

ANALISIS KAPASITAS DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI KONSTRUKSI SARANG LABA-LABA DENGAN PERKUATAN GEOTEXTILE WOVEN PADA TANAH LUNAK

Niken Silmi Surjandari¹⁾ Bambang Setiawan²⁾ Jermy Iwada Sawato Gea³⁾

³⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{1) 2)} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

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

Abstract

Spider web construction (KSLL) is shallow foundation which very effective to use for a building at soft soil. This research simulate an office building with 5 floors which using KSLL and additional reinforcement of woven geotextile layer varians. The purpose of this research is to know the influence of reinforcement at bearing capacity and immediate settlement foundation.

This research simulate 2 conditions, there are the condition before the reinforcement addicted and after it addicted. The condition before reinforcement use 2 methods, there are finite element method and empiric equation. The condition after reinforcement only use the finite element method. The empiric equation which used is an equation which approach to the raft foundation, this equation have used in the order research before. The finite element method which used to calculate the soil parameters use soft soil creep dan mohr coulomb modeling type.

The result of this research are ultimate bearing capacity and immediate settlement which happening at the foundation. Bearing capacity is 635,96 kN/m² and the settlement is 13,43 cm at the condition before adding reinforcement. Condition after adding 1 layer reinforcement with 1 meter distance from the base of foundation has 1474,412 kN/m² of bearing capacity and 2,788 cm immediate settlement. At 2 layers reinforcement with 1 meter and 0,75 meter of distances from base of foundation, has 1698,278 kN/m² of bearing capacity and 1,961 cm of immediate settlement. The simulation show the big influence of reinforcement in spider web foundation at soft soil.

Keywords: Spider web foundation, Bearing capacity, Settlement, Finite element method, Woven geotextile

Abstrak

Pondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSLL) adalah pondasi dangkal yang tepat digunakan untuk bangunan yang berada pada tanah lempung. Penelitian ini mensimulasikan suatu gedung perkantoran 5 lantai yang menggunakan KSLL yang diperkuat dengan variasi jumlah lembar perkuatan geotekstil woven. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perkuatan terhadap kapasitas dukung dan penurunan pondasi tersebut.

Penelitian ini menganalisis pada 2 kondisi, yaitu kondisi sebelum perkuatan dan setelah perkuatan. Kondisi sebelum perkuatan menggunakan 2 metode, metode elemen hingga dan rumus empiris. Kondisi setelah penambahan perkuatan hanya menggunakan metode elemen hingga. Rumus empiris yang digunakan adalah rumus pendekatan pondasi rakit yang telah banyak digunakan pada penelitian sebelumnya. Metode elemen hingga yang digunakan untuk menganalisis parameter tanah menggunakan tipe model analisis *Soft Soil Creep* dan *Mohr Coulomb*.

Hasil analisis dari penelitian ini adalah kapasitas dukung dan penurunan segera yang terjadi pada pondasi. Kapasitas dukung adalah 635,96 kN/m² dan penurunan 13,43 cm pada kondisi sebelum perkuatan. Kondisi setelah perkuatan dengan 1 lembar perkuatan dengan jarak 1 meter dari dasar pondasi memiliki kapasitas dukung 1474,412 kN/m² dan penurunan segera 2,788 cm. Pada perkuatan 2 lembar dengan jarak 1 meter dan 0,75 meter dari dasar pondasi menghasilkan kapasitas dukung 1698,278 kN/m² dan nilai penurunan segera 1,961 cm. Simulasi ini menunjukkan pengaruh besar penggunaan perkuatan pada pondasi KSLL di tanah lunak.

Kata Kunci : Pondasi konstruksi sarang laba-laba, Kapasitas dukung, Penurunan, Metode elemen hingga., Geotekstil woven

PENDAHULUAN

Pembangunan gedung ditemukan banyak permasalahan, salah satunya adalah terjadinya penurunan (*settlement*) yang melampaui batas aman penurunan ijin gedung.

Aplikasi bahan perkuatan tambahan pada pondasi dangkal, seperti pondasi KSLL yang sering digunakan adalah *geotextile*. *Geotextile* adalah lembaran polyester yang memiliki karakteristik, seperti: mempunyai kuat tarik (*tensile strength*) yang tinggi, ekonomis, mudah dipasang dan ramah lingkungan. *Geotextile* sudah diakui, dipergunakan, dan distandarisasi baik secara nasional dan internasional. *Geotextile* diklasifikasikan dalam beberapa jenis, tiap jenis memiliki fungsi kelebihan dan kekurangan. Penelitian ini dilakukan analisis nilai kapasitas dukung dan penurunan pondasi KSLL dengan perkuatan *geotextile* woven yang terletak pada tanah lempung lunak.

Metode analisis nilai kapasitas dukung dan penurunan yang digunakan adalah metode elemen hingga yang dibantu dengan *software* geoteknik Plaxis v.8.2

TINJAUAN PUSTAKA

Asiyanto (2009) menjelaskan, pondasi KSLL adalah merupakan sistem pondasi substruktur yang kokoh, serta dapat menghemat biaya struktur bangunan bawah kurang lebih antara 30% sampai 50%. Sistem pondasi ini, yang sering disingkat dengan KSLL. Ciri khusus sistem ini adalah memanfaatkan tanah sebagai bagian dari struktur pondasi. Struktur pondasi sa-

rang laba-laba, terdiri dari pelat beton menerus yang ditopang oleh dinding-dinding tipis dari beton, di mana ruang antar dinding diisi dengan tanah yang di padatkan.

Zaika (2010), menjelaskan bahwa *geotextile* adalah satu-satunya perkuatan yang masuk dalam golongan *extensible* (dapat memanjang). Perkuatan ini mempunyai modulus yang jauh lebih tinggi dibanding dengan tanah, sehingga mampu menahan deformasi tanah dan menaikkan kapasitas dukung pondasi. Keberadaan perkuatan *geotextile* ini dapat menaikkan nilai kohesi tanah.

Kapasitas Dukung Pondasi

Kapasitas dukung ultimit (*ultimit bearing capacity*) didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas di mana tanah masih dapat mendukung beban tanpa mengalami keruntuhan. Perancangan pondasi harus memenuhi persyaratan aman terhadap bahaya penurunan bangunan, oleh karena itu kapasitas dukung tanah sangat menentukan stabilitas bangunan.

Hardiyatmo (2011), menjelaskan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi dalam perancangan pondasi adalah:

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah harus dipenuhi. Kapasitas dukung, umumnya digunakan faktor aman 3
2. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan. Khususnya penurunan yang tak seragam (*differential settlement*) harus tidak mengakibatkan kerusakan pada struktur.

Penurunan

Janbui,dkk. (1956) menjelaskan jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga pori/air di dalam tanah tersebut. Jumlah dari regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanah. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunansegera dan penurunan konsolidasi. Penurunan segera dan konsolidasi terjadi hampir bersamaan pada tanah berbutir kasar. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) terjadi pada tanah berbutir halus memerlukan waktu, yang lama.

Skempton dan MacDonald (1995) menyarankan batas-batas penurunan maksimum seperti yang disajikan pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Batas Penurunan Maksimum (*Skempton dan MacDonald, 1955*)

Jenis Pondasi	Batas Penurunan Maksimum (mm)
Pondasi terpisah pada tanah lempung	65
Pondasi terpisah pada tanah pasir	40
Pondasi rakit pada tanah lempung	65-100
Pondasi rakit pada tanah pasir	40-65

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menganalisis pada 2 kondisi, yaitu kondisi sebelum perkuatan dan setelah penambahan perkuatan. Kondisi sebelum perkuatan menggunakan 2 metode, metode elemen hingga yang dibantu dengan *software* Plaxis 2D dan metode rumus empiris. Kondisi setelah penambahan perkuatan hanya menggunakan metode elemen hingga. Rumus empiris yang digunakan adalah rumus pendekatan pondasi rakit yang telah banyak digunakan pada penelitian sebelumnya. Metode elemen hingga yang digunakan untuk menganalisis parameter tanah menggunakan tipe model analisis *Soft Soil Creep* dan *Mohr Coloumb*.

1. Metode elemen hingga

Elemen adalah susunan materi yang mempunyai bentuk relatif teratur. Elemen ini akan mempunyai sifat-sifat tertentu yang tergantung kepada bentuk fisik dan materi penyusunnya. Bentuk fisik dan materi penyusun elemen tersebut akan menggambarkan totalitas dari elemen tersebut. Totalitas sifat elemen inilah yang disebut dengan kekakuan elemen. Jika diperinci maka sebuah struktur mempunyai modulus elastis (E), modulus geser (G), luas penampang (A), panjang (L) dan inersia (I). Dalam penelitian ini analisis metode elemen hingga menggunakan bantuan *software* Plaxis 2D, dengan menggunakan 2 permdelan

- a. Model *Soft Soil Creep* diaplikasikan untuk material tanah sangat lunak sampai dengan lunak. Model material ini merupakan model yang paling kompleks yang diaplikasikan dalam analisis ini. Dalam model ini selain diperlukan input *strength* parameter seperti nilai kohesi dan sudut geser dalam juga diperlukan *input* parameter kompresi yang di dapatkan dari hasil uji konsolidasi laboratorium. Material ini juga mengakomodir proses terjadinya rangkakan/*creep* yang umum terjadi pada tanah organik.
- b. Model *Mohr-Coulomb* diaplikasikan untuk material tanah medium sampai padat. Pada model ini parameter yang diinputkan berupa parameter *strength* seperti kohesi dan sudut geser dalam, nilai modulus tanah dan angka *Poisson's*. Model *linier elastic* diaplikasikan untuk material struktur rib sarang laba-laba maupun pelatnya. Pada model ini parameter yang perlu diinputkan berupa geometri penampang, momen inersia pada sumbu lemah dan sumbu kuat, modulus elastisitas, berat jenis material, dan angka *Poisson's*.

2. Metode empiris

a. Kapasitas dukung

Persamaan umum kapasitas dukung yang digunakan pada penelitian ini adalah persamaan *Terzaghi* menurut bentuk pondasi persegi panjang. Persamaan dapat dilihat pada persamaan 1.

$$Q_u = C \cdot N_c \cdot (1 + 0,3B/L) + P_o \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot (1 - 0,2B/L) \quad (1)$$

dengan,

Q_u = kapasitas dukung ultimit (kN/m²)

C = kohesi (kN/m²)

D_f = kedalaman pondasi (m)

γ = berat volume tanah yang dipertimbangkan terhadap kedudukan muka air tanah (kN/m³)

$P_o = D_f \times \gamma$ = tekanan overburden pada dasar pondasi (kN/m²)

N_γ, N_c, N_q = faktor kapasitas dukung *Terzaghi*

B = lebar atau diameter pondasi (m)

L = panjang pondasi (m)

b. Penurunan segera

Rumus penurunan seketika/Immediately Settlement dikembangkan berdasarkan teori elastis dari *Timoshenko* dan *Goodier* (1951), disajikan pada persamaan (2)

$$S_i = q \cdot B \cdot (1 - \mu^2) / E_s I_w \quad (2)$$

dengan,

q = besarnya tegangan kontak (kg/cm³)

B = lebar pondasi (m)

I_w = faktor pengaruh yang tergantung dari bentuk pondasi dan kekakuan pondasi

μ = angka poisson ratio

E_s = sifat elastisitas tanah (kg/cm²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis dari penelitian ini adalah kapasitas dukung dan penurunan segera yang terjadi pada pondasi. Kapasitas dukung adalah 635,96 kN/m² dan penurunan 13,43 cm pada kondisi sebelum perkuatan. Kondisi setelah perkuatan dengan 1 lembar perkuatan dengan jarak 1 meter dari dasar pondasi memiliki kapasitas dukung 1474,412 kN/m² dan penurunan segera 2,788 cm. Pada perkuatan 2 lembar dengan jarak 1 meter dan 0,75 meter dari dasar pondasi menghasilkan kapasitas dukung 1698,278 kN/m² dan nilai penurunan segera 1,961 cm. Simulasi ini menunjukkan pengaruh besar penggunaan perkuatan pada pondasi KSSL di tanah lunak.

Rekapitulasi Hasil Perhitungan dan Analisis

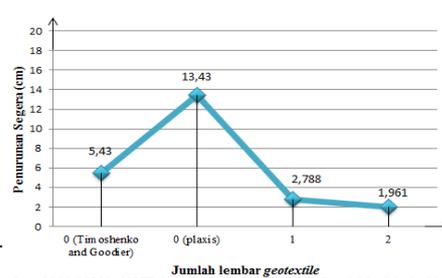
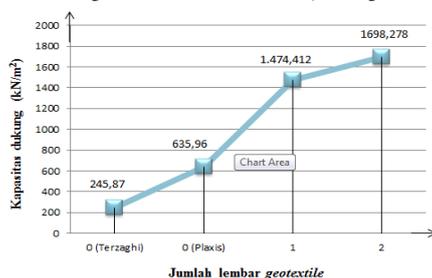
Hasil perhitungan dan analisis menggunakan kapasitas dukung pondasi dan penurunan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan dan Analisis Kapasitas Dukung Pondasi dan Penurunan

Tinjauan Analisis	Metode	Jumlah lembar perkuatan	Nilai	Satuan	% perubahan akibat perkuatan
Kapasitas Dukung Ultimit (Q_u)	Terzaghi	0	245.87	kN/m ²	-
	Elemen	0	635.96		-
	Hingga	1	1,474.412		141.377
	Hingga	2	1,698.2780		179.125
Penurunan Segera (S_i)	Terzaghi	0	5.43	cm	-
	Elemen	0	13.430		-
	Hingga	1	2.788		381.707
	Hingga	2	1.961		584.855

Pembahasan

Pada penelitian ini yang akan dibahas adalah hasil analisis menggunakan metode elemen hingga, untuk metode empiris hanya dapat dilakukan pada kondisi sebelum perkuatan. Kondisi setelah perkuatan geotekstil harus dihitung melalui percobaan fisik di laboratorium. Adapun hasil analisis disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1. Grafik Hasil analisis perubahan kapasitas dukung dan penurunan terhadap jumlah lembar *geotextile*

Hasil tersebut menunjukkan semakin besar kapasitas dukung ultimit yang diperoleh, maka penurunan juga semakin kecil. Dapat disimpulkan perbedaan hasil perhitungan disebabkan beberapa faktor antara lain:

- Kapasitas dukung yang diperoleh dalam analisis dengan penggunaan metode elemen hingga dengan bantuan *software plaxis* lebih besar nilainya karena pengaruh parameter input lebih akurat.
- Pengaruh perkuatan yang dapat menahan deformasi tanah, sehingga nilai penurunan menjadi lebih kecil.
- Pengaruh jumlah variasi perkuatan meaikkan nilai kapasitas dukung dan menurunkan nilai penurunan

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Metode empiris hanya dapat menghitung nilai kapasitas dukung dan penurunan pondasi KSSL pada kondisi sebelum perkuatan, untuk menghitung kondisi perkuatan geotextile harus menggunakan uji fisik dilaboratorium.
- Kapasitas dukung tanpa perkuatan dihitung menggunakan metode Terzaghi dengan $245,87 \text{ kN/m}^2$. Nilai penurunan pondasi adalah $5,43 \text{ cm}$
- Kapasitas dukung ultimit pondasi tanpa perkuatan dihitung menggunakan metode elemen hingga dengan hasil $635,96 \text{ kN/m}^2$ dan penurunan pondasi adalah $13,43 \text{ cm}$
- Penggunaan perkuatan 1 lapis perkuatan geotekstil woven jarak 1 meter dari dasar pondasi, dihitung menggunakan metode elemen hingga, kapasitas dukung adalah $1474,412 \text{ kN/m}^2$, penurunan pondasi adalah $2,788 \text{ cm}$
- Kapasitas dukung ultimit pondasi yang menggunakan perkuatan 2 lapis geotekstil woven jarak 1 meter dan $0,75 \text{ meter}$ dari dasar pondasi, dengan metode elemen hingga menghasilkan $1698,278 \text{ kN/m}^2$ untuk kapasitas dukung dan penurunan pondasi adalah $1,961 \text{ cm}$

SARAN

- Penelitian menggunakan rumus pendekatan yang memperhitungkan pengaruh rib terhadap perubahan kapasitas dukung dan penurunan,
- Penelitian model fisik untuk mengetahui pengaruh perkuatan dan optimasi dari variasi geotekstle,
- Penelitian meninjau pengaruh M.A.T. terhadap hitungan,
- Analisis yang lebih akurat, pemodelan pondasi secara keseluruhan dalam bentuk Plaxis 3D agar mencakup parameter yang lebih lengkap, sehingga hasil yang diperoleh lebih maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

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 Prodi 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. Mustofa Agung S dan Tita Maya Bella. 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 Romela, Firmandita Doni S., 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.
- Adiyono, 2008. *Menghitung Konstruksi Beton*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Asiyanto, 2009. *Metode Konstruksi untuk Pelaksanaan Pondasi*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Bella, Tita Maya, 2012. *Aplikasi Software Teknik Sipil*. Laporan Akhir. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Bella, Tita Maya, 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, Lucio, 1991. *Memahami Pondasi*. Bandung: Angkasa.

- Cesaria, Intan., 2014. *Pelaksanaan Pemancangan Pondasi Tiang Pancang Metode Jack-In Pile Pada Perkuatan Fondasi Konstruksi Sarang Laba-Laba (KSL) Bangunan BNI 46 Wilayah 05 Semarang*. Tugas Akhir. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2002. *Teknik Fondasi 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2007. *Mekanika Tanah 2*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady, 2011. *Analisa dan Perancangan Fondasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haryono, Ratna Sari Cipto, Tirta Rahman Maulana., 2007. *Analisis Penggunaan Struktur Pondasi Sarang Laba-Laba Pada Gedung BNI 46 Wilayah 05 Semarang*. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro.
- HS, Sarjono, 2000. *Pondasi Tiang Pancang Jilid 1*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Irdhiani., 2007. *Analisis Deformasi Dua Dimensi Pada Raft Footing di Atas Tanah Lunak Akibat Beban Bangunan Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Palu: Universitas Tadulako.
- Kasturi, Silvia, Rudi Iskandar., 2013. *Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga*. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Mulyati, Emi, Yeni Indriastuti., 2006. *Kajian Penurunan dan Daya Dukung Pondasi Terapung (Floating Foundation) Pada Tanah Lunak*. Tugas Akhir. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Padang, Deasy Winda Verawaty, 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.
- Soeharno, Bayu Yulianto, 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.
- Subarkah, Iman, 1986. *Teknik Pondasi*. Bandung: Idea Darma.
- Teng, Wayne C., 1962. *Foundation Design*. New York: The Thirteenth Indian Reprint.