

Analisis Settlement Embakment Dengan Metode Analitis Pembangunan Rumah Susun Pondok Pesantren Nurul Qarnain

Analysis of Settlement Embakment with Analytical Method of Construction of Nurul Qarnain Islamic Boarding School Flats

Arief Alihudien^{1,2}, Pujo Priyono¹, Irawati¹

¹ Program Studi Teknik Sipil/ Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Jember

²Email Korespondensi: ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

Abstract

In development to support equity and economic development related to the development of settlements, transportation, offices, such as factories, cities, flats, factories, both traditional and modern markets. Of the many development growths in all aspects, it does not rule out the possibility of land use with soil conditions that do not or have not met technical studies, so that it is increasingly difficult and must be carried out development on difficult or inadequate land such as land that has a large decline and the process of decline is very long or with a small carrying capacity. And thus development in order to be carried out requires an effort to improve the soil which concerns the calculation of subsidence or settlement accurately and studies or efforts to increase the carrying capacity of the soil. So to achieve this, it is necessary to test the calculation analysis in several ways such as calculating the decrease in an analytical way tested by using an assistance program.

Keywords: carrying capacity, decline, soil, settlement embankment,

Abstrak

Dalam pembangunan untuk menunjang pemerataan dan perkembangan ekonomi yang menyangkut untuk pembangunan permukiman, transportasi, perkantoran, seperti misalnya pabrik, Bandar, rumah susun, pabrik, baik pasar tradisional maupun modern. Dari banyaknya pertumbuhan pembangunan pada segala aspek, tidak menutup kemungkinan pemakaian lahan yang dengan kondisi tanahnya tidak atau belum memenuhi secara kajian teknis, sehingga sudah semakin sulit dan harus dilakukan pembangunan di tanah yang sulit atau belum memadai semisal tanah yang mempunyai penurunan besar dan proses penurunannya sangat lama ataupun dengan daya dukung kecil. Dan demikian pembangunan agar dapat dilakukan perlu suatu usaha perbaikan tanah yang menyangkut untuk perhitungan penurunan atau *settlement* yang secara akurat dan tepat dan kajian atau usaha untuk meningkatkan daya dukung tanah. Sehingga untuk tercapai hal demikian, agar perlu dilakukan pengujian analisis perhitungan dengan beberapa cara seperti misalnya menghitung penurunan dengan cara analitis diuji dengan cara menggunakan program bantuan.

Kata kunci: daya dukung, embankment settlement, tanah, penurunan



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

PENDAHULUAN

Meningkatnya pembangunan, secara tidak langsung akan berpengaruh pada berkurangnya area lahan bangunan. Serta tidak menutup kemungkinan bangunan tersebut harus dibangun pada area lokasi yang tanahnya sangat jelek atau belum memenuhi dalam artian teknis sifat mekanis tanah tersebut sangat rendah yang penurunan atau *settlement* yang besar dan menyangkut daya dukung tanah kecil, sebagai contoh misalnya lempung, tanah lunak, sangat lunak.

Terhadap kondisi-kondisi seperti tersebut perlu dilakukan suatu usaha dan kajian analisis dalam perbaikan tanah untuk mengoreksi nilai penurunan atau *settlement* dan meningkatkan daya dukung tanah tersebut. Metode yang dapat digunakan antara lain ialah mengganti tanah yang jelek dengan tanah yang lebih baik, pemadatan, cerucuk, *preloading*, *stone column* serta geotekstil. Dalam studi kasus ini, kami menyajikan usaha dan metode perbaikan tanah menggunakan metode *preloading* yang akan didapatkan ialah besarnya penurunan yang terjadi dalam waktu penurunan, dengan cara metode analisis. Tujuannya memberikan alternatif pada pembangunan Rumah Susun Pondok Pesantren Nurul Qarnain untuk perhitungan daya dukung tanah, penurunan /*settlement* dan waktu penurunan akibat *preloading*. Serta sebagai bahan kajian untuk tahap pelaksanaan.

LANDASAN TEORI

Perhitungan Analisa penurunan atau *settlement* merupakan analisis rumus yang digunakan dalam perhitungan penurunan atau *settlement* akibat timbunan tanah dibedakan menjadi dua bagian yakni :

1. Tanah dengan nilai konsolidasi normal atau *Soil Normally Consolidates* (NC Soil)

$$S_{ci} = \left[\frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right] H_i$$

2. Tanah dengan nilai konsolidasi berlebih atau *Soil over Consolidated* (OC Soil)

$$S_{ci} = \left[\frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{p_c}{p_o} + \frac{C_c}{1+e_{0o}} \log \frac{p_o + \Delta p}{p_c} \right] H_i$$

Keterangan :

S_{ci} = Pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau, lapisan ke i.

H_i = Tebal lapisan tanah ke i

E_o = Nilai angka pori awal dari lapisan tanah ke i

C_c = *Compression Index* dari lapisan tanah tersebut. (lapisan ke i)

C_s = *Swelling Index* dari lapisan tanah tersebut. (lapisan ke i)

p_o' = Nilai tekanan tanah vertikal efektif pada suatu titik diantara lapisan ke -i akibat beban tanah

sendiri di atas titik tersebut lapangan (*effective overburden pressure*)

p_c = *effective past overburden pressure*, nilai tegangan konsolidasi efektif pada waktu lampau yang

lebih besar dari pada p_o' (kurva konsolidasinya).

Δp = penambahan tegangan vertikal pada titik yang ditinjau (diantara lapisan ke i) yang diakibatkan

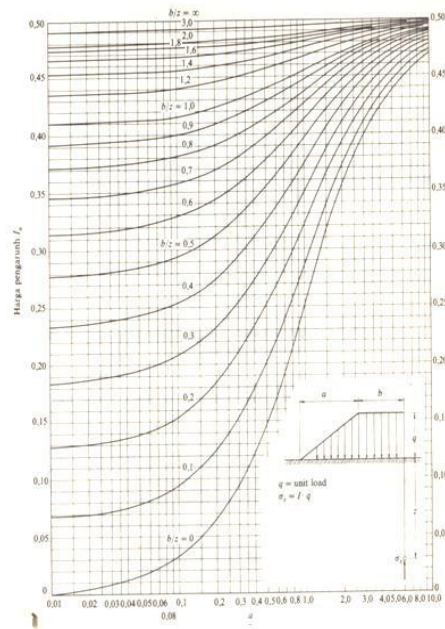
beban timbunan yang baru.

Untuk menghitung nilai Δp dapat digunakan grafik influence I, pada gambar 1 (dari NAVFACDM-7, 1970)

$$\Delta p = \sigma_z = 2 \times I_i \times q$$

Keterangan :

q = nilai tegangan vertikal efektif dipermukaan tanah akibat timbunan atau *embakment*.



Gambar 1. Grafik Analisa penurunan

Waktu Penurunan dapat dianalisis dengan rumus perhitungan

$$t = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v}$$

Keterangan :

H = Nilai tebal seluruh lapisan tanah lunak dibawah embakment seperti pada Gambar.2

C_v = Nilai koefisien konsolidasi (m^2/th)

T_v = Nilai derajat konsolidasi (%)

Untuk mempercepat proses konsolidasi dapat digunakan vertikal drain dengan rumus.

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot Ch} \right) \cdot (2 \cdot F(n)) \left(\frac{1}{1 - uh} \right)$$

Keterangan :

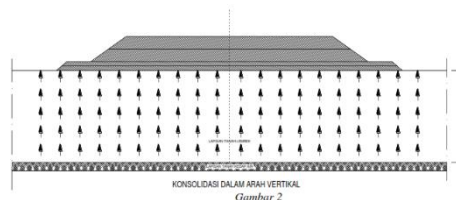
t = Nilai waktu yang diperlukan untuk mencapai nilai Uh

D = Diameter

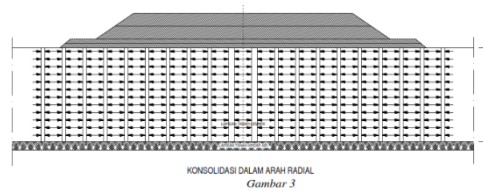
Ch = Nilai koef. konsolidasi aliran secara horizontal

F (n) = Faktor akibat jarak antara PVD

Uh = Nilai derajat konsolidasi arah horizontal



Gambar 2. Konsolidasi dalam arah vertical



Gambar 3. Konsolidasi dalam arah radial

Fungsi nilai $F(n)$ ialah Fungsi pada hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD. dan nilai $F(n)$ diartikan sebagai berikut :

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - n^1} \right) \left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \right]$$

Atau

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - n^1} \right) \left[\ln(n) - 3/4 + \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

Keterangan :

$n = D/dw$

$dw =$ diameter equivalent dari vertical drain (equivalent terhadap bentuk lingkaran)

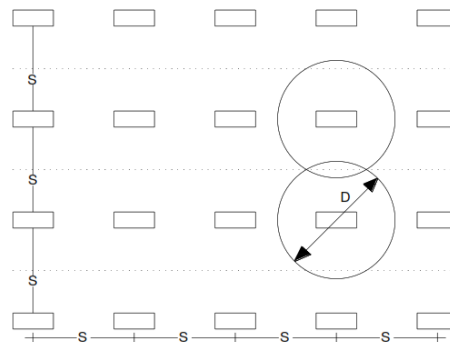
Pada umumnya $n > 20$ sehingga dapat dianggap $1/n^2 = 0$ dan $\left(\frac{n^2}{n^2 - n^1} \right) = 1$

Jadi :

$$F(n) = \ln(n) - 3/4$$

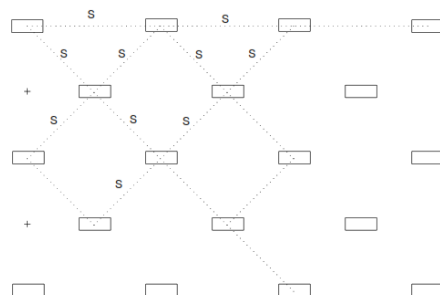
Atau,

$$F(n) = \ln(D/dw) - 3/4$$



a). Pola susunan bujur sangkar $D = 1.13 \cdot S$

Gambar 4. Pola bujur sangkar



b). Pola susunan segitiga $D = 1.05 \cdot S$

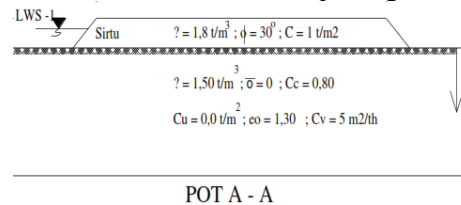
Gambar 5. Pola susunan segitiga

Menurut Fitria Wahyuni dkk., nilai C_c (indeks kompresi) terbesar didapatkan dari nilai hasil persamaan Nishida (1956) yang menggunakan parameter angka pori (e_0) sebagai variable perhitungan. Hasil nilai C_c dari rumus Nishida merupakan nilai C_c terbesar disetiap kedalaman. Sedangkan nilai C_c terkecil didapatkan dari nilai empiris Hough (1957) dikedalaman lapisan pertama(0-12 meter). Rumus Hough menggunakan angka pori (e_0) sebagai variable perhitungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur yang direncanakan akan dibangun pada area yang lapisan tanah lunak yang sangat tebal mungkin memerlukan metoda perbaikan tanah, sehingga tanah tersebut mampu mendukung dan memenuhi secara teknis bangunan diatasnya seperti contoh pada struktur Pembangunan Rusun Pondok Pesantren Nurul Qarnain yang direncanakan dan akan dibangun diatas tanah timbunan, yang dimana pada lapisan tanah lunak agar menghindari keretakan pada permukaan tanah akibat penurunan (*settlement*) sehingga dapat dilakukan analisis penurunan secara maksimum yang akan terjadi.

Perhitungan Analisis timbunan diatas tanah lunak dapat digambarkan seperti dibawah ini :



Gambar 6. Pot. A – A Konsolidasi

Perhitungan antara lain :

1. Besarnya Nilai penurunan *settlement* dengan derajat penurunan 90 % (T_{90})
2. Tegangan pada tanah yang terjadi (σ)
3. Waktu penurunan (t)

Menganalisis penurunan (*settlement*) akibat timbunan tanah ditabelkan seperti dibawah ini:

Tabel 1 Penurunan akibat timbunan tanah

No	Tebal Lapisan H (m)	Z (m)	e_0	C_c	γ (t/m ²)	p'_{o} (t/m ²)	I	Δp (t/m ²)	$\Delta p + p'_{o}$ (t/m ²)	S_e (m)	S_e (m) Kumulatif	Keterangan
1	0,20	0,10	1,30	0,80	1,50	0,25	0,50	6,60	6,85	0,0050	0,0050	Tanah Timbunan
2	0,20	0,30	1,30	0,80	1,50	0,75	0,50	6,60	7,35	0,0034	0,0084	Tanah Timbunan
3	0,20	0,50	1,30	0,80	1,50	1,25	0,50	6,60	7,85	0,0028	0,0111	Tanah Timbunan
4	0,20	0,70	1,30	0,80	1,50	1,75	0,50	6,60	8,35	0,0024	0,0135	Tanah Timbunan
5	0,20	0,90	1,30	0,80	1,50	2,25	0,50	6,60	8,85	0,0021	0,0155	Tanah Timbunan
6	0,20	1,10	1,30	0,80	1,50	2,75	0,50	6,60	9,35	0,0020	0,0175	Tanah Timbunan
7	0,20	1,30	1,30	0,80	1,50	3,25	0,50	6,60	9,85	0,0018	0,0193	Tanah Asli
8	0,20	1,50	1,30	0,80	1,50	3,75	0,50	6,60	10,35	0,0017	0,0209	Tanah Asli
9	0,20	1,70	1,30	0,80	1,50	4,25	0,50	6,60	10,85	0,0015	0,0224	Tanah Asli
10	0,20	1,90	1,30	0,80	1,50	4,75	0,50	6,60	11,35	0,0014	0,0237	Tanah Asli
11	0,20	2,10	1,30	0,80	1,50	5,25	0,50	6,60	11,85	0,0013	0,0251	Tanah Asli
12	0,20	2,30	1,30	0,80	1,50	5,75	0,50	6,60	12,35	0,0012	0,0263	Tanah Asli
13	0,20	2,50	1,30	0,80	1,50	6,25	0,50	6,60	12,85	0,0012	0,0274	Tanah Asli
14	0,20	2,70	1,30	0,80	1,50	6,75	0,50	6,60	13,35	0,0011	0,0285	Tanah Asli
15	0,30	3,00	1,30	0,80	1,50	7,25	0,50	6,60	13,85	0,0010	0,0296	Tanah Asli

Penurunan = **0,0296 m**
2,9550 cm

$$t = \frac{T_{90\%} H_{dr}^2}{C_v}$$

$$= \frac{1.0364 \times 3}{5} = 1.8655 \text{ tahun}$$

Menghitung penurunan akibat timbunan kondisi tanpa *preloading* ditabelkan seperti dibawah ini:

Tabel 2 Penurunan akibat timbunan tanah tanpa preloading

No	Lapisan H (m)	Z (m)	e _o	C _c	γ (t/m ²)	p' _o (t/m ²)	I	Δp (t/m ²)	Δp+p' _o (t/m ²)	S _c (m)	S _c (m) Kumulatif	Keterangan
1	0,20	0,10	0,93	0,80	1,50	0,25	0,87	6,60	6,85	0,0075	0,0075	Tanah Timbunan
2	0,20	0,30	0,93	0,80	1,50	1,12	0,87	6,60	7,72	0,0085	0,0160	Tanah Timbunan
3	0,20	0,50	0,93	0,80	1,50	1,98	0,87	6,60	8,58	0,0054	0,0214	Tanah Timbunan
4	0,20	0,70	0,93	0,80	1,50	2,85	0,87	6,60	9,45	0,0021	0,0235	Tanah Timbunan
5	0,20	0,90	0,93	0,80	1,50	3,72	0,87	6,60	10,32	0,0051	0,0286	Tanah Timbunan
6	0,20	1,10	0,93	0,80	1,50	4,59	0,87	6,60	11,19	0,0046	0,0332	Tanah Timbunan
7	0,20	1,30	0,93	0,80	1,50	5,45	0,87	6,60	12,05	0,0042	0,0374	Tanah Asli
8	0,20	1,50	0,93	0,80	1,50	6,32	0,87	6,60	12,92	0,0038	0,0412	Tanah Asli
9	0,20	1,70	0,93	0,80	1,50	7,19	0,87	6,60	13,79	0,0045	0,0457	Tanah Asli
10	0,20	1,90	0,93	0,80	1,50	8,05	0,87	6,60	14,65	0,0031	0,0488	Tanah Asli
11	0,20	2,10	0,93	0,80	1,50	8,92	0,87	6,60	15,52	0,0038	0,0526	Tanah Asli
12	0,20	2,30	0,93	0,80	1,50	9,79	0,87	6,60	16,39	0,0035	0,0561	Tanah Asli
13	0,20	2,50	0,93	0,80	1,50	10,65	0,87	6,60	17,25	0,0024	0,0585	Tanah Asli
14	0,20	2,70	0,93	0,80	1,50	11,52	0,87	6,60	18,12	0,0021	0,0606	Tanah Asli
15	0,30	3,00	0,93	0,80	1,50	12,39	0,87	6,60	18,99	0,0018	0,0624	Tanah Asli

Penurunan = 0,0624 m
6,2400 cm

$$t = (T_{(90\%)} H_{dr}^2) / C_v$$

$$= (2.143 \times 3) / 5 = 3.8574 \text{ tahun}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis perhitungan diperoleh :

1. Untuk Kondisi dengan *Preloading* untuk mencapai nilai konsolidasi sebesar 90%, diperlukan masa waktu selama 1,8655 tahun, sedangkan nilai penurunan (*settlement*) yang dapat terjadi senilai 0,0296 meter atau 2,996 cm dengan perhitungan menggunakan metode analisis.
2. Untuk Kondisi tanpa *Preloading* untuk mencapai konsolidasi senilai 90%, dibutuhkan masa waktu 3,8574 tahun, sedangkan nilai penurunan (*settlement*) yang terjadi senilai 0,0624 meter atau 6,24 cm dengan perhitungan menggunakan metode analisis.
3. Nilai penurunan (*settlement*) dipengaruhi oleh kedalaman tanah dengan artian apabila semakin dalam kedalaman tanah tersebut maka hasil nilai tegangan efektif *overburden* semakin besar. Sehingga nilai distribusi tegangan arah vertikal semakin kecil.
4. Untuk Pelat Lantai dasar/diatas urugan tanah (*embankment*) menggunakan pelat tebal 15 cm dengan tulangan wiremesh M8 (Analisis Terlampir)

DAFTAR PUSTAKA

- Budhu, M., (2000) Soil Mechanics and Foundation, John Wily & Sons, New Jersey, United States America
- Budhu, Muni (2015) Soil Mechanics Fundamentals. United States America
- Das, Braja M. (1999) *Fundamentals of Geotechnical Engineering*. United States America
- Das, Braja M, Endah, Noor, & Mochtar, Indra Surya B. (1995) *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geotekniks)*. Jakarta: Erlangga
- Hardiyatmo, Hary Christady. (1994) *Mekanika Tanah 2*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2011) *Mekanika Tanah 2 Edisi kelima*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Setyo Agus Muntohar (2013). *Penurunan Konsolidasi Embankment Di Atas Tanah Lempung Lunak*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

-
- Indra Surya & Mochtar (1996), *Pembangunan Jalan Di Atas Tanah Lunak Dengan Vertikal Drain*. ITS Surabaya.
- Wahyuni Fitria, dkk (2023), *Penentuan Parameter Indeks Kompresi Tanah Berdasarkan Rumus Empiris*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- Alihudien Arief, (2022), *Identifikasi Potensi Tanah Ekspansif Pada Lokasi Pembangunan Rumah Sakit Unmuh Jember*, Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.
- Alihudien Arief, (2022), *Perilaku Pondasi Tiang Pancang Tunggal Akibat Beban Gempa Pada Lokasi Sekitar Pendaratan Ikan Puger Jember*: Universitas Muhammadiyah Jember.
- Alihudien Arief, (2022), *Pemodelan Plaxis Dengan FEM Terhadap Perilaku Tahanan Vertikal Grup Pile 2x2 Pada Tanah Pasir Loose Dan Medium*, Jember: Universitas Muhammadiyah Jember.