

ANALISIS PENURUNAN DAN DAYA DUKUNG FONDASI KONSTRUKSI SARANG LABA-LABA PADA TANAH LUNAK

Mustofa Agung Santoso¹⁾ Niken Silmi Surjandari²⁾ Bambang Setiawan³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2) 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126. Telp: 0271-634524. Email: mustoagung@gmail.com

Abstract

Buildings on soft soil can not be supported by the foundation, so necessary reinforcement in the form of piles. There are several types of shallow foundation are the Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL), now also has a lot of foundation with pile reinforcement. One of the office buildings using the foundation of the which is located in the urban areas vulnerable to. The purpose of this bachelor theses to calculate the support of the foundation and a decline in a building that uses the foundation of KSSL with reinforcement the pole on the ground was formed upper. This research is used to provide an option in dealing with the bearing capacity and a settlement the foundation.

The method to calculate the resources to support the foundation before reinforcement using Terzaghi method (1943) while carrying capacity foundation after reinforcement using the U.S Army Corps. The method used to calculate the decline immediately before or after reinforcement is Janbu et al. (1956) while the method used to calculate the decline of primary consolidation is calculated on the condition of the consolidated was formed upper normal (normally your consolidated). An additional ground voltage is calculated using the Boussinesq equation

The results of the power analysis support ultimit foundation before reinforcement using empirical method of 581,045 kN/m² and after reinforcement of 7298,633 kN/m². The Settlement of foundation before reinforcement using the empirical method of 45,233 cm and after reinforcement of 4,965 cm. The building more be safe use KSSL reinforced with piles.

Key Words : konstruksi sarang laba-laba, pile reinforcement

Abstrak

Bangunan yang ada di atas tanah lunak tidak dapat didukung oleh fondasi, sehingga diperlukan perkuatan berupa tiang pancang. Ada beberapa jenis fondasi dangkal salah satunya Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSSL), saat ini juga sudah banyak fondasi yang diberi perkuatan berupa tiang pancang. Salah satu gedung perkantoran menggunakan fondasi KSSL yang berada di wilayah perkotaan yang rawan penurunan. Tujuan dari skripsi ini untuk menghitung daya dukung dan penurunan fondasi suatu bangunan yang menggunakan fondasi dengan maupun tanpa perkuatan tiang pancang pada tanah lempung. Penelitian ini digunakan untuk memberi pilihan dalam menanggapi daya dukung dan penurunan fondasi.

Metode untuk menghitung daya dukung fondasi sebelum perkuatan menggunakan metode Terzaghi (1943) sedangkan daya dukung fondasi setelah perkuatan menggunakan metode U.S Army Corps. Metode yang digunakan untuk menghitung penurunan segera sebelum perkuatan maupun setelah perkuatan adalah Janbu et al. (1956) sedangkan metode yang digunakan untuk menghitung penurunan konsolidasi primer dihitung pada kondisi lempung terkonsolidasi normal (*normally consolidated*). Tambahan tegangan tanah dihitung menggunakan persamaan Boussinesq.

Hasil analisis daya dukung ultimit fondasi KSSL sebelum perkuatan menggunakan metode empiris sebesar 581,045 kN/m² dan setelah perkuatan sebesar 7298,633 kN/m². Penurunan fondasi sebelum perkuatan menggunakan metode empiris sebesar 45,233 cm dan setelah perkuatan sebesar 4,965 cm. Gedung tersebut lebih aman menggunakan fondasi yang diperkuat dengan tiang pancang.

Kata Kunci : konstruksi sarang laba-laba, perkuatan tiang pancang.

PENDAHULUAN

Semua struktur bangunan yang ada di atas tanah didukung oleh sistem fondasi pada permukaan tanah. Fondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang dan beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya. Gedung tersebut menggunakan konstruksi fondasi yang jarang dipakai gedung-gedung bertingkat di wilayah perkotaan yang rawan penurunan yaitu fondasi konstruksi sarang laba-laba (KSSL), oleh karena itu dipasang tiang pancang dibawah fondasi KSSL. Sedangkan fungsi tiang pancang sebagai perkuatan dan memperbaiki daya dukung tanah sehingga penurunan fondasi dapat diminimalisir. Daya dukung dan penurunan dengan perkuatan dan tanpa perkuatan tiang pancang dihitung menggunakan metode empiris.

TINJAUAN PUSTAKA

Fondasi KSSL merupakan kombinasi konstruksi bangunan bawah konvensional yang merupakan perpaduan fondasi plat beton pipih menerus yang di bawahnya dikakukan oleh rib-rib tegak yang pipih tinggi dan sistem perbaikan tanah di antara rib-rib. Kombinasi ini menghasilkan kerja sama timbal balik yang saling menguntungkan sehingga membentuk sebuah fondasi yang memiliki kekakuan (*rigidity*) jauh lebih tinggi dibandingkan sistem fondasi dangkal lainnya kokoh (Asiyanto, 2009).

Perancangan Fondasi

Menurut Canonica (1991) tekanan tanah yang diijinkan σ (untuk fondasi telapak) dan beban yang diijinkan p (untuk fondasi dalam atau tiang pancang) ditentukan berdasarkan pada dua kondisi:

1. Daya dukung tanah harus tidak boleh terlampaui.
2. Penurunan (*settlement*) tidak boleh menyebabkan kerusakan pada bangunan.

Perencanaan tiang

1. Jumlah tiang

Untuk menentukan jumlah tiang yang akan dipasang didasarkan beban yang bekerja pada fondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, maka rumus yang dipakai sebagai berikut :

$$n = \frac{P}{Q_u} \dots\dots\dots [1]$$

dengan,

P = beban yang berkerja (kN)
 Q_u = daya dukung ijin tiang tunggal (kN)

2. Jarak tiang

Jarak antar tiang pancang didalam kelompok tiang sangat mempengaruhi perhitungan kapasitas dukung dari kelompok tiang tersebut. Kelompok tiang dalam memperhitungkan jarak antar tiang yang dipakai mengikuti peraturan-peraturan bangunan pada daerah masing-masing (Suryolelono, 1994).

3. Susunan tiang

Susunan tiang sangat berpengaruh terhadap luas denah *pile cap*, yang secara tidak langsung tergantung dari jarak tiang. Jarak tiang kurang teratur atau terlalu lebar, maka luas denah *pile cap* akan bertambah besar dan berakibat volume beton menjadi bertambah besar sehingga biaya konstruksi membengkak (Suryolelono, 1994).

Daya Dukung Fondasi Dangkal

Persamaan-persamaan daya dukung untuk beberapa bentuk fondasi, *Terzaghi* memberikan pengaruh faktor bentuk terhadap daya dukung ultimit yang didasarkan pada analisis fondasi empat persegi panjang sebagai berikut:

$$q_u = cN_c(1 + 0,3B/L) + p_oN_q + 0,5\gamma BN_\gamma(1 - 0,2B/L) \dots [2]$$

dengan,

q_u = kapasitas dukung ultimit (kN/m²)
 c = kohesi tanah (kN/m²)
 p_o = tekanan overburden pada dasar fondasi (kN/m²)
 γ = berat volume tanah (kN/m³)
 B = lebar atau diameter fondasi (m)
 L = panjang fondasi (m)
 N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas dukung yang nilainya didasarkan pada sudut gesek dalam (φ) dari tanah di bawah dasar fondasi

Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang

Besaran daya dukung ultimit neto tiang:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \dots\dots\dots [3]$$

dengan,

Q_u = daya dukung ultimit neto tiang tunggal (kN)
 Q_b = tahanan ujung ultimit (kN)
 Q_s = tahanan gesek ultimit (kN)
 W_p = berat tiang (kN)

Penurunan

Penuruna segera adalah penurunan yang dihasilkan oleh distorsi massa tanah yang tertekan dan terjadi pada volume konstan (Janbu at al, 1956), sebagai berikut:

$$S_i = \mu_1 \mu_0 \frac{qB}{E} \dots\dots\dots [4]$$

dengan,

S_i = penurunan segera (m)
 q = tekanan fondasi neto (kN/m²)
 B = lebar fondasi empat persegi panjang atau diameter lingkaran (m)
 E = modulus elastis tanah
 μ_1 = faktor koreksi untuk lapisan tanah dengan tebal terbatas H
 μ_0 = faktor koreksi untuk kedalaman fondasi D_f

Penurunan konsolidasi primer dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$S_c = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H = \frac{e_1 - e_0}{1 + e_0} H \dots\dots\dots [5]$$

dengan,

- Δe = perubahan angka pori akibat pembebanan
- e_0 = angka pori awal
- e_1 = angka pori saat berakhirnya konsolidasi
- H = tebal lapisan tanah yang ditinjau

Untuk lempung terkonsolidasi normal (*normally consolidated*), yaitu jika $p_0' = p_c'$ perubahan angka pori (Δe) akibat konsolidasi dinyatakan oleh:

$$\Delta e = C_c \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_0'} \dots\dots\dots [6]$$

dengan,

- Δe = perubahan angka pori akibat pembebanan
- C_c = indeks pemampatan
- p_0' = tekanan overburden efektif
- Δp = selisih tekanan

METODE

Metode yang digunakan adalah metode empiris. Metode tersebut digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi dan penurunan pada saat setelah diperkuat maupun tanpa perkuatan

- Daya dukung fondasi
Metode untuk menghitung daya dukung fondasi sebelum perkuatan menggunakan metode (*Terzaghi, 1943*), sedangkan daya dukung fondasi setelah perkuatan menggunakan (*U.S Army Corps, 1991*) walaupun dalam analisis empiris data sekunder digunakan sangat terbatas.

- Penurunan
Terdapat dua penurunan yang dihitung yaitu penurunan segera dan penurunan konsolidasi primer. Metode yang digunakan untuk menghitung penurunan segera sebelum perkuatan maupun setelah perkuatan adalah (*Janbu et al, 1956*) sedangkan metode yang digunakan untuk menghitung penurunan konsolidasi primer dihitung pada kondisi lempung terkonsolidasi normal (*normally consolidated*). Tambahan tegangan tanah dihitung menggunakan persamaan (*Boussinesq, 1885*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil analisis menggunakan metode elemen hingga (Plaxis 2D) keduanya menghasilkan daya dukung fondasi dan penurunan (lihat Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis daya dukung dan penurunan fondasi

Metode	Sebelum Perkuatan		Setelah Perkuatan	
	q_u (kN/m ²)	S (cm)	q_u (kN/m ²)	S (cm)
Manual	581,045	45,233	7298,633	4,965

Pembahasan

Hasil perhitungan metode empiris didapat tiang pancang memberikan pengaruh yang besar pada daya dukung dan memperkecil penurunan fondasi. Pengaruh tiang pancang selain sebagai penyalur beban dari struktur atas ke lapisan tanah keras, tiang pancang memberikan pengaruh terhadap daya dukung dan penurunan fondasi.

- **Daya dukung fondasi**
Fondasi tanpa perkuatan tiang pancang daya dukung hanya terjadi pada bagian bawah permukaan fondasi, sehingga pada fondasi tersebut terjadi geser umum pada ujung permukaan fondasi seperti pada Gambar 2.3. Fondasi yang diperkuat dengan tiang pancang daya dukungnya tidak hanya terjadi pada ujung tiang tetapi berpengaruh pada sekeliling tiang, sehingga gaya gesek tiang pancang dengan tanah terjadi tidak hanya pada ujung tiang tetapi sepanjang kedalaman dari tiang pancang seperti pada Gambar 2.7. Jarak antar tiang juga mempunyai peranan sebagai salah satu penyalur besaran daya dukung fondasi. Jarak antar tiang yang terlalu dekat dapat menyebabkan keruntuhan lokal, sedangkan jika jarak terlalu jauh maka biaya da-

lam pengerjaan *pile cap* akan semakin mahal. Perhitungan jarak antar tiang ini diperlukan efisiensi tiang dalam perencanaan agar dalam perencanaan jarak antar tiang tidak terlalu dekat atau terlalu jauh seperti pada Tabel 4.3

• Penurunan fondasi

Penggunaan tiang kelompok untuk satu beban ditahan oleh dua atau lebih tiang dapat mereduksi penurunan sehingga beban yang berada diatas di salurkan pada beberapa tiang. Beban yang salurkan ditahan oleh jumlah tiang yang mendukung seperti pada Gambar 2.5.

Tiang gesek mendistribusikan gelembung tekanan yang membentuk tumpang tindih, sehingga pada gelembung imajiner tersebut tiang pancang saling mendukung satu sama lain seperti Gambar 2.8. Jarak pemasangan tiang pancang sangat berpengaruh terhadap besar kecilnya penurunan.

Kedalaman tiang pancang berpengaruh pada penurunan maupun daya dukung. Kedalaman tiang pancang dapat memperpanjang jangkauan tiang gesek sebagai anker sehingga dapat memperbesar daya dukung fondasi pada Gambar 2.4. Tiang pancang yang dipasang semakin dalam diharapkan mendapat lapisan tanah keras pada ujung tiang sehingga dapat mengurangi penurunan yang terjadi.

Analisis menggunakan rumus empiris mempunyai kekurangan yaitu dalam perhitungan rib horizontal, vertikal maupun diagonal tidak masuk dalam hitungan empiris, karena didalam rumus pendekatan rib-rib tersebut tidak ada, sedangkan rib-rib tersebut seharusnya dapat memperkecil penurunan karena fondasi dianggap komposit.

Tanah yang dipakai sebagai pengisi fondasi ini pada dasarnya dipadatkan, akan tetapi pada rumus empiris tanah yang dipadatkan tidak dihitung sehingga pada analisis tanah yang dipakai diasumsikan dalam keadaan sama. Tanah yang dipadatkan seharusnya dapat mempengaruhi besarnya penurunan yang terjadi pada fondasi tersebut.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Daya dukung ultimit fondasi KSSL sebelum perkuatan menggunakan metode *Terzaghi* (1943) sebesar 581,045 kN/m² dan setelah perkuatan menggunakan metode *Converse-Labarre formula* (1986) sebesar 7298,633 kN/m².
2. Penurunan fondasi sebelum perkuatan tiang pancang menggunakan metode Janbu at al (1956) sebesar 12,552 cm dan konsolidasi primer sebesar 32.681cm sehingga penurunan total sebesar 45,233 cm.
3. Penurunan fondasi setelah diberi perkuatan tiang pancang menggunakan metode Janbu at al (1956) sebesar 1,663 cm dan konsolidasi primer sebesar 3,302 cm sehingga penurunan total sebesar 4,965 cm.
4. Pengaruh tiang pancang terhadap daya dukung di pengaruhi oleh dalam penyaluran, tidak terjadi geser lokal, tiang pancang dapat membagi persebaran beban terhadap jumlah tiang pancang yang ada di dalam tanah.
5. Pengaruh tiang pancang terhadap penurunan dipengaruhi oleh distribusi tekanan yang berada disekeliling tiang, jumlah tiang dan distribusi tekanan tiang, dan kedalaman tiang pancang.

SARAN

1. Diperlukan rumus yang lebih detail untuk rib pembagi maupun rib *settlement*.
2. Diperlukan rumus terhadap tanah yang dipadatkan sebagai pengisi fondasi.
3. Diperlukan pemodelan dalam bentuk plaxis 3D agar rib horizontal maupun vertikal dapat dimodelkan dan hasil lebih mendetail.
4. Hasil yang didapat saat ini masih terbatas sehingga hasil grafik berbentuk linier, diperlukan perhitungan yang lebih dengan parameter yang berbeda sehingga didapat grafik yang lebih baik..

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam penyusunan laporan ini, penyusun telah menerima bantuan, petunjuk, bimbingan dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu sudah sepantasnya penyusun mengucapkan terima kasih kepada Wibowo, S.T., D.E.A. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta. Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah memberikan arahan dan petunjuknya. Dr. Bambang Setiawan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah memberikan arahan dan petunjuknya. Ir. Sunarmasto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktek yang telah memberikan arahan dan petunjuknya. Edy Purwanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selama ini telah memberikan bimbingannya. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng., Muchyidin, S.T. dan Ika Fitri, S.T. selaku Dosen dan Laboran di Laboratorium Mekanika Tanah SV UGM yang telah membantu memberi data sekunder dan masukan. Tita Maya Bella dan Jermy Iwada S. G. selaku teman yang telah berjuang bersama dan saling membantu. Mama, papa, adik, dan kakak selaku keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan serta arahan selama ini. Keluarga besar "Teknik Sipil Non-Reg 2014" yang telah menemani perjalanan penulis selama kuliah ini.

REFERENSI

- A. Achmad, R., dkk., 2007. *Analisa Perbandingan Penggunaan Pondasi Tiang Pancang Dengan Pondasi Sarang Laba-Laba Dilihat Dari Segi Teknis dan Ekonomis Pada Proyek Pembangunan Hotel Ibis Semarang*. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Asiyanto, 2009. *Metode Konstruksi untuk Pelaksanaan Pondasi*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Bella, T., M., 2014. *Analisis Settlement Konstruksi Sarang Laba-Laba Proyek Pembangunan Gedung BNI 46 Jl. Dr. Cipto Semarang Dengan Perkuatan Minipile Beton Menggunakan Software Plaxis Versi 8.2*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Canonica, 1991. *Memahami Pondasi*. Bandung: Angkasa.
- Hardiyatmo, H., C., 2002. *Teknik Fondasi 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H., C., 2002. *Teknik Fondasi 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H., C., 2007. *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H., C., 2011. *Analisa dan Perancangan Fondasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haryono, R., S., C., dkk., 2007. *Analisis Penggunaan Struktur Pondasi Sarang Laba-Laba Pada Gedung BNI 46 Wilayah 05 Semarang*. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Kasturi, S., dkk., 2013. *Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Padang, D., W., V., 2012. *Analisis Penurunan Bangunan BNI 46 Semarang Dengan Perkuatan Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Jack-in Pile Menggunakan Pemrograman Plaxis Versi 8.2*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Purwanto, S., S., 2012. *Konstruksi Sarang Laba-Laba Atas Tanah Daya Dukung Rendah Bangunan Bertingkat Tanggung*. Skripsi. Palembang: Universitas Palembang.
- Soedarsono, 1984. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi Jilid II*. Jakarta: PT. Dainippon Gitakarya.
- Soeharno, B., Y., 2012. *Analisis Settlement Dengan Pemrograman Plaxis Versi 8.2 Pada Bangunan Bank Negara Indonesia (BNI) 46 Kantor Wilayah 05 Semarang*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Suryolelono, K., B., 1994. *Teknik Fondasi Bagian II*. Yogyakarta: Nafiri.
- Teng, W., C., 1962. *Foundation Design*. New York: The Thirteenth Indian Reprint.
- Wesley, L.D., 1988. *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.