down) = 9013,791 kN

Total Allow able capacity (up) = 2787,140 kN

OK! $Q_{allow} > Q$

Settlement calculation

At Q = 8000 kN

At X allow = 1,20 cm

Settlement = 0,66013 cm

Q allow = 11194,706 kN

PENUTUP

Perhitungan daya dukung pondasi dengan menggunakan program Allpile dan dengan hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode *Resse dan O'Neil*:

- Dua metode yang berbeda untuk menghitung daya dukung akhir dari tumpukan tanah metode analitis dan program Allpile menghasilkan angka yang berbeda. Metode analisis mengatakan bahwa tiang pancang memiliki daya dukung ultimit sebesar 17.154,73 kN, sedangkan program Allpile menyatakan tiang pancang memiliki daya dukung ultimit sebesar 22.534,479 kN. Selisih angka tersebut adalah 5.379,74 kN.
- Nilai penurunan untuk BH-1 adalah enam inci (6,320 mm), berdasarkan perhitungan penurunan elastis, tetapi enam inci (6,6013 mm), berdasarkan perhitungan penurunan menggunakan program Allpile. Perbedaan ini adalah 0,281 mm.

- Keakuratan perhitungan dengan cara manual adalah 870,27 kilogram (lebih kecil 4,82% dari hasil uji lapangan), sedangkan ketelitian perhitungan dengan menggunakan software allpile adalah 4.509 kilogram (lebih besar dari hasil uji lapangan).
- Berat maksimum yang dapat ditahan kelompok tiang adalah 66724,33 kilogram dan penurunan kelompok adalah 19,21 milimeter.
- Tumpukan tanah dapat mengendap dengan berbagai cara. Tiang tunggal akan mengendap lebih kecil dari tiang kelompok, dan penurunan kedua jenis tiang akan lebih kecil dari penurunan yang diperbolehkan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, G.L. 2016. *Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Data Insitu Test, Parameter Laboratorium Terhadap Loading Test*. Kantledge. *Konstruksia*, 7(2).
- Civiltech. 2007. *Civiltech Software Manual Volume 1 And 2 Civiltech Software 2007*.
- Fahriani, F. N.D. *Analisis Nilai Korelasi Parameter E Dan Cu Pada Kasus Galian Dalam Menggunakan Program Plaxis*.
- Melisa, J. 2020. *Kapasitas Dukung Aksial Pondasi Bored Pile Menurut O'neil & Reese Dan Coyle & Castello (Studi Kasus : Fly Over Simpang Ska)*. In *Tekla* (Vol. 2).
- Muda, A. 2016. *Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Berdasarkan Data Laboratorium*. In *Print) Jurnal Intekna* (Vol. 16).
- Prakoso, W., Nugraha, N., Syahputra, R.A., Monica, S. 2022. *Analysis The Use Of Bore Pile Foundation On Alluvial Sand And Tuffaceous Sandstones At Margatiga Dam Project*. *Jurnal Teknik Hidraulik*,
- Raja, I.L. N.D. *Analisis Dan Desain Pondasi*.
- Sutarman, E. 2018. *Kapasitas Grup Pondasi Tiang Berdasarkan Nspt Pada Abutment Jembatan*.
- Uilly Nurul F. 2018. *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-Spt Menurut Rumus Reese&Wright Dan Penurunan*. In *Ikra-Ith Teknologi* (Vol. 2).
- Widjaja, B., Sri, D., Wahyuningsih, R. 2017. *Comparison Of Foundation Supported Force Due To The Differences Of Construction Method Of Depth Foundation*. In *Jurnal Spektran* (Vol. 5).

