

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. KARAKTERISTIK TANAH EKSPANSIF

Masalah yang terjadi pada tanah ekspansif dapat diatasi apabila mengetahui bagaimana prosesnya dan hal apa saja yang mempengaruhi terjadinya *swell*. Definisi secara umum dari tanah ekspansif adalah tanah yang cenderung mengalami perubahan volume bila kadar air yang dikandung juga mengalami perubahan. Bila kadar air bertambah maka tanah tersebut akan mengembang (*swell*) dan bila sebaliknya kadarnya berkurang maka tanah akan cenderung menyusut (*shrink*).

Karakteristik tanah ekspansif dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor mikroskopik dan faktor makroskopik. Yang termasuk faktor mikroskopik adalah mineralogi tanah dan perilaku kimiawi air tanah. Sedangkan faktor makroskopik adalah properti tanah secara fisik, seperti berat volume dan plastisitas. Faktor mikroskopik tanah ekspansif sangat mempengaruhi faktor makroskopiknya.

2.2. SWELL DAN SWELLING PRESSURE

2.2.1. SWELL

Pada tanah ekspansif terjadi *swell* saat kadar air dalam tanah bertambah dan volume tanah menjadi meningkat.

Faktor-faktor yang mempengaruhi mekanisme *swell* :

- Mineralogi lempung
Mineral lempung yang menyebabkan perubahan kembang susut terutama adalah *Montmorillonite*, *Illite* dan *Kaolinite* pada umumnya tidak ekspansif walaupun perubahan volume dapat terjadi bila butiran amat halus.
- Berat volume kering (γ_d)
Perubahan berat volume kering pada tanah ekspansif akan mempengaruhi besar *swell* yang dapat terjadi. Semakin besar berat volume kering awal suatu tanah akan mengalami perubahan volume (*swell*) yang semakin besar (Gambar

1). Percobaan ini dilakukan pada contoh tanah dengan kadar air awal yang sama (Chen,1975).

○ Tebal tanah ekspansif

Walaupun suatu tanah mempunyai potensi *swell* yang tinggi tetapi dengan ketebalan yang tipis, maka *swell* total yang terjadi akan kecil. Ketebalan tanah juga mempengaruhi kecepatan *swell*. Tanah yang lebih tipis perlu waktu yang relatif lebih pendek untuk mencapai *swell* total bila dibanding dengan tanah yang lebih tebal. Besar perubahan volume yang terjadi sebanding dengan tebal lapisan tanah, tapi bila dihitung persentase perubahan volume ($\Delta H/H$) maka akan didapat keadaan yang konstan (Gambar 2). Percobaan ini dilakukan dalam keadaan γ_d dan W_c awal sama (Chen,1975).

○ *Surcharge pressure*

Semakin besar *surcharge pressure* maka perubahan volume akibat *swell* akan semakin berkurang. Bila besar *surcharge pressure* yang terjadi tidak menyebabkan perubahan volume, maka beban tersebut sama dengan *swelling pressure* (Gambar 3). Percobaan ini dilakukan dalam keadaan γ_d dan W_c awal sama (Chen,1975).

○ Kadar air (W_c)

Bila kadar air tidak berubah maka tidak akan terjadi perubahan volume. Penambahan kadar air yang hanya setempat di bawah satu lantai akan menimbulkan kerusakan yang lebih besar daripada bila penambahan kadar air tersebut merata.

Tanah dengan kadar air awal yang rendah lebih berbahaya dibandingkan terhadap tanah dengan kadar air awal yang tinggi. Dengan kadar air awal yang rendah akan menyerap air lebih banyak (Gambar 4). Jika kadar air awalnya sama atau lebih besar daripada kadar air optimumnya maka perubahan volume hampir tidak terjadi. Percobaan ini dilakukan dalam keadaan γ_d awal sama (Chen,1975).

- Indeks Plastisitas (PI)

Tanah dengan PI yang berbeda akan mempunyai efek *swell* yang berbeda. Bila PI semakin bertambah maka perubahan volume total juga semakin bertambah pula. Dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5.

- Lain-lain

Besarnya kadar air yang dikandung tanah juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan. Sehubungan dengan itu, pengaruh iklim merupakan pengaruh yang terbesar terhadap tanah ekspansif tersebut. Disini pengaruh paling utama adalah hubungan antara jumlah hujan dengan penguapan baik melalui tanah atau tumbuhan (evapotranspirasi). Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *swell* total bermacam-macam tergantung berat volume tanah, permeabilitas dan tebal dari tanah tersebut. Jadi bila waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *swell* total tidak tercapai karena terjadi penguapan yang mengakibatkan jumlah air berkurang.

Beberapa faktor lingkungan lainnya yang juga berpengaruh, antara lain:

- Vegetasi : pengaruh tumbuh-tumbuhan yang membutuhkan banyak air, sehingga air yang terkandung dalam tanah berkurang.
- Drainase : kebocoran dalam drainase dapat mengakibatkan *swell* setempat yang cukup berbahaya bila terjadi di bawah lantai.
- Bangunan : bangunan dapat mengurangi derajat penguapan, yaitu menghalangnya pengaruh penguapan secara langsung. Tetapi bila kadar air awal tanah tersebut relatif rendah, maka pada penambahan kadar air setempat, misalnya : kebocoran drainase, dapat mengakibatkan *swell* setempat. Uap air dalam tanah mengalir dari tempat yang panas ke tempat yang lebih dingin. Jadi bila suatu bangunan didirikan pada tanah yang kering, maka uap air akibat pembasahan tanah di sekitarnya akan berpindah perlahan-lahan ke bawah bangunan tersebut.
- Air tanah : sebagai air yang terdapat di bawah permukaan bumi, air sangat berpengaruh pada sifat teknis tanah, terutama pada tanah berbutir halus. Air juga merupakan faktor penting dalam masalah-masalah teknis tanah seperti pengembangan, penyusutan, penurunan, stabilitas pondasi,

stabilitas lereng ,dsb. Bila tanah ekspansif terletak di bawah permukaan air tanah terendah maka tidak akan menimbulkan masalah.

2.2.2. SWELLING PRESSURE

Apabila tekanan diberikan untuk menghalangi terjadinya *swell*, maka tekanan yang dibutuhkan untuk menahan agar tidak terjadi perubahan volume pada tanah tersebut dinamakan *swelling pressure*.

Beberapa faktor yang mungkin mempengaruhi *swelling pressure*:

○ *Surcharge pressure*

Bila di atas tanah ekspansif ada beban yang cukup, maka penambahan volume yang merugikan dapat dikurangi. Di sini *surcharge pressure* menyatakan sebagai tekanan akibat pembebanan yang diterima oleh tanah. Gambar 3 menunjukkan hubungan antara perubahan volume terhadap *surcharge pressure*, dan perpotongan kurva tersebut dengan absisnya menyatakan tekanan yang dibutuhkan agar tidak terjadi perubahan volume (Chen, 1975).

Telah dilakukan suatu percobaan untuk menyatakan hubungan antara *surcharge pressure* terhadap *swelling pressure* dalam keadaan kadar air awal dan berat volume kering awal yang sama (Gambar 6 dan Tabel 2). Dari grafik dapat dilihat bahwa besar *swelling pressure* suatu tanah ekspansif tidak bergantung pada besar beban yang ada di atasnya, maka beban yang ada di atasnya hanya dapat mengurangi besar *swell*-nya saja.

○ Lama pembasahan

Untuk mempelajari pengaruh akibat lama pembasahan, maka telah dilakukan percobaan dengan bermacam-macam derajat kejenuhan (*S*). Yaitu tanah dengan γ_d awal dan *Wc* awal sama diberi sejumlah air tertentu yang berbeda. Gambar 7 menunjukkan bahwa volume yang terjadi berbanding lurus terhadap derajat kejenuhannya. Gambar 8 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa lama pembasahan tidak mempengaruhi besar *swelling pressure*-nya (Chen, 1975).

○ Kadar air (*Wc*) awal

Tanah dengan *Wc* awal rendah cenderung *swell* lebih besar daripada tanah dengan *Wc* awal tinggi. Gambar 9 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa tanah

dengan γ_d awal sama, tetapi dengan W_c awal berbeda akan mempunyai *swelling pressure* yang sama (Chen, 1975). Jadi bila tanah dalam kondisi belum jenuh maka W_c awal tidak mempengaruhi *swelling pressure* dan W_c awal tinggi hanya dapat mengurangi besar swell saja.

- Tebal lapisan tanah

Dilakukan suatu percobaan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap *swelling pressure* dengan tanah dimana tebalnya berbeda, tetapi dengan γ_d awal dan W_c awal yang sama. Gambar 10 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa tebal lapisan tanah juga tidak mempengaruhi besar *swelling pressure*-nya (Chen, 1975).

- Berat volume kering (γ_d) awal

Dari hasil percobaan pada Gambar 11 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa tanah dengan W_c awal yang sama, tetapi dengan γ_d awal yang bertambah akan menghasilkan perubahan volume (*swell*) dan *swelling pressure* yang juga bertambah (Chen, 1975). Jadi γ_d awal merupakan satu-satunya faktor yang berpengaruh terhadap *swelling pressure*. Gambar 12 dan Gambar 13 menunjukkan hubungan antara γ_d awal dengan *swelling pressure*. Jadi bila γ_d awal semakin kecil, maka *swelling pressure* yang terjadi akan semakin kecil pula. Sedangkan bila γ_d awal semakin besar, maka semakin besar pula *swelling pressure*-nya.

2.3. PENGUKURAN SWELL BERDASARKAN SOIL SUCTION TEST

Kelakuan tanah karena perubahan *suction* dapat diperkirakan sama seperti kelakuan tanah karena perubahan tegangan efektif jenuh. Hubungan antara perbandingan angka pori dengan *matric suction* sama dengan indeks kompresi atau indeks pengembangan yang ditentukan oleh persamaan *reverse consolidation* yang dipakai pada cara oedometer. Total pengembangan karena perubahan tegangan efektif dan *matric suction* dapat ditulis sbb :

$$\rho = \sum_{i=1}^n \frac{Z_i [\Delta e]_i}{(1 + e_o)}$$

$$= \frac{Z_i}{(1 + e_o)} [C_{mi} \Delta \log (u_a - u_w) + C_{ti} \Delta \log(\sigma - u_a)]_i$$

- Dimana :
- ρ = pengembangan total
 - Z_i = ketebalan untuk lapisan I
 - Δe_i = $(e_f - e_o)_i$
= $C_{mi} \log [(u_a - u_w)_f / (u_a - u_w)_o]_i$
 - C_{mi} = indeks matric suction untuk lapisan I
 - C_{ti} = indeks tegangan efektif untuk lapisan I
 - σ = tegangan total
 - u_a = tekanan pori udara
 - u_w = tekanan pori air

Bagian pertama dari persamaan di atas mewakili kontribusi pada pengembangan karena perubahan pada *suction*. Bila jumlah tegangan tidak berubah, hanya bagian pertama yang perlu dievaluasi. Kondisi permulaan *suction* dapat ditentukan dengan pengukuran langsung, sedangkan kondisi *final suction* harus dianggap seperti dianalisis prosedur oedometer.

Pendistribusian *final suction* yang dianggap tidak harus sama dengan 100% kondisi jenuh. Di atas permukaan air *soil suction* biasanya lebih besar dari nol dan tanah dapat jenuh atau tidak.

Metode *CLOD test* merupakan salah satu cara pengukuran perubahan volume berdasarkan *soil suction test*. Percobaan ini telah dilakukan oleh Hamberg (1985) yang menghasilkan data-data angka pori dan kadar air pada berbagai titik, karena angka pori dan kadar air berhubungan langsung pada penghisapan tanah. Hubungan ini hanya berlaku bila tanah liat tersebut mempunyai kadar air yang lebih besar dari batas penyusutan (*shrinkage limit*)

Pengembangan Δz_i untuk lapisan yang sama tebal dipakai rumus :

$$\Delta z_i = \frac{\Delta e}{1 + e_o} z_i = \frac{C_w \Delta_w}{1 + e_o} z_i$$

Untuk jumlah pengembangan tiap lapisan dihitung dengan :

$$\rho = \sum_{i=1}^n \Delta z_i = \sum_{i=1}^n \frac{C_w \Delta_w}{1 + e_o} z_i$$

Persamaan ini mencerminkan konsep dari persamaan di atas tetapi hanya meninjau pengembangan karena perubahan *suction* dan bukan tegangan efektif. Oleh karena itu metode ini dapat digunakan untuk menentukan pengembangan bebas atau pengembangan akibat beban yang ringan seperti perkerasan atau plat lantai mengambang.