

V. ANALISA TEKNIS

1. VERTICAL DRAIN

Untuk mendapatkan nilai c_{vv} dan c_{vh} dari trial embankment diadakan suatu perhitungan ulang (back calculation), dari grafik waktu dan penurunan di lapangan, nilai c_{vv} dan c_{vh} di trial hingga grafik waktu dan penurunan yang didapat berimpit dengan grafik waktu dan penurunan yang terjadi di lapangan.

Untuk mempermudah mendapatkan kedua nilai parameter diatas, nilai c_{vv} dicari terlebih dahulu selanjutnya dari nilai c_{vv} itu ditentukan nilai c_{vh} .

1.1 Perhitungan c_{vv} dan c_{vh} Trial Embankment

Nilai c_{vv} dari trial embankment didapatkan dari areal LV_1 (tanpa vertical drain), grafik waktu dan penurunan dari monitoring settlement plate di titik LV_1 pada kedalaman +2.10 m (lihat gambar 4.1) dan derajat konsolidasi pada akhir pengamatan (lihat gambar 4.2) dihitung dengan menggunakan persamaan (7b).

Hasil yang diperoleh dari perhitungan derajat konsolidasi dengan persamaan di atas sebesar 27.22% dan penurunan sebesar 0.661 m. Perhitungan ulang dimulai dengan cara sebagai berikut :

Dari data-data trial embankment di areal LV₁ diketahui:

t_0 = 8 hari (waktu konstruksi)

t = 0 - 179 hari

H = tertentu (trial) → lapisan tanah terkonsolidasi

c_{vv} = tertentu (trial)

Nilai H dan c_{vv} trial digunakan pada persamaan (3b) dan (10b) masing-masing untuk menghitung nilai T_v dan T_{ov} .

Dari kedua parameter waktu di atas dihitung derajat konsolidasi dengan menggunakan persamaan (15b) untuk nilai $T_v \leq T_{ov}$ dan persamaan (15d) untuk nilai $T_v \geq T_{ov}$.

Akhirnya dari iterasi yang berulang-ulang didapatkan grafik waktu dan penurunan yang mendekati kejadian di lapangan, yaitu dengan hasil trial nilai $H = 4$ m dan $c_{vv} = 0.00399$ m²/day (lihat gambar 4.1). Hasil lengkap perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1. Contoh perhitungannya dapat dilihat pada lampiran 3.1.

Penurunan pada areal TM (dengan vertical drain) terjadi akibat consolidation settlement vertical flow dan horisontal flow serta immediate settlement diperhitungkan juga disini. Grafik waktu dan penurunan areal TM dari settlement plate pada kedalaman +2.08 m (lihat gambar 4.3) dan derajat konsolidasi pada akhir

pengamatan pada hari ke 80 (lihat gambar 4.4) dihitung dengan menggunakan persamaan (7b).

Hasil yang diperoleh dari perhitungan derajat konsolidasi dengan persamaan diatas sebesar 52.3% dan penurunan sebesar 0.702 m. Perlu diketahui bahwa derajat konsolidasi 52.3% adalah derajat konsolidasi kombinasi antara derajat konsolidasi vertical flow (U_v) dengan radial flow (U_h) dan penurunan sebesar 0.702 m harus dikoreksi dengan immediate settlement yang telah dihitung pada section 1.2. Jadi perhitungan ulang dimulai dengan menentukan nilai U_h pada hari ke 80 dengan persamaan (19), (nilai U_v telah dihitung sebesar 27.22%) sehingga didapatkan nilai U_h sebesar 38.59%.

Dari areal TM didapat data-data :

$d_e = 1.575$ m, $d_w = 0.076$ m dengan menggunakan persamaan (9e) didapat nilai n sebesar 20.73. Dengan menggunakan persamaan (9f) didapat nilai $F(n)$ sebesar 2.475, kemudian dengan menggunakan persamaan (17a) didapat nilai A sebesar 0.808.

$t_o = 8$ hari (waktu konstruksi)

$t = 0 - 80$ hari

$c_{vv} = 0.00399$ m²/day (dari areal LV_1)

$c_{vh} =$ tertentu (trial)

Nilai c_{vh} trial digunakan pada persamaan (9d) dan (13)

masing-masing untuk menghitung nilai T_h dan T_{oh} . Dari kedua nilai parameter waktu di atas dihitung derajat konsolidasi dengan menggunakan persamaan (18b) untuk nilai $T_h \leq T_{oh}$ dan persamaan (18d) untuk nilai $T_h \geq T_{oh}$. Perhitungan dengan persamaan (18b) dan (18d) dilakukan bersama-sama dengan persamaan (15b) dan persamaan (15d), kemudian nilai U_v dan U_h dikombinasi dengan menggunakan persamaan (19).

Akhirnya dari iterasi berulang-ulang didapatkan hasil trial nilai $c_{vh} = 0.00788 \text{ m}^2/\text{day}$, dimana dengan nilai-nilai c_{vv} dan c_{vh} ini grafik waktu dan penurunan mendekati grafik waktu penurunan yang terjadi di lapangan (lihat gambar 4.3). Hasil lengkap perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1.

1.2 Perhitungan Immediate Settlement

Immediate settlement diperkirakan besarnya dengan menggunakan persamaan (2) sebagai berikut :

Dari areal TM didapatkan data-data :

$$\gamma_{\text{pasir}} = 1.8 \text{ t/m}^3$$

$$E_u = 151.500 \text{ kg/m}^2$$

$$H_e = 3 \text{ m}$$

$$x = 0 \text{ m (pada tengah-tengah timbunan)}$$

$$h = 26 \text{ m (tebal lapisan tanah liat)}$$

dan dari gambar 2.2 didapat $r_1 = 1.3$ dan $r_2 = 1.4$ sehingga dengan menggunakan persamaan (2) besarnya immediate settlement (Δi) didapat sebesar 4 cm. Contoh perhitungan ini dapat dilihat pada lampiran 3.2.

1.3 Analisa Konsolidasi Setelah Masa Reklamasi

Monitoring konsolidasi di lapangan setelah masa reklamasi dengan menggunakan settlement plate. Pada proyek Laguna Indah ini, masa reklamasi belum selesai. Analisa konsolidasi vertical drain setelah masa reklamasi di Laguna Indah diasumsikan terjadi seperti pada Proyek Terminal Peti Kemas Pelabuhan Surabaya.

1.3.1 Konsolidasi Pada Area TM

Data-data tanah dari area TM dan data monitoring di lapangan didapat dari BH-3 sedangkan data-data untuk perhitungan konsolidasi dapat diringkas sebagai

berikut :

- Penimbunan :

	start	finish	fill thickness
first layer	1/5/95	29/9/95	2 m
second layer	1/10/95	3/10/95	1 m
third layer	3/12/95	10/12/95	1 m

- Vertical drain :

	start	finish
pemasangan:	28/7/95	15/8/95

jarak vertical drain (s) :

$s = 1.50 \text{ m}$ (dengan drain pattern berbentuk segi tiga)

$$d_e = 1.05 \times 1.50 = 1.575 \text{ m}$$

$$d_w = 0.076 \text{ m}$$

- Koefisien Konsolidasi

$$c_{vv} = 0.00399 \text{ m}^2/\text{day}$$

$$c_{vh} = 0.00788 \text{ m}^2/\text{day}$$

- Tebal lapisan tanah liat:

$$H = 26 \text{ m (lapisan tanah terkonsolidasi)}$$

1.3.2 Perhitungan Total Settlement

Total settlement masing-masing penimbunan dihitung berdasarkan nilai preconsolidation stressnya. Untuk lapisan tanah dengan kondisi normally consolidated total settlement dihitung dengan menggunakan persamaan (27). Untuk lapisan tanah dengan kondisi

over consolidated total settlement dihitung berdasarkan nilai strain dari tanah yang mengalami pembebanan, dihitung dengan menggunakan persamaan (23). Dari perhitungan besarnya tekanan efektif tanah ditambah beban timbunan mulai pada kedalaman 0 - 14 m tanah mengalami kondisi pembebanan normally consolidated, sedangkan untuk lapisan tanah yang lebih dalam mengalami over consolidated. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2 dan tabel 4.3, dengan total settlement untuk masing-masing timbunan adalah :

$$\text{first layer : } 0.612 + 0.600 = 1.212 \text{ m}$$

$$\text{second layer: } 0.849 + 0.693 = 1.542 \text{ m}$$

$$\text{third layer : } 1.088 + 0.800 = 1.888 \text{ m}$$

1.3.3 Perhitungan Konsolidasi

Pada awal pembebanan (first layer) vertical drain belum diinstalasi sehingga pada kondisi ini konsolidasi yang terjadi adalah akibat consolidation settlement with vertical drain. Vertical drain baru dianggap bekerja penuh pada saat semuanya telah terpasang. Dari waktu pelaksanaannya didapat waktu konstruksi sebesar (lihat gambar 4.5):

$$t_{ov} \text{ (first layer)} = 37 \text{ hari}$$

$$t_{oh} \text{ (first layer)} = 0 \text{ hari}$$

$$t_{ov} \text{ dan } t_{oh} \text{ (second layer)} = 2 \text{ hari}$$

$$t_{ov} \text{ dan } t_{oh} \text{ (third layer)} = 7 \text{ hari}$$

Dari nilai parameter waktu diatas dihitung masing-masing time factor saat konstruksi dengan menggunakan persamaan (10b) dan persamaan (13) sebagai berikut :

- First layer :

$$T_{ov} = 0.0008735$$

$$T_{oh} = 0$$

- Second layer :

$$T_{ov} = 4.721 \text{ E-5}$$

$$T_{oh} = 6.35 \text{ E-3}$$

- Third layer :

$$T_{ov} = 1.652 \text{ E-4}$$

$$T_{oh} = 0.0222$$

Dari persamaan (9e) didapat nilai n sebesar 20.73 dan derajat konsolidasi untuk masing-masing timbunan

- Untuk consolidation settlement akibat vertical drainage, derajat konsolidasi (U_v) dihitung dengan menggunakan persamaan (15b) jika nilai $T_v \leq T_{ov}$ dan persamaan (15d) jika nilai $T_v \geq T_{ov}$.
- Untuk consolidation settlement akibat horizontal drainage, derajat konsolidasi (U_h) dihitung dengan menggunakan persamaan (18b) jika nilai $T_h \leq T_{oh}$ dan persamaan (18d) jika nilai $T_h \geq T_{oh}$.

Setelah derajat konsolidasi (U_v dan U_h) didapatkan, hasilnya dikombinasikan dengan menggunakan persamaan (19) untuk mendapatkan nilai U , kecuali pada first layer (pada awal konstruksi). Vertical drain belum terpasang sehingga settlement yang terjadi akibat consolidation settlement vertical drainage, baru pada $t = 79$ hari settlement yang terjadi gabungan antara aliran vertikal dan horisontal.

Setelah mendapatkan nilai-nilai derajat konsolidasi untuk masing-masing timbunan, hasilnya dikalikan dengan masing-masing total settlement tiap timbunan. Semua perhitungan di atas dilakukan dengan komputer (program Qpro) dan hasil perhitungan ini selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.4 (contoh perhitungan lihat lampiran 3.3). Grafik waktu dan penurunannya dapat dilihat pada gambar 4.6.

1.3.4 Secondary Compression dan Efisiensi Vertical Drain

Nilai koefisien secondary compression (c_α) yang didapat dari back calculation pada trial embankment.

Penurunan akibat secondary compression bila ditinjau dengan umur konstruksi 30 tahun adalah :

Tebal lapisan compressible (H_t) : 26 m

t primary consolidation (t_p) : 754 hari

t secondary compression (t_{sec}) : 30×365
 $= 10.950$ hari

Dari persamaan (20), besarnya secondary compression diperkirakan sebesar 7.644 m.

Efisiensi dari pemasangan vertical drain untuk masa konstruksi 30 tahun adalah :

- Penurunan akibat primary consolidation :

$$\blacktriangle H_p = 4.641 \text{ m (lihat tabel 4.4)}$$

- Penurunan akibat secondary compression :

$$\blacktriangle H_{sec} = 7.644 \text{ m}$$

Jadi efisiensi dari pemasangan vertical drain di lapangan diperkirakan besarnya dengan menggunakan persamaan (22a) sebesar 37.7%. Hasil perhitungan beserta contoh perhitungannya dapat dilihat pada lampiran 3.4.

2. PRELOADING

Sebagai salah satu alternatif dari stabilisasi tanah pada proyek Laguna Indah adalah Preloading dimana diberi

surcharge dengan berbagai macam ketinggian, yaitu :

H (m)	▲ total (cm)
2	156.618
3	183.000
4	237.501

Sehingga dengan melihat gambar 4.7, 4.8, dan 4.9 bisa ditentukan waktu pemotongan surcharge sebagai berikut :

H = 2 m pada saat t = 484 hari

H = 3 m pada saat t = 447 hari

H = 4 m pada saat t = 348 hari

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.5