

PERILAKU TANAH EXPANSIF TERHADAP DAYA DUKUNG

Fabian J. Manoppo

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi

ABSTRACT

The important things in design of structural engineering problems such as building is foundation. Some soil problems were found in design of foundation. One of the problem is foundation buried in expansive soils. Some methods were suggested to solve these problems such as soil stabilization or computed the heave of expansive soils. In order to reduce the heave caused of expansive soil, the pressure from the above soil should be increased while controlled the settlement of foundation. This analysis was computed the bearing capacity of shallow foundation cause of expansive soil and how to control the heave. The result was shown that if the pressure from the above increased then the heave will be decreased and the cohesion of soil increased the heave was decreased too.

Keywords; Bearing capacity, the heave, shallow foundation, expansive soil.

ABSTRAK

Dalam mendesain pondasi suatu struktur bangunan teknik sipil seperti gedung bertingkat hal yang paling penting harus diketahui dan dianalisa adalah kondisi tanah. Ada beberapa permasalahan jenis tanah yang bisa dijumpai dilapangan salah satunya adalah tanah ekspansif. Terdapat beberapa metode desain jika pondasi berada di tanah ekspansif antara lain dengan melakukan stabilisasi tanah atau mendesain pondasi dengan memperhitungkan besarnya gaya ekspansif atau gaya desakan keatas (heave) yang dapat menyebabkan kerusakan pada lantai atau terjadi penurunan yang tidak homogen. Untuk memperkecil terjadinya desakan tanah keatas harus diimbangi dengan tekanan dari atas yang besar, akan tetapi tekanan ini harus dapat dipikul oleh pondasi telapak dan tidak menimbulkan penurunan pondasi (settlement). Dalam analisa ini akan dihitung daya dukung pondasi dangkal yaitu pondasi telapak yang dipengaruhi oleh tekanan dari atas dan tekanan muai dimana tekanan muai yang besar dapat mengakibatkan desakan keatas menjadi semakin besar sebaliknya kohesi tanah yang besar akan meningkatkan daya dukung pondasi telapak dan memperkecil terjadinya desakan ke atas. Hasil perhitungan menunjukkan jika tekanan dari atas semakin besar maka daya desakan keatas (heave) akan menjadi kecil demikian juga kohesi tanah semakin besar maka daya desakan keatas (heave) menjadi lebih kecil.

Kata kunci : Daya dukung, desakan tanah keatas , pondasi dangkal, tanah ekspansif

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian konstruksi yang cukup penting, karena menjadi perantara bagi bangunan atas dengan tanah. Pondasi berfungsi meneruskan beban yang diterimanya kedalam tanah. Apabila kita mendirikan suatu konstruksi bangunan diatas lapisan tanah ekspansif yaitu tanah yang mengalami perubahan volume akibat perubahan kadar air. Tanah ini akan memuai (*swelling*) bila kadar airnya bertambah dan menyusut (*shrinking*) bila kadar airnya

berkurang. Pondasi telapak yang berada diatas lapisan tanah ekspansif yang dalam keadaan memuai menyebabkan tanah disekelilingnya mengalami desakan keatas. Besarnya desakan tanah keatas harus diperhitungkan karena dapat menimbulkan keretakan pada struktur lantai dan kerusakan pada struktur atas. Jadi dalam analisa perhitungan pondasi dangkal dalam hal ini dicoba pada pondasi telapak tidak dihitung pengaruh penurunan pada pondasi akibat pemuaian yang terjadi pada tanah ekspansif melainkan hanya dihitung besarnya tekanan atau desakan tanah ekspansif.

Maksud dan Tujuan

Pondasi telapak yang berada diatas lapisan tanah ekspansif yang dalam keadaan memuai menyebabkan tanah di sekelilingnya mengalami desakan keatas. Sifat ekspansif ini menyebabkan perubahan dalam struktur tanah yang mengganggu keseimbangan tegangan tegangan dalam. Penelitian ini bermaksud untuk menghitung besarnya desakan tanah (*heave*) dengan mendapatkan hubungan antara pengaruh tekanan yang mampu dipikul oleh pondasi, pengaruh tekanan muai dan kohesi tanah.

Pembatasan Masalah

Penelitian ini hanya membahas tentang desakan tanah yang terjadi berdasarkan metode analisa yang digunakan dengan memakai uji laboratorium dengan batasan batasan sebagai berikut :

- Bentuk pondasi dangkal adalah pondasi telapak persegi panjang
- Pengaruh ekspansif yang ditinjau hanya akibat pemuai tanah dan tidak ditinjau terhadap penurunan pondasi
- Tanah dianggap homogen
- Sifat-sifat kimia tanah lempung ekspansif tidak dibahas lebih lanjut

Metode Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada teori-teori yang telah diberikan oleh para ahli geoteknik, sehingga bersifat studi literatur.

Dalam menghitung daya dukung pondasi telapak persegi panjang digunakan rumus Terzaghi, selanjutnya untuk menghitung besarnya desakan tanah keatas (*heave*) akibat pemuai tanah digunakan rumus untuk tanah ekspansif. Dari rumus tersebut dibuat suatu

variasi hubungan antara tekanan muai dan tekanan untuk mendapatkan nilai desakan keatas. Untuk memudahkan perhitungan dibuat suatu tabel perhitungan yang hasil akhirnya diplotkan pada grafik.

TINJAUAN MENGENAI TANAH EKSPANSIF

Pengertian Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif adalah tanah yang mengalami perubahan volume akibat perubahan kadar airnya. Meningkatnya kelembaban menyebabkan pemuai tanah dan sebaliknya, berkurangnya kelembaban mengakibatkan terjadinya penyusutan. Jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat ini adalah lempung, sebab lempung mengandung partikel-partikel mineral yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air. Sifat ekspansif ini disebabkan oleh proses pembasahan dan pengeringan yang silih berganti dan merupakan hasil perubahan dalam sistem tanah yang mengganggu keseimbangan tegangan-tegangan dalam.

Karakteristik Tanah

Kandungan mineral lempung

Berdasarkan ciri-ciri partikel, ikatan antara lapisan serta konsistensi tanah, maka mineral montmorillonites merupakan mineral yang mempunyai sifat ekspansif tertinggi sedangkan mineral Illites dan Kaolinites aktifitas mengembangnya sedikit. Hal ini diperlihatkan dalam Tabel 1. berikut dibawah ini.

Tabel 1. Karakteristik dari beberapa mineral lempung

Kelompok Mineral	Basal Spacing	Ciri-ciri partikel	Ikatan Antar lapisan	Luasan Spesifik (m ² /g)	Batas batas Atterberg			Aktifitas (PI/N) Lempung
					LL (%)	PL (%)	SI (%)	
Kaolinitas	14.4	Tebal Kaku ke-6 sisi Serpihan (0.1 sampai 2 μ m)	Ikatan Hidrogen kuat	10-20	10-100	25-40	25-29	0.38
Illites	10	Tipis, tumpukan lempengan (0.003-0.1x1-10 μ m)	Ikatan Polosium kuat	85-100	80-120	95-80	15-17	0.9
Montmorillonites	9.8	Tipis seperti selaput serpihan 10Ax1 – 10 μ m	Ikatan Van Der Waal yang sangat lemah	700-840	100-900	50-100	8.5-15	7.2

Sumber: Nelson & Miller, 1992.

Keterangan: Luas Spesifik = Luas permukaan per unit massa
Potasium = ion-ion kalium
1A = 10⁻¹⁰ m

Plastisitas

Plastisitas merupakan suatu indikator bagi potensial muai. Umumnya tanah yang menunjukkan sifat/perilaku plastis pada rentang kadar air yang lebar dan mempunyai batas cair yang tinggi mempunyai potensial muai dan susut yang lebih besar. Sifat-sifat plastisitas erat hubungannya dengan kadar air. Hal ini dijelaskan oleh Atterberg melalui sifat - sifat konsistensi tanah.

Petunjuk yang berguna dari batas-batas Atterberg ini dan kadar air alami adalah Indeks Plastisitas (PI) dan Indeks Likuiditas (LI)

$$PI = LL - PL \quad (1)$$

$$LI = \frac{W - PL}{LL - PL} \quad (2)$$

Struktur dan Susunan Tanah

Lempung yang menggumpal (*flocculated clay*) cenderung menjadi lebih ekspansif daripada lempung yang terdispersi (Johnson dan Snethen, 1978).

Partikel-partikel yang mengandung semen mengurangi pemuaian. Susunan dan struktur tanah dapat diubah dengan pembentukan kembali. Pemadatan dengan cara meremas menunjukkan terjadinya struktur yang terdispersi dengan potensial muai yang lebih rendah daripada pemadatan secara statik pada kadar air yang rendah (Speed, 1962)

Kepadatan kering

Kepadatan yang semakin tinggi menunjukkan jarak partikel yang semakin dekat dimana berarti gaya-gaya pengganggu (*revulsive*) diantara partikel-partikel menjadi lebih besar sehingga potensial muai menjadi besar pula. (Chen, 1973; Komomik dan David, 1969; Uppal, 1965).

Keadaan Lingkungan

Faktor-faktor yang termasuk kategori ini menyebabkan perubahan-perubahan yang dapat terjadi dalam sistem gaya dalam.

Kondisi kelembaban awal

Lempung ekspansif yang mengering akan memiliki gaya tarik terhadap air yang lebih tinggi atau penghisapan yang lebih tinggi daripada tanah yang sama pada kadar air yang lebih tinggi, atau penghisapannya

lebih rendah. Sebaliknya suatu profil tanah basah akan kehilangan air lebih cepat daripada tanah kering menyusut daripada profil kering awal.

Variasi-variasi kelembaban

Perubahan kelembaban dan perubahan volume terbesar terjadi pada bagian yang lebih atas dari profil zona aktif. Hal ini menentukan terjadinya penyembulan (*heave*)

- Faktor iklim

Kuantitas dan variasi presipitasi dan evapotranspirasi mempunyai pengaruh besar terhadap tersedianya kelembaban dan kedalaman fluktuasi kelembaban musiman. Penyembulan terbesar terjadi dalam iklim semi kering yang menyatakan periode basah yang pendek. (Holland dan Laurence, 1980).

- Air tanah (*ground water*)

Muka air tanah yang dangkal merupakan suatu sumber kelembaban dan fluktuasi air memperbesar kelembaban.

- Drainase dan sumber air buatan

Ciri-ciri permukaan saluran seperti kolam disekitar tanah pondasi rumah yang kurang baik menjadi sumber air pada permukaan dan bocornya saluran/pipa air dapat memberikan masukan air pada kedalaman yang besar. (Keaxynki, 1980; Donaldson, 1965).

- Vegetasi

Pohon-pohon, semak-semak dan rumput-rumput menghasilkan kelembaban tanah melalui proses transpirasi dan menyebabkan terjadinya perbedaan kelembaban tanah dalam kawasan vegetasi yang bervariasi. (Buckley, 1974).

- Permeabilitas

Tanah-tanah dengan permeabilitas yang lebih tinggi umumnya karena celah-celah dan retakan-retakan dalam bidang massa tanah memberikan migrasi air yang lebih cepat dapat menaikkan tingkat muai yang lebih cepat. (Wise dan Hudson, 1971; Beuijn, 1965).

- Suhu

Kenaikan suhu menyebabkan kelembaban menyebar ke daerah yang lebih dingin dibawah perkerasan (lantai) dan

bangunan. (Johnson dan Straman, 1976; Hamilton, 1969)

Kondisi Tegangan

Riwayat tegangan

Tanah yang terkonsolidasi secara berlebihan (*overconsolidated*) bersifat lebih ekspansif daripada tanah yang angka porinya sama tetapi terkonsolidasi secara normal (*normal consolidated*)

Kondisi lapangan

Keadaan tegangan awal dalam suatu tanah harus diperkirakan dalam maksud untuk mengevaluasi konsekuensi-konsekuensi yang mungkin dari pembebanan massa tanah dan atau merubah kelembaban lingkungan dimana tanah berada.

Pembebanan

Besarnya beban tambahan menentukan kuantitas perubahan volume yang bisa terjadi pada kadar air dan kepadatan tertentu. Suatu beban luar yang diberikan mengimbangi gaya-gaya repulsive antar partikel dan mereduksi pemuai. (Hottz, 1959).

Profil tanah

Ketebalan dan lokasi lapisan-lapisan yang mempunyai potensi berekspansi dalam profil sangat mempengaruhi pergerakan potensial. Gerakan terbesar dapat terjadi dalam profil-profil yang memiliki lempung ekspansif yang berada pada permukaan sampai kedalaman dibawah zone aktif. Gerakan yang lebih kecil terjadi jika tanah ekspansif dilapisi oleh material yang tidak ekspansif atau dilapisi batuan pada kedalaman yang dangkal. (Holland dan Lawrence, 1980).

Identifikasi dan Klasifikasi Tanah Ekspansif

Beberapa teori yang telah diusulkan untuk mengidentifikasi tanah ekspansif sebagai berikut:

1. Skempton (1953)

Tabel 2. Klasifikasi Ekspansif menurut Skempton

EI	Potensial Ekspansif
< 0.75	Tidak aktif
0.75 – 1.25	Normal
> 1.25	Aktif

2. Lambe (1960)

Berdasarkan indeks ekspansi yang diperoleh melalui uji potensial perubahan volume (PVC)

$$EI = 100 \Delta h \times F \quad (3)$$

dimana,

EI = indeks ekspansif

Δh = presentase pemuai

F = fraksi yang lewat saringan no. 4

Tabel 3. Klasifikasi Ekspansif menurut Lambe

EI	Potensial Ekspansif
0-20	Sangat Rendah
21-50	Rendah
51-90	Menengah
100-130	Tinggi
130 -	Sangat Tinggi

3. Holtz dan Gibbs (1958)

Berdasarkan kadar koloid, indeks plastisitas dan batas susut

4. Altmeyer (1995)

Berdasarkan batas susut atau susut linier

5. Chen (1998)

Berdasarkan presentase lewat saringan no.200, batas cair dan tahanan penetrasi standar

6. Raman (1967)

Berdasarkan indeks plastisitas dan indeks susut

7. Snethen (1977)

Berdasarkan batas cair, indeks plastisitas serta hisapan/tarikan air pada kadar air alamnya.

8. Sivapullaiah, Sitharam dan Rao (1987)

Berdasarkan indeks pemuai beban yang dimodifikasi

$$MSFI = V - V_s / V_s \quad (4)$$

dimana,

MFSI = Indeks muai bebas yang dimodifikasi

V = Volume tanah muai

V_s = $W_s / G_s \gamma_w$ (5)

W_s = Berat tanah kering oven

G_s = Berat Jenis tanah padat

γ_w = Kadar air

Zone Aktif

Zone aktif adalah daerah terjadinya pemuai dan penyusutan karena perubahan kadar airnya. Daerah ini juga disebut daerah fluktuasi musiman karena sangat dipengaruhi

oleh faktor-faktor iklim lingkungan. Kedalaman zone aktif dapat ditentukan melalui dua cara. Pertama dengan melakukan pengukuran kadar air pada sampel-sampel yang diambil dari setiap kedalaman tanah kemudian diplotkan pada grafik hubungan antara kadar air dan kedalaman. Kedua mengukur tarikan/hisapan tanah dengan peralatan seperti tensiometer, axis translation dan filter paper.

Penentuan Tekanan Muai Berdasarkan Percobaan Oedometer

Ada dua percobaan yang dapat dilakukan untuk menentukan tekanan muai dengan memakai perangkat Oedometer yaitu *Consolidation Swell Test* dan *Constant Volume Test* atau *Swell Pressure Test*.

DAYA DUKUNG PONDASI TELAPAK PADA TANAH EKSPANSIF

Untuk menganalisa daya dukung pondasi telapak pada tanah ekspansif digunakan teori dari Terzaghi. Menurut Terzaghi daya dukung batas suatu tanah dibawah pondasi terutama tergantung pada kekuatan geser yang dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$S = C + \sigma \tan \emptyset \quad (6)$$

Dimana,

S = kekuatan geser,

C = Kohesi tanah,

σ = tegangan normal pada bidang geser,

\emptyset = Sudut geser dalam

Aplikasi dari pada teori Terzaghi dapat dihitung sebagai berikut:

Data data pondasi, lebar telapak $B_w = 1.5$ m, kedalaman pondasi $d = 1$ m, berat isi tanah $\gamma = 2$ t/m³ dan kohesi tanah $C = 2$ t/m², tebal lapisan dari permukaan = 12 m.

1. Daya dukung pondasi telapak bujur sangkar:

$$q_{ult} = 1,3.C.N_c + \gamma.d.N_q + 0,4. \gamma.B_w.N_\gamma \quad (7)$$

Untuk tanah lempung murni nilai $\emptyset = 0$

2. Tekanan vertikal pada kedalaman z :

$$\sigma_{zp} = p.a \quad (8)$$

3. Tekanan vertikal akibat berat tanah sendiri pada kedalaman z :

$$\sigma_{zg} = \gamma.z \quad (9)$$

4. Tekanan vertikal tambahan:

$$\sigma_{zad} = k_g.\gamma.(z+d) \quad (10)$$

5. Tekanan vertikal total:

$$\sigma_z \text{ total} = \sigma_{zp} + \sigma_{zg} + \sigma_{zad} \quad (11)$$

6. Tinggi desakan keatas:

$$h_{sw} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{swi}.h_i.k_{swi} \quad (12)$$

Hasil perhitungan desakan keatas dari pondasi telapak untuk beberapa variasi tekanan (p) dan tekanan muai (p_{sw}) dapat dilihat pada Tabel 3.

KESIMPULAN

1. Desakan keatas (*heave*) menjadi kecil $h_{sw} = 6.97$ dicapai pada saat tekanan dari atas paling besar $p = 168$ kPa dan tekanan muai paling kecil $p_{sw} = 100$ kPa.
2. Tekanan muai menjadi besar hingga mencapai tingkat maksimum maka desakan keatas yang terjadi menjadi besar kemudian cenderung menjadi stabil
3. Pengaruh kohesi tanah yang besar akan meningkatkan dayadukung sehingga dapat memperkecil terjadinya desakan tanah (*heave*) menjadi kecil.
4. Metode untuk memperkecil resiko desakan keatas dapat dilakukan dengan cara stabilisasi tanah.

Tabel 3. Hasil perhitungan desakan keatas (h_{sw})

p_{sw} (kPa)	h_{sw} (cm)				
	$p=10$ kPa	$p=50$ kPa	$p=100$ kPa	$p=150$ kPa	$p=168$ kPa
100	12.17	11.92	10.78	7.42	6.97
150	15.19	14.89	12.17	12.02	11.54
200	17.18	16.86	14.13	14.13	12.66
250	17.56	17.23	14.48	14.48	13.46
300	17.62	17.29	14.54	14.54	13.87

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E., 1988. *Foundation Analysis and Design*, 4th.ed. NewYork McGraw Hill.
- Bowles, J.E., 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, 2nd .ed. Erlangga Jakarta.
- Das Braja, M., 1984. *Principle of Foundation Engineering* Brooks/Cole Engineering Division, California, Monterey.
- Murthy,V.N.S., 1980. *Soils Mechanics and Foundation Engineering*, 1sted. Dhanpat Ray & Sons, Inc.
- Nelson, J.D. and Miller, J.D., 1992. *Expansive Soil*, Problem and Practice in Foundation and Pavement Engineering, Newyork, John Wiley & Sons Inc.
- Snethen, D., 1980. *Expansive Soils*, 4th International Conference on 1st.ed. American Society of Civil Engineers.
- Sorochan, E.A., 1991. *Construction of Building on Expansive Soils*, Oxford New Delhi.
- Sutherland, H.B., 1988. *Uplift Resistance of Soils*, Landmark Geotechnique 38 no.4, p.493-516.