

ANALISIS PONDASI TIANG PANCANG PADA SILO SEMEN TONASA

Victor Mamangkey

Turangan A.E, Lanny Manaroinsong

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: victor.mamangkey@gmail.com

ABSTRAK

Silo merupakan salah satu tempat penting dalam produksi semen, tidak sedikit bangunan silo mengalami keruntuhan, salah satu penyebab keruntuhan tersebut ialah karena pondasinya yang belum cukup aman menahan beban yang tertampung dalam silo tersebut. Pada proyek pembangunan silo semen tonasa di kota Bitung, pondasi yang dipilih adalah pondasi tiang pancang. Pondasi tiang pancang yang digunakan harus mampu menahan beban yang ada sehingga tidak terjadi keruntuhan.

Untuk menganalisa kapasitas daya dukung pondasi digunakan program Staad Pro. Data geometri pile yang digunakan yaitu 1,5 meter untuk pile spacing, jarak antara ujung pile 500 cm dan diameter pile 500 cm. Dari hasil analisa daya dukung pondasi tiang pancang grup dengan jumlah 4 tiang dengan diameter 500 cm diperoleh daya dukung sebesar 300000 kN, kapasitas tiang pancang untuk beban axial sebesar 500 kN dan beban lateral sebesar 300 kN.

Hasil penelitian ini dapat dikembangkan menjadi acuan dalam perencanaan pondasi tiang pancang. Jika ada bangunan struktur yang sama untuk di analisis dapat menjadi manual perhitungan untuk menganalisa kapasitas daya dukung tiang pancang pada struktur yang sama.

Kata kunci: Silo, daya dukung, pondasi, tiang pancang

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada konstruksi bangunan, fungsi pondasi sangat penting. Hal ini dikarenakan pondasi sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat struktur pondasi itu sendiri dan berat bangunan di atasnya kelapisan bawah tanah di bawahnya.

Salah satu tempat produksi semen ialah silo, dimana silo merupakan tempat penyimpanan semen yang sudah diolah sebelum dibuat dalam ukuran zak. Silo semen merupakan bangunan yang terbuat dari baja atau beton yang memiliki sifat khusus dan berdiri di atas pondasi.

Jenis pondasi disesuaikan dengan keadaan tanah eksisting dan pada umumnya dipilih menggunakan pondasi dalam. Silo merupakan salah satu tempat penting dalam produksi semen, tidak sedikit bangunan silo mengalami keruntuhan, salah satu penyebab keruntuhan tersebut ialah karena pondasinya yang belum cukup aman menahan beban yang tertampung dalam silo tersebut.

Dalam penelitian skripsi ini studi kasus bertepatan di daerah kota Bitung, sehingga dalam penggunaan pondasi lebih dipilih pondasi tiang pancang. Untuk itu dalam tugas akhir ini akan

dibahas mengenai analisis pondasi tiang pancang pada silo semen Tonasa. Pada penelitian ini pondasi yang dipakai pada bangunan silo adalah pondasi tiang pancang yang akan dianalisis dengan menggunakan program staad pro untuk mendapatkan hasil jarak antar tiang dan diameter tiang. Metode yang dipakai dengan penggunaan aplikasi program staad pro untuk tiang pancang.

Oleh karena itulah, perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan metode ini untuk membandingkan hitungan desain pile grup antar jarak tiang dan diameter tiang.

Rumusan Masalah

Mendesain jarak tiang dan diameter tiang pancang pada silo semen tonasa di daerah Bitung.

Pembatasan Masalah

Analisa yang digunakan untuk mendesain hitungan desain pile grup antar jarak dan diameter tiang adalah dengan menggunakan program staad pro foundation Ver 8.i.

Tujuan Penelitian

1. Diharapkan penulisan ini dapat digunakan sebagai acuan untuk perkembangan ilmu

- pengetahuan teknik sipil, khususnya pada penggunaan metode pemograman *Staad pro*.
2. Untuk menambah informasi untuk praktisi dan akademisi dibidang pondasi tiang pancang menggunakan program komputer.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Silo

Silo adalah struktur yang digunakan untuk menyimpan bahan curah (*bulk materials*). Silo umumnya digunakan dibidang pertanian sebagai penyimpan biji-bijian hasil pertanian dan pakan ternak. Diluar bidang pertanian, silo digunakan untuk menyimpan batu bara, semen, potongan kayu, dan serbuk gergaji. Ada tiga jenis silo yang banyak digunakan hingga saat ini, yaitu tipe menara, bunker, dan karung.

Dalam memuat bahan curah kedalam silo, diperlukan mekanisme elevator biji-bijian seperti konveyor (konveyor sabuk, konveyor udara, konveyor ember), auger, dan hopper tergantung pada jenis bahan curah yang dimuat. Pengisian dilakukan dari tingkat paling atas, sehingga yang masuk lebih dulu akan berada dibawah. Sedangkan pengambilan bahan curah dilakukan dari bawah. Tergantung pada bahan yang dimuat, pengendalian lingkungan didalam bisa bervariasi.

Pengendalian kadar air diudara diperlukan dan disesuaikan dengan kadar air kesetimbangan bahan jika menginginkan waktu penyimpanan yang lama. Pengendalian jenis dan kadar gas didalam silo diperlukan jika bahan mudah bereaksi dengan gas tertentu seperti oksigen. Pengendalian kadar gas juga diperlukan jika silo digunakan untuk proses fermentasi, aerob maupun anaerob.

Pengertian Pondasi

Dalam teknik sipil, istilah pondasi didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan bangunan luar yang bekerja ke lapisan tanah di bawahnya. Oleh karena itu, pondasi harus dihitung agar dapat menjamin kestabilan bangunan baik terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja, gaya luar seperti gempa bumi, tekanan angin dan lain-lain. Selain itu

penurunan yang terjadi akibat beban tersebut tidak boleh melebihi batas yang diijinkan.

Terdapat dua bagian pondasi, yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*). Pondasi dangkal didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung, seperti : pondasi telapak, pondasi memanjang, dan pondasi rakit. Pondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras yang terletak relatif jauh dari permukaan, contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang pancang.

Program Staad Pro

Staad pro adalah salah satu program analisa struktur yang pada saat ini telah banyak dipakai diseluruh dunia. Staad menggunakan teknologi yang paling modern dalam rekayasa elemen hingga, dengan metode input data berbasis object oriented. Program ini dikembangkan oleh tim dengan pengalaman lebih dari dua puluh tahun riset yang diadakan di USA, Kanada, dan Eropa dalam merumuskan metode ini. Dengan ketepatan numeric dan efisiensi perhitungan, metode ini memberikan hasil yang lebih baik dari pada metode lain yang diketahui pada semua aplikasi rekayasa struktur.

Kelebihan yang sangat dominan yang dimiliki oleh Staad pro adalah kemudahan dalam penggunaannya. GUI (Graphical User Interface) dirancang sedemikian rupa agar user/pengguna lebih mudah menggunakan aplikasi program ini.

Metode Perhitungan Analisis Daya Dukung Tiang

Menurut Meyerhof

Menurut Meyerhof (1956), untuk menghitung daya dukung ultimit (Q_u) tiang pancang berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$Q_u = (q_c \times A_p) + (JHL \times K) - W_p$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas daya dukung tiang tunggal.

Q_c = Tahanan ujung bacaan sondir (kg/cm)

A_p = Luas penampang tiang (cm)

JHL = Jumlah hambatan lekat (kg/cm²)

K = Keliling tiang (cm)

W_p = Berat sendiri tiang (kg)

Menurut Terzaghi

Menurut Terzaghi daya dukung ultimit didefinisikan sebagai beban maksimum per

satuan luas dimana tanah masih dapat menopang beban mengalami keruntuhan. Pemikiran Terzaghi ini dinyatakan dengan persamaan:

$$Q_u = \frac{P_u}{A}$$

Dimana :

Q_u = daya dukung ultimit

P_u = beban ultimit

Menurut Metode Aoki dan De Alencar

Menggunakan Data Sondir

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang.

Q_b = Kapasitas tahanan di ujung tiang.

Q_s = Kapasitas tahanan kulit.

q_b = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas.

A_b = Luas di ujung tiang. f = Satuan tahanan kulit persatuan luas.

A_s = Luas kulit tiang pancang

Menurut Metode Vesic

Vesic (1977) menyarankan persamaan daya dukung untuk tiang pancang, yaitu:

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot \sigma_0 \cdot N^* \cdot \sigma$$

$$\sigma = \gamma \cdot z$$

$$\sigma_0 = \frac{\sigma_0 - z = 0 + \sigma'_0 - z = h}{2}$$

$$\frac{E_s}{P_a} = m$$

Dimana :

σ'_0 = Teg.efektif tanah rata-rata

γ = berat volume tanah (kN/m³)

z = Kedalaman tiang (m)

$N^* \cdot \sigma$ = Faktor kapasitas dukung tiang pancang vesic

E_s = Modulus Elastis tanah

m = 100-200 (Loose Soil),
200-500 (Medium Dense Soil)
200-500 (Dense Soil)

METODOLOGI PENELITIAN

Prosedur Penelitian

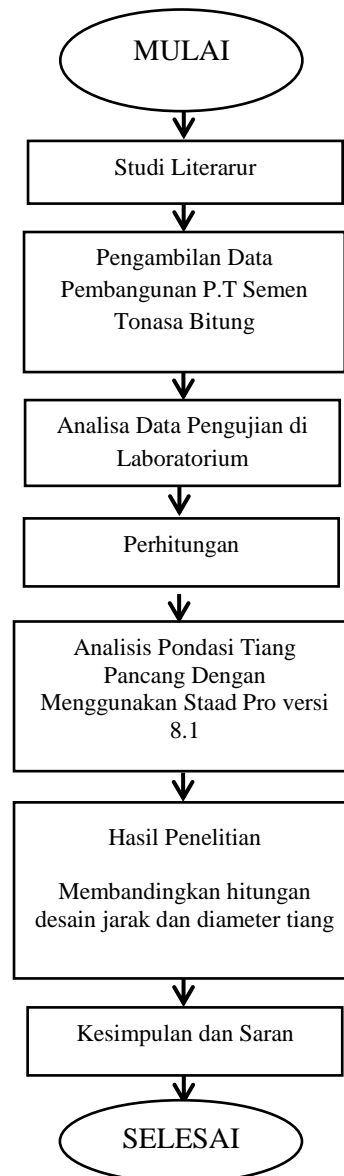
Metode dan tahap penelitian diawali dengan melakukan pengambilan data serta melakukan perencanaan kerangka.

Tahap Tahap Pelaksanaan Penelitian

Dalam Pelaksanaan Penelitian ini Disusun suatu lingkup perencanaan yang meliputi :

1. Studi pustaka, mencari bahan pustaka yang berkaitan dengan judul untuk menunjang penulisan.
2. Dimulai dengan mencari tempat, dimana akan dilakukan penelitian.
3. Pengambilan data sekunder.
4. Pengolahan data, yang dilakukan dengan program computer.
5. Selesai.

Diagram Alir Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Pemograman Staad Pro

Hasil yang didapatkan dari data yang telah dianalisis dengan menggunakan program aplikasi Staad Pro.

Hasilnya adalah sebagai berikut:

Total Pile Number N = 4

- Dimensi Kolom
Bentuk Kolom : Persegi Panjang
Panjang Kolom -x (pi) : 200 cm
Lebar Kolom -y (Pw) :200 cm
- Data Geometris Pile Cap
Panjang Pile Cap P_{CL} : 2500 m
Lebar Pile Cap P_{CW} : 2500 m
Ketebalan Tumpukan Pile Awal: 300 cm
- Data Geometris Tiang
Spasi Tiang P_s :1.500 m
Jarak Tepi Tiang e :0.500 m
Diameter Tiang d_p:0.500 m
- Kapasitas Tiang
Kapasitas Aksial :500.000 kN
Kapasitas Lateral:100.000kN
Kapasitas Tingkatan:300.000 kN
- Properti Material
Beton f'_c:25.000 kN/m²
Penguatan F_y:415.000 kN/m²
- Penutup Beton
Penutup Bawah CC_B :0.050 m
Sisi Penutup CCs :0.050 m
Tumpukan pile cap PCp :0.075 m
- Loading Applied at top of cap

Tabel 1. Desain Pile Arrangement

| Load Case | F _x (kN) | F _y (kN) | F _z (kN) | M _x (kNm) | M _y (kNm) | M _z (kNm) |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 01 ¹ | 1.303 | 48.923 | 0.135 | 0.225 | 0.000 | 3.558 |
| 01 ² | 1.824 | 68.492 | 0.189 | 0.315 | 0.000 | 4.982 |
| 02 ² | 1.563 | 58.708 | 0.162 | 0.270 | 0.000 | 4.270 |

Ukuran Pile Cap

Dalam Arah yang diinvestigasi,

$$M = 2.500 h$$

Dalam arah yang diteliti arah tegak lurus,

$$M = 2.500 b$$

Total Pile N = 5

- Dimensi Kolom
Bentuk Kolom : Rectangular
Panjang Kolom -x (pi) : 200 cm
Lebar Kolom -y (Pw) : 200 cm

- Pile Cap Geometrical Data
Panjang Pile cap P_{CL}: 2500 m
Lebar Pile cap P_{CW} : 3.598 m
Ketebalan Tumpukan Pile Awal : 300 cm
- Pile Geometrical Data
Spasi Tiang P_s :1.500 m
Jarak Tepi Tiang e :500 cm
Diameter Tiang d_p :500 cm
- Pile Capacities
Kapasitas Aksial :500.000 kN
Kapasitas Lateral :100.000 kN
Kapasitas Tingkatan :300.000 kN
- Material Properties
Beton f'_c :25.000 kN/m²
Penguatan F_y :415.000kN/m²
- Concrete Cover
Penutup Bawah CC_B:0.050 m
Sisi Penutup CCs :0.050 m
Tumpukan pile cap PCp :0.075 m
- Loading Applied at top of cap

Tabel 2. Desain Kalkulasi Pile Cap

| Load Case | F _x (kN) | F _y (kN) | F _z (kN) | M _x (kNm) | M _y (kNm) | M _z (kNm) |
|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 101 | 1.589 | -64.289 | 0.151 | 0.251 | 0.000 | -4.034 |
| 201 | 2.224 | -90.004 | 0.211 | 0.351 | 0.000 | -5.648 |
| 202 | 1.907 | -77.146 | 0.181 | 0.301 | 0.000 | -4.841 |

- Kalkulasi kekuatan
Panjang Maximum bar yang diijinkan: #25
Lebar Maximum bar yang diijinkan: #25
Momen lentur dibagian kritis : -39.889 kNm (panjang)
Momen lentur dibagian kritis :-37.654 kNm (lebar)
Ketebalan Tumpukan Cap: 0.266 m
Ukuran bar yang dipilih panjangnya: #12
Ukuran bar yang dipilih lebarnya :#12
Jarak bar yang dipilih panjangnya:341.14 mm
Jarak bar yang dipilih lebarnya : 341.14 mm.
- Ketebalan pile cap
Perhitungan ketebalan (t) :0.266 m
- Cek Moment (panjang)
Kasus beban kritis untuk ketebalan dilaporkan hanya jika ketebalan yang dibutuhkan lebih dari ketebalan minimum yang diberikan, Critical load case : 201
Kedalaman efektif = h_{cap} - (p_{id} + cc + 0.5 x d_b) : 0.135 m
Momen yang mengatur M_u :-39.889 kNm
$$\frac{Mu}{B d^2 x fcu} = 0.032$$

K <= 0.156

- Cek Moment (lebar)
Kasus beban kritis untuk ketebalan dilaporkan hanya jika ketebalan yang dibutuhkan lebih dari ketebalan minimum yang diberikan, Critical load case : 201

Kedalaman efektif = $h_{cap} - (p_{id} + cc + 0.5 \times d_b)$
:0.135 m

Momen yang mengatur M_u :-37.654 kNm

$$\frac{Mu}{B d^2 \times f_{cu}} = 0.030$$

$$K \leq 0.156$$

Tabel 3. Desain Gaya Geser

| Pile No. | Shear Force x_1-x_1 (kN) | Shear Force x_2-x_2 (kN) |
|----------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | -24.709 | 0.000 |
| 2 | -24.922 | 0.000 |
| 3 | 0.000 | -28.081 |
| 4 | 0.000 | -27.869 |
| TOTAL | -49.631 | -55.950 |

- Pemeriksaan satu Way Shear (panjang)

Desain gaya geser untuk aksi satu arah $V_u = -55.950$ kN

Rancang tegangan geser untuk aksi satu arah

$$V = \frac{V_u}{F_{Xd}} = -165.777 \text{ kN/m}^2$$

Tegangan geser yang diijinkan untuk satu arah

$$\text{Aksi } V_{C1} = \min(0.8 \sqrt{f_{cu}} \cdot 5) = 4000.000 \text{ kN/m}^2$$

Amati $V < V_{C1}$

Tabel 4. Desain Gaya Geser Untuk Satu Arah

| Pile No. | Moment along y_1-y_1 (kNm) | Moment along y_2-y_2 (kNm) |
|----------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | -17.468 | 0.000 |
| 2 | 0.000 | -17.629 |
| 3 | 0.000 | -20.025 |
| 4 | -19.864 | 0.000 |

Kekuatan Geser mempertimbangkan nilai parameter geser

$$V_1 = \min\left(\frac{100 A_s r_{ed}}{B D}, 3\right) = 0.256$$

$$V_2 = \max\left(\frac{400}{d}, 1\right) = 2.963$$

$$V_3 = \min\left(\frac{f_{cu} \cdot 40}{25}\right)^{\frac{1}{3}} = 1.000$$

Desain tegangan geser beton

$$V_c = \left\{ \frac{0.79 \times (V_1)^{\frac{1}{3}} \times (V_2)^{\frac{1}{4}} \times (V_3)}{1.25} \right\}$$

$$= 526.622 \text{ kN/m}^2$$

Panjang dilalui oleh geser

$$AV_x = \text{abs}(X_{min}) - 0.3dp - \frac{b}{2}$$

$$= 0.500 \text{ m}$$

As $av_x \Rightarrow 1.5$. efektif kedalaman (d)

$V < V_c$.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini ialah:

1. Untuk pembangunan silo, dari hasil desain menggunakan program staad pro ver.8i didapatkan data geometri pile, yaitu pile spacing = 1.5 m, jarak antara ujung pile 500 cm dengan diameter pile 500 cm.
2. Dari hasil analisa daya dukung pondasi tiang pancang grup dengan menggunakan program staad pro ver.8i, dengan jumlah 4 tiang dengan diameter 500 cm diperoleh daya dukung sebesar 300000 kN, kapasitas tiang pancang untuk beban axial sebesar 500 kN dan beban lateral sebesar 300 kN.

Saran

Hasil penelitian ini dapat dikembangkan menjadi acuan dalam perencanaan pondasi tiang pancang. Jika ada bangunan struktur yang sama untuk dianalisis dapat menjadi manual perhitungan untuk menganalisa dan mendesain hitungan jarak dan diameter tiang tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E, 1982. *Foundation and Analysis Design*, Third Edition, Mc Graw-Hill Book Company, Japan.
- Bowles, J. E, 1986. *Analisa dan Desain Pondasi*, Jilid 2, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Bowles, J. E., 1991. *Analisa dan Desain Pondasi*, Jilid 1, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta.

- Das, M. B., 1984, *Principles of Foundation Engineering*, Fourth Edition, Library of Congress Cataloging in Publication Data.
- Enden Mina, Rama Indera Kusuma, Tresnia Rahayu Wiansyah. 2016. *Analisa kapasitas dukung pondasi cement silo dengan menggunakan program geo5*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Hardiyatmo, H. C. 2010. *Teknik Pondasi 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 1996. *Teknik Pondasi 1*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2002. *Teknik Pondasi 2*, Edisi Kedua, Beta Offset, Yogyakarta.
- Sardjono, H. S., 1988. *Pondasi Tiang Pancang*, Jilid 1, Penerbit Sinar Jaya Wijaya, Surabaya.
- Sosrodarsono, S. dan Nakazawa, K., 1983. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Titi, H. H. and Farsakh, M. A. Y., 1999. *Evaluation of Bearing Capacity of Piles from Cone Penetration Test*, Louisiana Transportation Research Center.