

ANALISA DAYA DUKUNG TIANG PANCANG BERDASARKAN HASIL DATA KALENDERING PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN BWS KUBU RAYA

Yustika Handayani Siregar ¹⁾, Eka Priadi ²⁾, Aprianto ³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura Pontianak

^{2, 3)} Dosen Prodi Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : d1011161123@student.untan.ac.id

ABSTRAK

Setiap fondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi. Sehingga, fondasi pada struktur bangunan harus diperhitungkan daya dukung agar dapat menjamin kestabilan bangunan dalam menahan beban yang diterima dan memperhitungkan penurunan yang terjadi dan tidak melebihi batas yang sudah ditetapkan. Fondasi yang digunakan pada penelitian ini adalah tiang pancang spun pile. Perhitungan daya dukung aksial berdasarkan data kalendering, SPT, menggunakan bantuan Program Plaxis v.8.6, dan penurunan segera dan konsolidasi tiang kelompok pada Proyek Pembangunan Rumah Susun BWS Kalimantan Barat. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung kapasitas daya dukung aksial dan penurunan segera maupun konsolidasi yang terjadi akibat perubahan perencanaan. Berdasarkan hasil perhitungan data kalendering menggunakan metode Hiley, Modified ENR, dan Eytelwein. Berdasarkan hasil perhitungan data SPT menggunakan metode API dan Meyerhof. Dari analisa perhitungan daya dukung yang memiliki nilai terendah yaitu Modified ENR, sehingga penambahan tiang pada tiang tunggal dan perubahan konfigurasi tiang pancang kelompok disesuaikan dengan metode ini.

Kata kunci: daya dukung, fondasi, kalendering, penurunan, tiang pancang

ABSTRACT

Each foundation must be qualified to support loads up to a predetermined safety limit, including supporting the maximum validated load. Consequently, the foundation of a building structure must take into report the carrying capacity to demonstrate the stability of the building is holding the working load and take into account the decrease that exists and is required to transcend the predetermined limit. The foundation used in this research is spun pile. Calculation of axial bearing capacity based on calendaring data, SPT, using the help of Plaxis v.8.6 Program, and reliable subsidence and consolidation of pile groups in the West Kalimantan BWS Flats Construction Project. This study aims to calculate the axial bearing capacity and the immediate settlement or consolidation that results in equitable changes in planning. Based on the results of the calculation of calendaring data using the Hiley, Modified ENR, and Eytelwein methods. Based on the results of the calculation of the SPT data using the API and Meyerhof methods. From the analysis of the calculation of the carrying capacity that has the lowest value, that was Modified ENR, the addition of single piles and changes to the configuration of group piles are adjusted according to this method.

Keywords: bearing capacity, foundation, calendaring, settlement, pile.

I. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Rumah Susun BWS Kubu Raya terdiri dari 6 lantai. Dalam pembangunan Rumah Susun tersebut diperlukan perencanaan struktur atas (up structure) dan struktur bawah (sub structure). Pada prinsipnya suatu bangunan tidak akan dapat dibangun di tanah yang kurang mampu menerima beban. Pada penulisan ini dibahas tentang salah satu denah titik fondasi yang mengalami perubahan atau penambahan perencanaan pada titik

tiang pancang kelompok. Tujuan dari penulisan ini adalah menghitung pembebanan, menghitung daya dukung aksial dari hasil kalendering di lapangan dan nilai SPT, menghitung penurunan fondasi, mengetahui perubahan dimensi pilecap, dan uji pemodelan menggunakan software Plaxis v.8.6. Dalam penulisan ini, penulis membatasi masalah tentang menghitung pembebanan struktur berdasarkan SNI 1727-2013 Pasal 2.3.2. Analisis didasarkan pada data kalendering dan SPT yang

berlokasi di kompleks PU Pengairan Jalan Sungai Durian, Kubu Raya.

Tinjauan Pustaka

Fondasi

Fondasi adalah suatu bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban atas (*upper structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Tiang pancang adalah bagian – bagian bangunan yang terbuat dari kayu, beton, dan baja yang digunakan untuk meneruskan beban-beban permukaan yang lebih rendah. (Joseph E. Bowles, 1999 : 184).

Daya Dukung Ujung (*End Bearing*)

Fondasi tiang dengan tumpuan ujung mendistribusikan beban melalui ujung ke lapisan tanah keras. Hardiyatmo, Hary Christiady. (2008). *Fondasi*. Yogyakarta: Beta Offset.

Daya Dukung Selimut (*Friction*)

Bila lapisan tanah keras letaknya jauh dari permukaan sehingga tidak ekonomis untuk membangun tiang pancang dengan tumpuan ujung.

Analisa Struktur

Hasil perhitungan pembebanan yang meliputi perhitungan beban mati, beban hidup, dan beban gempa dihitung dengan bantuan program ETABS dan memasukkan kombinasi beban sesuai dengan SNI 1727-2013 Pasal 2.3.2.

Kapasitas daya dukung *ultimate* menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah disepanjang bidang-bidang gesernya (Hardiyatmo, Hary Christady, 2011).

Menurut Hikmad Lukman (2017) besarnya daya dukung batas tiang dapat dicari menggunakan beberapa rumus dinamis, hasilnya dibagi dengan nilai faktor keamanan akan mendapatkan daya dukung ijin tiang.

Daya Dukung Rumus Dinamik

1. Hiley

$$Q_u = \frac{e_h W_h}{s + K} \times \frac{W_r + N^2 p}{W + p} ; (FK = 3) \quad (1)$$

2. Modified ENR Formula

$$Q_u = \frac{e_h \times W \times h}{s + C} \times \frac{W + (p \times e^2)}{W + p} ; (FK = 6) \quad (2)$$

3. Eytelwein Formula

$$Q_u = \frac{2 \times e_h \times W \times h}{s + C \left(\frac{p}{W} \right)} ; (FK = 6) \quad (3)$$

Dimana :

- Q_u = daya dukung ultimit (ton)
- e_h = efisiensi pemukul
- W_r = berat pemukul (ton)
- p = berat tiang pancang (ton)

- h = tinggi jatuh pemukul (m)
- s = penetrasi 10 pukulan terakhir (m)
- C = konstanta *temporary elastic compression*
- n = koefisien restitusi

Daya Dukung Berdasarkan SPT

Metode API

1. Tanah Kohesif

$$Q_p = A_p \times c \times N_c \quad (4)$$

$$Q_s = \sum \pi D \Delta l_i (\alpha c_u) \quad (5)$$

2. Tanah Non-Kohesif

$$Q_p = A_p \times \sigma'_v \times N_q \quad (6)$$

$$Q_s = \sum \pi D \Delta l_i (K_0 \sigma'_v \tan \delta) \quad (7)$$

Dimana :

- Q_p = daya dukung ujung tiang (ton)
- Q_s = daya dukung selimut tiang (ton)
- A_p = luas penampang tiang (m^2)
- c_u = kohesi tanah lempung (kN/m^2)
- N_{c, N_q} = grafik terhadap sudut geser
- α = faktor adhesi
- $K_0 \tan \delta$ = grafik terhadap sudut geser

Metode Meyerhof

$$Q_p = 4 \times A_p \times N_p \quad (8)$$

$$Q_s = \frac{A_s \times \tilde{N}}{50} ; Q_s = \frac{A_s \times \tilde{N}}{100} \quad (9)$$

Dimana :

- N_p = nilai n-spt disekitar ujung tiang
- $\tilde{N}$ = nilai n-spt rata-rata di sepanjang tiang

Efisiensi Tiang Kelompok

1. Konversi – Labarre

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \quad (10)$$

Dimana :

- θ = arc tg d/s ($^\circ$)
- m = banyak baris tiang
- n = banyak tiang dalam baris
- d = diameter tiang (m)
- s = jarak pusat ke pusat tiang (m)

2. Metode Feld

Dalam metode ini kapasitas fondasi individual tiang berkurang 1/16 akibat adanya tiang yang berdampingan dalam arah tegak lurus maupun arah diagonal.

Penurunan (*Settlement*)

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pengurangan massa.

Penurunan Segera (*Immediate Settlement*)

$$S_e = S_{e1} + S_{e2} + S_{e3} \quad (11)$$

$$S_{e1} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws}) L}{A_p E_p} \quad (12)$$

$$s_{e2} = \frac{q_{wp} D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{wp} \quad (13)$$

$$s_{e3} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws} \quad (14)$$

$$S_{g(e)} = \sqrt{\frac{B_g}{D}} \times s_e \quad (15)$$

Penurunan Konsolidasi

$$\Delta S_{c(1)} = \left[\frac{C_{c(i)} H_1}{1 + e_{0(i)}} \right] \log \left[\frac{\sigma'_{0(i)} + \Delta \sigma'_{(i)}}{\sigma'_{0(i)}} \right] \quad (16)$$

Dimana :

- s_{e1} = penurunan elastis tiang (cm)
- s_{e2} = penurunan ujung tiang (cm)
- s_{e3} = penurunan selimut tiang (cm)
- ξ = distribusi tahanan gesek
- E_s = modulus elastisitas tanah (kN/m²)
- μ_s = rasio poisson tanah
- I_{ws} = *influence factor*
- C_c = indeks kompresi
- e_0 = angka pori
- σ'_0 = tegangan efektif tanah (kN/m²)
- ΔS_c = penurunan konsolidasi (m)

II. METODOLOGI PENELITIAN

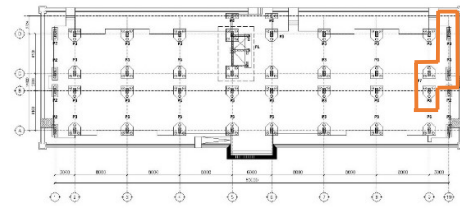
Gambaran Umum

Penelitian yang penulis lakukan ini dapat digolongkan sebagai penelitian studi kasus (*case study*) menggunakan metode deskriptif yaitu metode yang menjelaskan, menerangkan, dan memaparkan suatu masalah dengan menggunakan data-data yang diperoleh langsung di lapangan. Pada penelitian ini penulis mengamati besar daya dukung izin dan penurunan (segera dan konsolidasi) yang terjadi. Hasil dari analisa tersebut akan dibandingkan dengan analisa secara manual dan analisa menggunakan perhitungan dinamis dan dengan analisa menggunakan metode numerik melalui permodelan menggunakan program *Plaxis v.8.6*.

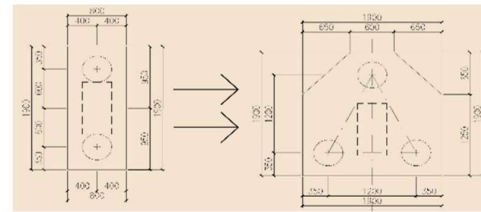
Data Umum Proyek

1. Nama Proyek : Pembangunan Rumah Susun BWS Kalimantan.
2. Pemilik Proyek : Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
3. Lokasi Proyek : Komplek PU Pengairan JL. Sungai Durian Laut Limbung Kec. Sungai Raya , Kab. Kubu Raya.
4. Sumber Dana : APBN Tahun 2020.
5. Kontraktor Pelaksana : PT. Pubagot Jaya Abadi.
6. Manajemen Konstruksi : PT. Widha Konsultan.
7. Nama Pemberi Tugas : Dinas Bina Marga.
8. Waktu Pelaksanaan : 268 hari kalender.

Model Pemancangan



Gambar 1. Layout Lokasi Proyek (Sumber: Kementerian PUPR, 2020)



Gambar 2. Susunan Tiang Pancang (Sumber: Kementerian PUPR, 2020)



Gambar 3. Peta Lokasi Proyek di Komplek PU Pengairan (Sumber: Google Maps, 2021)

Pengumpulan Data

- a. Tahap pertama
Mengumpulkan berbagai jenis literatur dalam bentuk buku maupun tulisan ilmiah.
- b. Tahap kedua
Subjek penulisan adalah Proyek Pembangunan Rumah Susun BWS Kalimantan.
- c. Tahap ketiga
Melakukan analisa antara data yang didapat dari lapangan dengan buku dan jenis literatur lainnya.
- d. Tahap keempat
membandingkan daya dukung izin menggunakan data kalendering lapangan dan penurunan tiang pancang (segera dan konsolidasi) secara analitis dan *Plaxis v.8.6* menggunakan pemodelan tanah dari data hasil SPT.
- e. Tahap kelima
Mengadakan analisis terhadap hasil perhitungan yang dilakukan dan membuat perhitungan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Stuktur Atas

Analisa pemodelan struktur atas menggunakan aplikasi ETABS versi 18 untuk mendapatkan beban vertikal yang akan ditransfer ke fondasi.

1. Material beton

Mutu beton untuk struktur kolom dan *shear wall* $f'_c = 35$ Mpa. Mutu beton untuk *pile cap*, balok, dan pelat $f'_c = 30$ Mpa. Mutu beton tiang *spun pile* $f'_c = 50$ Mpa.

Tabel 1. Nilai Hasil Pembebanan (Sumber: Hasil PerhitunganI, 2021)

Titik Pancang			Kedalaman	Pembagian Beban	
No.				Tunggal	Kelompok
				Pt	V
			(m)	(ton)	(ton)
1	D.10	D.10.a	39.5	67.164	96.965
2		D.10.b	39.3	67.164	
3	C.10	C.10.a	31.75	90.365	142.767
4		C.10.b	31.9	90.365	
5	C.9	C.9.a	39	99.869	242.709
6		C.9.b	39.5	52.455	
7		C.9.c	39.7	90.386	
8	B.9	B.9.a	39.64	96.281	231.948
9		B.9.b	39.72	48.867	
10		B.9.c	39.59	86.799	

Setelah menghitung semua beban -beban yang bekerja pada struktur atas seperti beban plat, balok, kolom, dll. Lalu semua diinput pada program bantu ETABS untuk mendapatkan gaya yang bekerja pada kolom yang nanti akan digunakan untuk menghitung fondasi tiang pancang.

Dari hasil pengujian beban, tiang pancang yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban bekerja yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 (Tomlinson, 1977).

Untuk kondisi kombinasi beban kecuali melibatkan beban mati, beban hidup, api juga beban angin, faktor aman FS = 2 dapat digunakan (Terzaghi dan Peck, 1997).

Daya Dukung Kalendering

Tabel 2. Daya Dukung Tiang Data Kalendering (Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Data Kalendering					
Hiley		Modified ENR		Eyitelwein	
Tunggal (ton)	Kelompok (ton)	Tunggal (ton)	Kelompok (ton)	Tunggal (ton)	Kelompok (ton)
96.180	260.542	39.773	75.604	56.207	106.484
181.732		40.872		57.376	
111.502	205.405	38.430	72.973	66.994	126.504
107.597		39.408		67.943	
81.791	175.353	35.389	87.272	53.007	132.153
51.644		27.132		44.219	
66.967		37.219		53.806	
196.044	361.963	39.168	103.599	55.525	146.358
86.501		40.059		56.149	
131.126		39.172		55.593	

Daya Dukung Data SPT

Tabel 3. Daya Dukung Tiang Data SPT (Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Data N-SPT	
Meyerhof	
Tunggal (ton)	Kelompok (ton)
100.322	
100.361	188.178
57.803	
57.773	108.325
100.421	
100.322	263.605
100.282	
100.294	
100.278	263.297
100.304	

Penurunan Tiang Pancang

Tabel 4. Penurunan Total Blok Fondasi (Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Tiang	Penurunan Segera	Penurunan Konsolidasi	Penurunan Total
	Sc(g)	Sc(g)	Sg
	cm	cm	cm
D.10	2.283	3.311	5.594
C.10		2.409	2.409
C.9	2.632	4.449	7.080
B.9	2.635	4.357	6.992

Displacement Program Plaxis

Tabel 5. Hasil Olahan Total Displacement Program Plaxis (Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

Tiang	Penurunan Segera Sc(g) cm	Penurunan Konsolidasi Sc(g) cm	Penurunan Total Sg cm
D.10	2.283	3.311	5.594
C.10		2.409	2.409
C.9	2.632	4.449	7.080
B.9	2.635	4.357	6.992

Perubahan Desain Tiang Kelompok
Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Akhir Daya Dukung
Aksial (Sumber: Hasil Perhitungan, 2021)

No.	Titik Pancang		Kedalaman	Pembagian	Data N-SPT Meyerhof	
			(m)	Beban V (ton)	Tunggal (ton)	Kelompok (ton)
1	D.10	D.10.a	39.5	96.965	100.322	188.178
2		D.10.b	39.3		100.361	
3		D.10.c	39.5			
4	C.10	C.10.a	31.75	142.767	57.803	147.947
5		C.10.b	31.9		57.773	
6		C.10.c	31.825		53.506	
7		C.10.d	31.825			
8	C.9	C.9.a	39	242.709	100.421	263.605
9		C.9.b	39.5		100.322	
10		C.9.c	39.7		100.282	
11		C.9.d	39.4			
12		C.9.e	39.4			
13		C.9.f	39.4			
14	B.9	B.9.a	39.64	231.948	100.294	263.297
15		B.9.b	39.72		100.278	
16		B.9.c	39.59		100.304	
17		B.9.d	39.65			
18		B.9.e	39.65			

Daya Dukung Empiris					
Hiley		Data Kalendering Modified ENR		Eyitelwein	
		Tunggal (ton)	Kelompok (ton)	Tunggal (ton)	Kelompok (ton)
96.180	260.542	39.773	158.380	56.207	106.484
181.732		40.872		57.376	
		100.361			
111.502	205.405	38.430	157.149	66.994	168.648
107.597		39.408		67.943	
		57.803		57.803	
		57.773			
81.791	301.820	35.389	275.423	53.007	263.702
51.644		27.132		44.219	
66.967		37.219		53.806	
171.068		100.294		100.294	
		100.278		100.278	
		100.304			
196.044	361.963	39.168	239.228	55.525	275.878
86.501		40.059		56.149	
131.126		39.172		55.593	
		100.294		100.294	
		100.278		100.278	

Dari analisa perhitungan daya dukung yang memiliki nilai terendah yaitu metode *Modified ENR*, sehingga penambahan titik pada tiang tunggal dan perubahan konfigurasi tiang pancang kelompok disesuaikan dengan metode ini.

Menurut SNI (2847 : 2013) untuk penurunan segera dan penurunan konsolidasi memenuhi penurunan pada tiang kelompok. Penurunan izin < 15 cm + (b/600) dalam cm.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan pada proyek Rumah Susun ASN Kementerian PUPR, Desa Limbung, Kec. Sungai Raya, Kalimantan Barat.

A. Perhitungan Daya Dukung Empiris Menggunakan Metode *Meyerhof*.

Pada perhitungan empiris menggunakan metode *meyerhof* tiang kelompok yang mengalami kegagalan (C.10) sehingga dilakukan perhitungan ulang pada tiang kelompok dengan nilai daya dukung 108,325 ton menjadi 147,947 ton.

B. Perhitungan Daya Dukung Dinamis Menggunakan Metode Hiley (Kalendering).

Pada titik pancang C.9 daya dukung tiang tunggal dan tiang kelompok sama – sama tidak mampu menahan beban.

C. Perhitungan Daya Dukung Dinamis Menggunakan Metode Modified ENR.

Pada perhitungan menggunakan metode *Modified ENR* dengan membandingkan daya dukung tiang tunggal dan tiang kelompok semua tiang tidak memenuhi daya dukung nya sehingga dilakukan perubahan total dalam perencanaan.

D. Perhitungan Daya Dukung Dinamis Menggunakan Metode Eyitelwein.

Pada tiang tunggal maupun tiang kelompok yang tidak memenuhi daya dukung tiang yaitu tiang (C.10 ; C.9 ; dan B.9) sehingga dilakukan perhitungan ulang dan perubahan total dalam perencanaan.

E. Analisa Penurunan Segera dan Konsolidasi *Settlement* adalah penurunan elevasi tanah disebabkan karena lapisan tanah yang mengalami pembebanan di atasnya. Menurut SNI (2847 : 2013) untuk penurunan segera dan penurunan konsolidasi memenuhi penurunan pada tiang kelompok.

1. Penurunan Segera

Penurunan untuk masing – masing kelompok tiang adalah, untuk fondasi pada titik D.10 $S_g = 2,487$ cm, untuk fondasi C.9 $S_g = 1,208$ cm, dan untuk fondasi B.9 $S_g = 1,863$ cm

2. Penurunan Konsolidasi

Penurunan konsolidasi kelompok tiang pada titik D.10 (2 tiang) $S_c = 3,265$ cm, pada titik C.10 $S_c = 2,358$ cm, pada titik C.9 $S_c = 4,386$ dan pada titik B.9 $S_c = 4.296$ cm
 Penurunan yang dilakukan menggunakan program plaxis v.8.6 untuk masing masing tiang kelompok D.10 (2 tiang) $S_g = 3,44$ cm, untuk fondasi C.10 (2 tiang) $S_c = 6,09$ cm, untuk fondasi C.9 (3 tiang) = 1,37 cm, dan untuk fondasi B.9 (3 tiang) = 2,04 cm.

Saran

1. Dalam perhitungan daya dukung dan penurunan pada suatu pondasi tiang pancang, sebaiknya kita memiliki data teknis dan data laboratorium

- (parameter tanah) yang lengkap. Kelengkapan data akan sangat membantu untuk mendapatkan perhitungan yang lebih akurat, baik secara analitis maupun dengan Program Plaxis v.8.6.
2. Untuk perhitungan dinamis menggunakan data kalendering pada tiang tunggal banyak yang tidak memenuhi karena tingginya *rebound* pada pemancangn sehingga perlu dilakukan penambahan tiang pancang pada tiang kelompok dalam perhitungan *Hiley*, *Modified ENR*, dan *Eyitelwein*.
 3. Perhitungan tiang pancang yang digunakan untuk perencanaan, sebaiknya diambil dari hasil penurunan (segera dan konsolidasi) dari perhitungan *load transfer* karena merupakan nilai penurunan terbesar.

REFERENSI

- Bowles, J. E. 1999, *Analisis dan Desian Pondasi*. Malang: Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Christiady. (2008). *Fondasi*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Hardiyatmo, Hary Christiady. (2011). *Fondasi I*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Lukman, Hikmad. (2017). *Rasio Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Kalendering*. Fakultas Teknik UNPAK.
- SNI 1727 : 2013. “*Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*”.
- SNI 2847 : 2013. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Dinas Pekerjaan Umum: Jakarta.
- Terzaghi and Peck. 1996. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. A Wiley – Interscience Publication: Canada. Berkeley.
- Tomlinson, M.J., 1997, *Pile Design and Construction Practice First Edition*, View Point Publishing, London.