



PENGARUH PENURUNAN PONDASI TIANG PANCANG AKIBAT DRAWDOWN

Agus Mahmudi, ST, MT¹.

Fakultas Teknik, Prodi Teknik Sipil Ubhara Surabaya

agus_ubhara@yahoo.co.id

Abstract

The impact of the building's foundation drop on its construction. In the field the decline is due to several factors, with underground erosion that leads to removal of the soil, a decrease in volume in the soil. In addition, the decline can be a result of vibrations, since it can cause the movement of small amounts of soil that fill the surrounding space, causing the volume of the soil to drop. Identification is necessary to determine the cause of the foundation decline. The study aims to determine the underlying cause of the building's fall. By physically identifying the soil on the ground in order to identify the soil support of the building load, the column's reaction to the foundation of the stake, and the skin negative see if there is a reduction of the upward capacity on the long post covers. Research does not make it a problem to soil consolidate, as does the number of installed stakes as needed. However, with the reduction of the upward support of the blanket of the stake, the upward weight of 82.19 tons fell to 15.83 tons, while the emission of a permit was 23.515 tons, it was due to the weight of the water around the foundation of the mizken pole.

Abstrak

Terjadinya penurunan pondasi bangunan berpengaruh pada konstruksi bangunannya. Di lapangan kasus penurunan disebabkan beberapa hal diantaranya, adanya erosi bawah tanah yang membawa butiran tanah ikut teralirkan sehingga terjadi pengurangan volume di dalam tanah. Selain itu penurunan dapat terjadi akibat adanya getaran, karena dapat menyebabkan bergesernya butiran tanah yang memadati ruang yang ada di sekitarnya, sehingga volume tanah menjadi menurun. Perlu dilakukan identifikasi untuk mengetahui penyebab terjadinya penurunan pondasi bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab pondasi bangunan mengalami penurunan. Dengan melakukan identifikasi fisik tanah dilapangan untuk mengetahui dukungan tanah terhadap beban bangunan, reaksi kolom terhadap jumlah pondasi tiang pancang, serta Negatif Skin Friction apakah terjadi pengurangan kemampuan lekatan pada selimut tiang panjang. Dari hasil penelitian tidak terjadi masalah dengan konsolidasi tanahnya, demikian pula dengan jumlah tiang pancang yang sudah terpasang sudah sesuai syarat kebutuhan. Namun terhadap dukungan lekatan pada selimut tiang pancang terjadi pengurangan, dalam hal ini dukungan lekatan pada selimut tiang semula sebesar 82,19 ton turun menjadi 15,83 ton, sedangkan lekatan ijinnya adalah 23,515 ton, hal ini disebabkan akibat beban air disekitar pondasi tiang pancang (drawdown) berpengaruh pada turunnya kemampuan lekatan tanah pada selimut tiang pancang.

Kata kunci : Konsolidasi tanah, reaksi kolom, negatif skin friction.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penurunan pondasi sebuah bangunan akan berpengaruh pada konstruksi bangunannya. Sebuah kejadian penurunan terjadi pada bangunan enam lantai mengalami penurunan pada pondasinya, pondasi bangunan menggunakan pondasi tiang pancang. Akibat penurunan pondasi tersebut bangunan di atasnya mengalami kerusakan pada dinding-dinding dan lantai bangunan mulai dari lantai atas sampai ke lantai dasar. Kerusakan akibat penurunan tersebut semakin lama semakin membesar dan sangat mengawatirkan, maka perlu dilakukan identifikasi penyebabnya.

Penelitian dilakukan dengan mengambil obyek bangunan yang mengalami penurunan pondasi di Lokasi yang terletak di Kecamatan Tenggilis Mejoyo, Kota Surabaya, Jawa Timur, tepatnya pada koordinat 693664.68 m E, 9189121.38 S. Data diperoleh dengan mengamati kondisi lingkungan baik di luar gedung maupun pada konstruksi bangunan yang mengalami kerusakan, dan juga mengambil sample tanah di lokasi bangunan. Penyelidikan tanah ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi gambaran lapisan tanah di lokasi tersebut, sedangkan tujuannya untuk mengetahui para meter tanah yang akan digunakan untuk menganalisa terjadinya penurunan pondasi.

Penurunan pondasi disebabkan beberapa hal, diantaranya adalah, pertama adanya erosi bawah tanah yang membawa butiran tanah ikut teralir dan terjadi pengurangan volume di dalam tanah yang dapat menyebabkan terjadinya rongga dan dapat mengakibatkan penurunan. Kedua penurunan lapisan tanah juga dapat terjadi akibat adanya getaran, hal ini karena getaran dapat menyebabkan perpindahan atau bergesernya butiran tanah yang memadati ruang ruang yang ada di sekitarnya, sehingga volume tanah menjadi menurun.

Perumusan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana mengidentifikasi penyebab pondasi bangunan mengalami penurunan yang mengakibatkan kerusakan pada konstruksi bangunannya.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab pondasi bangunan mengalami penurunan. Dan dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, yakni mengetahui akan kriteria tentang terjadinya penurunan pada pondasi sebuah bangunan.

LANDASAN TEORI

Akibat adanya erosi bawah tanah.

Erosi bawah tanah adalah terjadinya aliran air di bawah tanah yang membawa butiran tanah ikut teralir, sehingga terjadi pengurangan volume di dalam tanah yang dapat menyebabkan terjadinya rongga (cavity), apabila lapisan tanah tersebut tidak dapat menahan dirinya sendiri maka terjadilah penurunan dibagian tanah yang tererosi dimaksud.

Akibat konsolidasi.

Konsolidasi adalah proses keluarnya air di dalam pori-pori tanah akibat beban di atas lapisan tanah, yaitu beban timbunan, beban bangunan, beban kendaraan yang bergerak di atas lapisan tanah dan lain-lain. Beban ini akan menyebabkan tekanan di bawah lapisan tanah, yang menyebabkan meningkatnya tekanan air pori, sehingga air di dalam pori-pori ini mengalir keluar yang dapat menyebabkan mengecilnya ruang pori, yang disebut pemampatan pada lapisan tanah. Pemampatan ini dapat menyebabkan berubahnya parameter tanah, pada

akhirnya kekuatan tanah akan menjadi lebih besar jika dibandingkan dengan kondisi lapisan tanah sebelum terjadinya pemampatan.

Akibat getaran

Getaran juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan pada lapisan tanah, hal ini karena getaran dapat menyebabkan perpindahan atau bergesernya butiran tanah yang memadati ruang-ruang yang ada di sekitarnya, sehingga volume tanah menjadi menurun.

Untuk mempelajari tentang perilaku gerakan tanah (ground motion), maka perlu diketahui tentang karakteristik statik dan dinamik lapisan tanah tempat getaran yang merambat. Semua karakter tersebut akan berpengaruh pada gerakan tanah dan respon struktur/bangunan di atas permukaan tanah.

Karakteristik Dinamik, Respon tanah akibat beban dinamik yang dilakukan pada percobaan di laboratorium adalah untuk mensimulasi perilaku elemen tanah pada kedalaman tertentu akibat getaran gelombang gempa. Simulasi yang dilakukan umumnya menganggap bahwa gelombang geser merambat secara vertikal sehingga gelombang geser tersebut akan mengakibatkan suatu elemen tanah berubah-ubah bentuk akibat adanya gaya geser bolak-balik (Koyna (1967), Bucharets (1977), As'at Pujiyanto (2006)).

Perhitungan Penurunan Akibat Konsolidasi

Bila tanah lempung jenuh terendam air dibebani mendadak, tekanan akibat beban tersebut ke tanah selain menyebabkan kompresi elastik yang menyebabkan penurunan segera, juga menyebabkan kelebihan tekanan air pori. Pengurangan kelebihan tekanan air pori hanya dapat terjadi jika air meninggalkan rongga pori lapisan tanah tertekan. Pengurangan volume air di dalam rongga pori menyebabkan pengurangan volume tanah, sehingga permukaan tanah akan terjadi penurunan. Sedangkan waktu penurunan tanah ini berbeda-beda tergantung dari harga k (koefisien permeabilitas tanah).

Penurunan konsolidasi primer dapat dihitung berdasarkan persamaan-persamaan berikut ini (Hardiyatmo, 2007)

- a. Penurunan untuk lempung *normally consolidated* ($p_c' = p_0$) dengan tegangan efektif sebesar p_1' .

$$S_c = C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_1'}{p_0}$$

- b. Untuk lempung *overconsolidated* ($p_c' > p_0$) penurunan konsolidasi primer total dinyatakan oleh persamaan yang bergantung nilai p_1' .

1. Bila, $p_1' < p_c'$

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_1'}{p_0}$$

2. Bila, $p_1' > p_c'$

$$S_c = C_r \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_c'}{p_0} + C_c \frac{H}{1 + e_0} \log \frac{p_1'}{p_c'}$$

1. Penurunan Konsolidasi Kelompok Tiang

Terzaghi dan Peck (1967) melaporkan bahwa pada bagian 2/3 panjang tiang bagian atas, kadar air tanah lempung tidak berubah oleh akibat beban struktur, sedang di bagian bawahnya, kadar air berubah oleh adanya konsolidasi. Terzaghi dan Peck menyarankan penyebaran beban pondasi tiang pada tipe tiang gesek dianggap berawal dari 2/3 panjang tiang ke arah bawah. Cara pendekatan sederhana menghitung tambahan tegangan akibat beban di permukaan diusulkan oleh Boussinesq, caranya dengan membuat garis penyebaran beban 2V:1H, dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta p = \frac{P}{B' \cdot L'}$$

dimana :

Δp = peningkatan tegangan

B', L' = panjang dan lebar tiang kelompok di kedalaman z

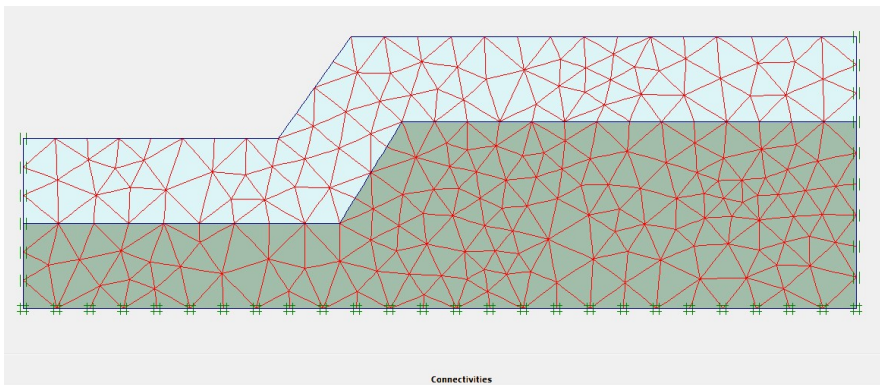
B' = $(B+z)$

L' = $(L+z)$ = jarak dari $z = 0$ ke tengah lapisan i

2. Teori Plaxis

Dasar teori dari program Plaxis menggunakan teori finite elemen, dimana lapisan tanah diasumsikan sebagai elemen-elemen kecil yang berupa segi-tiga banyak yang saling berhubungan satu dengan yang lain (lihat Gambar 1). Jika terjadi gangguan dari luar atau gangguan dalam seperti penggalian, pembebanan, dan perubahan tekanan air dan lain-lain maka elemen-elemen kecil ini akan mengalami terdeformasi.

Deformasi adalah perubahan bentuk dari suatu elemen akibat adanya perubahan tegangan yang menimpa pada elemen tersebut. Tegangan tersebut bisa tegangan normal tekan, tarik atau gaya geser.



Gambar 1: adalah jaring-jaring segitiga yang merupakan elemen-elemen kecil dari teori program Plaxis.

3. Pondasi tiang pancang berdasarkan data bor

Sebelum dilakukan perhitungan daya dukung tiang berdasarkan SPT, maka harga SPT (N) dilakukan koreksi terlebih dahulu. Adapun koreksi SPT yang dilakukan adalah terhadap jenis tanah pasir dan terhadap overburden pressure adalah sbb ;

Koreksi terhadap pasir

Bila tanahnya berupa tanah pasir dan harga SPT > 15 blow/feet, maka dilakukan koreksi sbb ;

$$N_{\text{corr-1a}} = 15 + 0,5 \cdot (N - 15)$$

$$N_{\text{corr-1b}} = 0,6 \cdot N$$

$N_{\text{corr-1}}$ = diambil angka yang terkecil dari $N_{\text{corr-1a}}$ dan $N_{\text{corr-1b}}$

Dimana ;

$N_{\text{corr-1}}$ adalah harga SPT yang telah dilakukan koreksi terhadap pasir (blow/feet). Bila tanah lempung, maka tidak dilakukan koreksi, jadi nilai SPTnya tetap atau $N_{\text{corr-1}} = N$.

Koreksi terhadap overburden

Untuk tanah pasir maupun lempung dilakukan koreksi terhadap overburden:

$$\text{Jika tekanan overburden } (p_o) \leq 7,5 \text{ ton/m}^2 \text{ maka: } N_{\text{corr-2}} = 4 \cdot N_{\text{corr-1}} \cdot (1 + 0,4 \cdot p_o)$$

$$\text{Jika tekanan overburden } (p_o) \geq 7,5 \text{ ton/m}^2 \text{ maka: } N_{\text{corr-2}} = 4 \cdot N_{\text{corr-1}} \cdot (3,25 + 0,1 \cdot p_o)$$

Dimana ;

$N_{\text{corr-2}}$ = harga SPT yang telah dilakukan koreksi terhadap overburden (blow/feet).

Harga SPT yang telah dikoreksi (N_{corr}) diambil sbb ;
 bila ($N_{corr-2} > N_{corr-1}$) , maka $N_{corr} = N_{corr-1}$
 bila ($N_{corr-2} < N_{corr-1}$) , maka $N_{corr} = N_{corr-2}$
 Tetapi tidak boleh lebih dari $2N_{corr-1}$

Perumusan daya dukung tiang

Secara umum perumusan daya dukung tiang adalah tetap sebagai berikut:

$Q_{ult} = Q_p + Q_s$

$Q_{ijin} = Q_{ult} / SF$

Dimana ;

Q_{ult} = daya dukung ultimate

Q_{ijin} = daya dukung ijin

SF = angka keamanan

Q_p = daya dukung ultimate ujung tiang

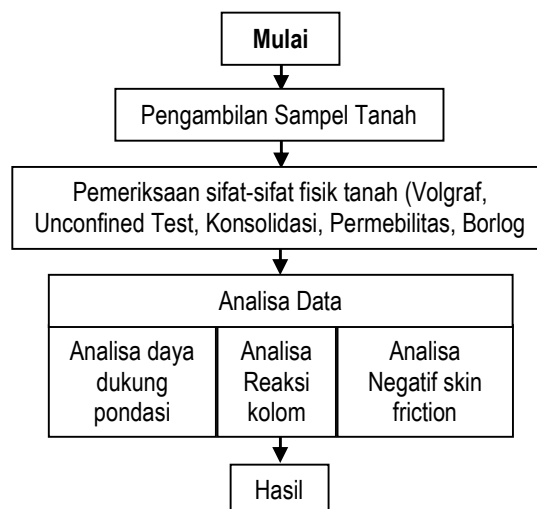
Q_s = daya dukung ultimate selimut tiang

METODE PENELITIAN

Sumber Data

Pada penelitian ini sumber data yang digunakan adalah sbb.:

1. Data primer, yang didapatkan langsung dari lokasi penelitian. Pengujian laboratorium yang dilakukan adalah :
 - a. Pengujian Volumetri Gravimetri
 - b. Pengujian Konsolidasi
 - c. Pengujian Unconfined Test
 - d. Permeabilitas tanah
 - e. Bor log
2. Data sekunder, diperoleh dari buku-buku referensi/literatur sebagai analisa data pada penelitian.



Gambar 2 : Bagan alir penelitian

ANALISA DATA dan PEMBAHASAN

Hasil Penyelidikan Tanah

1. Lokasi

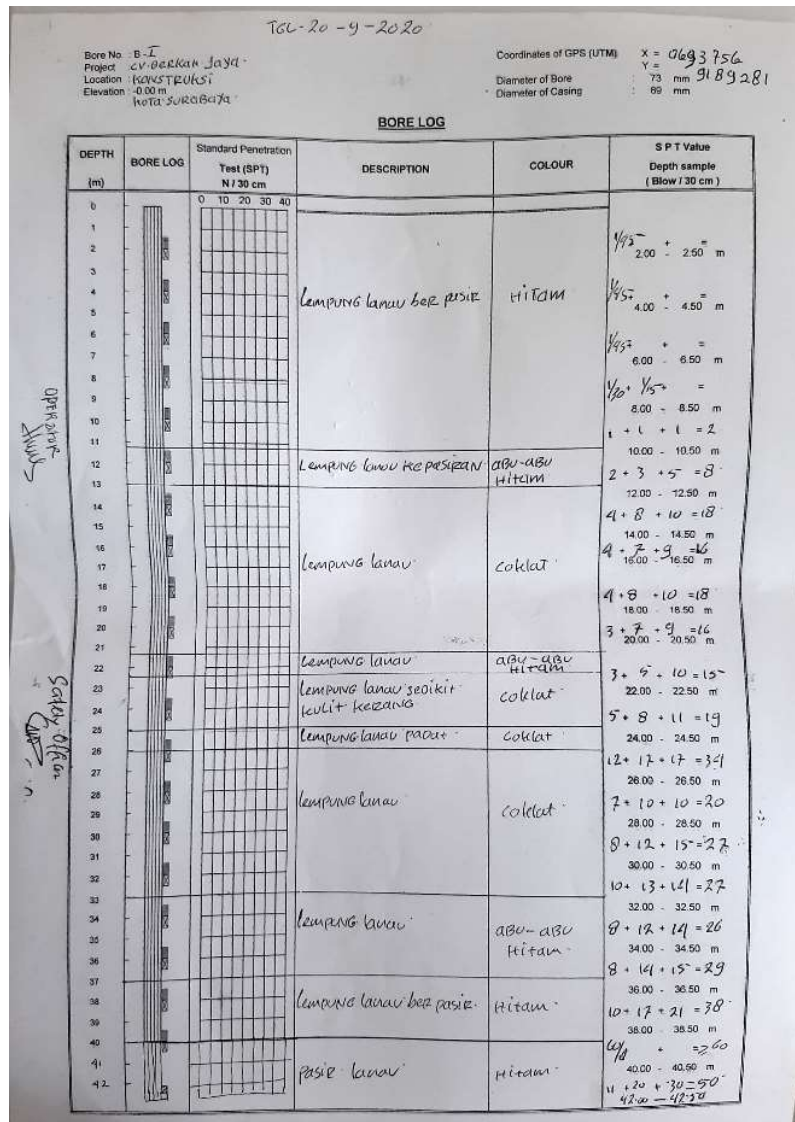
Lokasi di PT. Unilever Indonesia terletak di Jl. Rungkut Industri IV No. 5 – 11 Kutisari, Kec. Tenggilis Mejoyo, Kota Surabaya, Jawa Timur, tepatnya pada koordinat 693664.68 m E, 9189121.38 S.

Penyelidikan tanah yang dilakukan di lapangan sebanyak 2 (dua) titik, dengan kedalaman masing-masing titik sama dengan -40.00 meter dari muka tanah. Daerah yang diambil untuk dilakukan pengeboran adalah di areal yang terjadi penurunan pondasi, yaitu di portal E11 dan F11, jarak antar portal E11 dan F11 sama dengan 6 meter.

2. Penyelidikan tanan di lapangan

Penyelidikan tanah yang dilakukan di lokasi tersebut sebanyak 2 (dua) titik bor dalam dengan kedalaman masing-masing titik, adalah 40.00 meter.

Penyelidikan tanah ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi lapisan tanah di lokasi tersebut, sedangkan tujuannya untuk mengetahui parameter tanah yang akan digunakan untuk menganalisa terjadinya penurunan pondasinya.



Gambar 3 hasil pengeboran di titik BH-1.

Hasil penyelidikan tanah ditampilkan dalam bentuk bor Log yang dapat dilihat pada Gambar 3. Jenis lapisan tanah yang dihasilkan dari pengeboran di lapangan dapat diuraikan pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1: deskripsi lapisan tanah hasil dari pengeboran di lapangan

Titik	Deskripsi Tanah	Kedalaman (m)	Harga N-SPT	Konsistensi	Warna
BH-1	Lempung lanau berpasir	0.00 – 11.00	1 - 2	Very soft	Hitam
	Lempung lapau kepasiran	11.00 – 13.00	8	Medium	Abu-abu gelap
	Lempung lanau	13.00 – 22.00	15 - 18	Very stiff	Coklat s/d abu-abu gelap
	Lempung lanau sedikit kulit kerang	22.00 – 25.00	15 - 19	Very stiff	Coklat
	Lempung padat	25.00 – 26.00	34	Hard	Coklat
	Lempung lanau	26.00 – 37.00	20 -34	Very stiff to hard	Coklat s/d abu abu gelap
	Lempung lanau berpasir	37.00 – 40.00	38	Hard	Hitam
	Pasir berlanau	40.00 – 42.00	30 ->60	Dense to very dense	Hitam
BH-2	Lempung lanau kepasiran	0.00 – 11.00	1 - 3	Very soft to soft	Coklat s/d Abu-abu gelap
	Lempung lanau	11.00 – 39.00	6 - 32	Medium to hard	Coklat – abu abu gelap
	Pasir lanau	39.00 – 42.00	>60	Very dense	Hitam

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bawa lapisan tanah keras terletak di kedalaman antara - 39.00s/d -40.00 m dari muka tanah setempat.

3. Penyelidikan tanah di laboratorium

Pada Tabel 2 menunjukkan rekapitulasi hasil pengujian tanah di laboratorium, tampak bahwa untuk titik BH-1 harga Pp (Preconsolidation pressure) berkisar antara 0.91 s/d 1.00 kg/cm², untuk nilai Compression Index (Cc) berkisar antara 0.62 s/d 0.97, sedangkan harga index volume (Cv) berkisar antara 10⁻⁴ m²/detik s/d 10⁻³ cm²/detik, dan harga k rata rata 10⁻⁷ cm/detik, untuk harga kohesi tanah semakin kedalam semakin besar, yaitu dari 0.08 s/d 0.12 kg/cm². Maka dapat disimpulkan bahwa kondisi lapisan tanah dari kedalaman -0.00 meter s/d -12.00 meter, harga kohesinya (Cu) semakin mengarah ke kedalaman -12.00 meter semakin besar.

Untuk titik BH-2 harga Pp (Preconsolidation pressure) berkisar antara 0.85 s/d 0.99 kg/cm², untuk nilai Compression Index (Cc) berkisar antara 0.64 s/d 1.07, sedangkan harga index volume (Cv) berkisar antara 10⁻³ m²/detik s/d 10⁻⁴ cm²/detik, dan harga k rata rata 10⁻⁷ cm/detik, untuk harga kohesi tanah semakin kedalam semakin besar, yaitu dari 0.05 s/d 0.35 kg/cm². Maka dapat disimpulkan bahwa kondisi lapisan tanah dari kedalaman -0.00 meter s/d

-12.00 meter, harga kohesinya (Cu) semakin mengarah ke kedalaman -12.00 meter semakin besar.

Tabel 2: rekapitulasi hasil pengujian tanah di laboratorium, titik BH-1

KLIEN : PT. BUREAU VARITAS INDONESIA
 PROYEK : PERBAIKAN PONDASI
 LOKASI : PT. UNILEVER
 TITIK BOR : BH-1

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	G _s	e	sr	W _o	n	γ _t	γ _d	γ _{sat}	P _p	C _o	C _v
-3.00	2.604	1.464	100.00	56.22	59.42	1.651	1.057	1.651	0.96	0.97	2.10E-03
-6.00	2.627	1.348	100.00	51.31	57.41	1.693	1.119	1.693	0.94	0.81	1.62E-03
-9.00	2.546	1.267	100.00	49.76	55.89	1.682	1.123	1.682	1.00	0.75	9.00E-04
-12.00	2.668	1.207	100.00	45.24	54.69	1.756	1.209	1.756	0.91	0.62	8.20E-04

DEPTH (Meter)	Unconfined test		TRIAxIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	C _u	φ _u	C _d	φ _d	S _u (kPa)	C _v	
-3.00	0.081	*	*	*	*	*	2.66E-07
-6.00	0.075	*	*	*	*	*	2.66E-07
-9.00	0.078	*	*	*	*	*	1.14E-07
-12.00	0.12	*	*	*	*	*	1.02E-07

Perhitungan Kapasitas Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan harga data Bor dan SPT, telah dikemukakan oleh Terzaghi dan Bazara tahun 1975, dimana hasil perhitungan daya dukung yang dikemukakan oleh Terzaghi khususnya untuk lapisan tanah pasir oleh Bazara terdapat koreksi terhadap overburden (P_o'), yaitu sebagai berikut :

Koreksi terhadap pasir

Bila tanahnya berupa tanah pasir dan harga SPT > 15 blow/feet, maka dilakukan koreksi sbb ;

$$N_{corr-1a} = 15 + 0,5.(N - 15)$$

$$N_{corr-1b} = 0,6.N$$

N_{corr-1} = diambil angka yang terkecil dari N_{corr-1a} dan N_{corr-1b}

Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang pada laporan ini yang dipilih adalah dimensi bujur sangkar dengan ukuran 35 x 35. Hasil perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan data bor dan SPT, tampak bahwa untuk daya dukung tiang pancang dengan ukuran 35 x 35 pada kedalaman 19.00 meter dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: rekap daya dukung tiang pancang ukuran 35 x 35 cm

No./titik Bor	Kedalaman (m)	P _{ijin}	Keterangan
BH-1	19.00	77.41	SF = 2
BH-2	19.00	96.43	SF = 2

Dapat disimpulkan bahwa daya dukung tiang pancang yang diijinkan diambil yang terkecil, yaitu **P_{ijin} = 77.41 ton.**

Reaksi Kolom

Reaksi untuk masing-masing kolom (R) untuk Gedung PT. Unilever Indonesia telah dihitung dengan menggunakan program SAP 2000, dengan hasil perhitungan reaksi kolom ditampilkan dalam bentuk tabel, tampak seperti pada Tabel 4a.

Table 4a.: Result of Joint Reaction

RESULT OF JOINT REACTION (FROM SAP 2000 SOFTWARE)
EXISTING UNILEVER'S BUILDING
COMB 1 = (DEAD + SDL) + LL.....(SERVICE LOAD)

POINT	JOINT REACTION (Ton)	POINT	JOINT REACTION (Ton)
E11	133.593	F11	119.773
E10'	7.047	F10'	10.432
E10	83.905	F10	62.164
E9''	7.050	F9''	13.024

Pada Tabel 4a menunjukkan reaksi kolom (R) Gedung PT. Unilever Indonesia Lajur E, F, dan G, tampak bahwa reaksi yang terbesar adalah di titik E11, yaitu sebesar 133.593 ton.

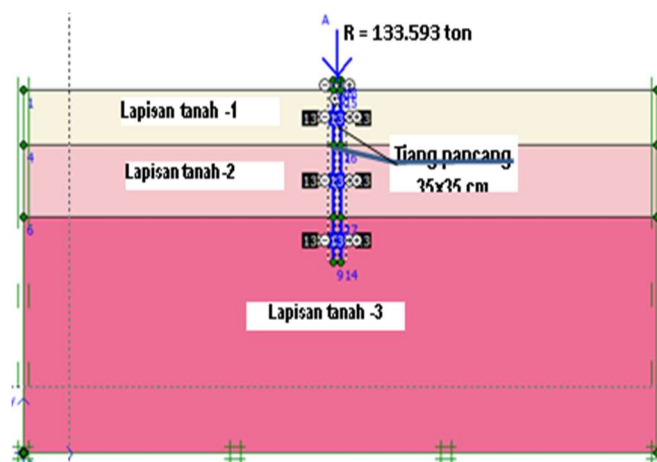
Reaksi kolom pada Tabel 4a dimaksud untuk dibandingkan dengan daya dukung P_{ijin} akan didapatkan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, yaitu reaksi kolom R/P_{ijin} . Hasil perhitungan jumlah kebutuhan tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 4b.

Tabel 4b: rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan tiang pancang

Joint	Reaction (ton)	Pijin (ton)	Jumlah tiang teoritis (ton)	Jumlah tiang disain (buah)	Terpasang di lapangan (buah)	Ketengan
E11	133.593	77.41	1.726	2	2	OK
E10'	7.047	77.41	0.091	1	1	OK
E10	83.908	77.41	1.084	1	2	OK
E9''	6.4	77.41	0.083	1	1	OK
E9'	0	77.41	0.000	1	1	OK

Tabel 4b menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan kebutuhan tiang pancang dan tiang pancang yang terpasang di lapangan, tampak bahwa tiang pancang yang terpasang di lapangan sudah sesuai dengan tiang pancang yang dibutuhkan, oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa berdasarkan hasil perhitungan tiang pancang dan tiang pancang yang terpasang di lapangan tidak ada masalah, pemasangan tiang pancang di masing-masing titik yang di tampilkan pada tabel 4b semua sudah sesuai.

1. Perhitungan settlement Tiang Pancang



Gambar 4: skema pembenan pada tiang pancang di titik G11

Perhitungan settlement tiang pancang menggunakan metode program Plaxis veri 8.2, pemodelan yang dilakukan pada Program Plaxis dalam bentuk 2 dimensi, dan lapisan tanah diasumsikan seragam.

Pondasi tiang pancang yang di analisa penurunan di titik E11, dimana reaksi titik E11 R = 133.593 ton, reaksi ini dimodelkan pada Plaxis dalam bentuk 2 dimansi, lihat pada Gambar 4.

Gambar 4 menunjukkan lapisan tanah di lokasi PT. Unilever Indonsia, lapisan dari pengeboran dapat dibagi menjadi 3 lapisan, sedangkan parameter yang dimasukkan ke model Plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5: Parameter lapisan tanah yang diinputkan pada Model Plaxis

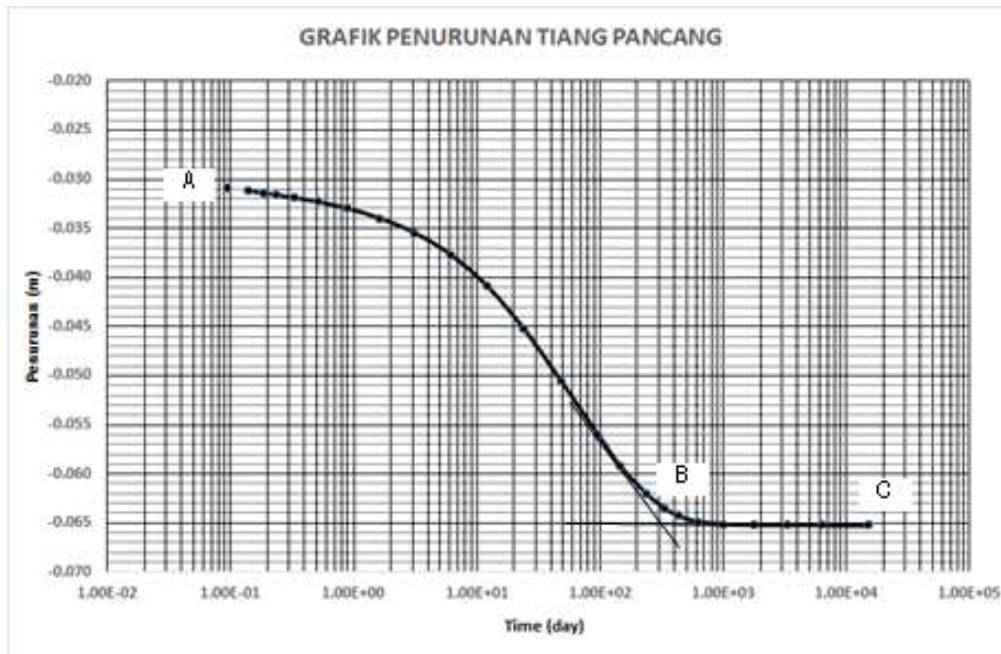
Lapis ke	γ_t	γ_{sat}	Cu	ϕ	E	v	Konsis tensi
1	1.600	1.800	0.05	20	1000	0.24	Soft
2	1.700	1.800	0.4	0	10000	0.26	Medium
3	1.800	1.900	1.50	0	1500	0.34	Hard

2. Penurunan tiang pancang kelompok (E11)

Tabel 6: rekap penurunan dan waktu hasil runnin program Plaxis

Point	Step	Time [day	Uy [m]	Point	Step	Time [day	Uy [m]
0	0	0.00E+00	0.00E+00	9	9	0.00E+00	-2.50E-02
1	1	0.00E+00	-7.18E-04	10	10	0.00E+00	-2.96E-02
2	2	0.00E+00	-1.44E-03	11	11	0.00E+00	-3.00E-02
3	3	0.00E+00	-2.88E-03	12	12	0.00E+00	-3.00E-02
4	4	0.00E+00	-5.77E-03	13	12	0.00E+00	-3.01E-02
5	5	0.00E+00	-8.62E-03	14	13	0.00E+00	-3.02E-02
6	6	0.00E+00	-1.14E-02	15	14	0.00E+00	-3.02E-02
7	7	0.00E+00	-1.42E-02	16	14	9.38E-02	-3.09E-02
8	8	0.00E+00	-1.99E-02	17	15	1.41E-01	-3.12E-02
9	9	0.00E+00	-2.50E-02	18	16	1.88E-01	-3.14E-02
10	10	0.00E+00	-2.96E-02	19	17	2.34E-01	-3.16E-02
11	11	0.00E+00	-3.00E-02	20	18	3.28E-01	-3.19E-02

Pada Tabel 6 menunjukkan tabel penurunan dan waktu penurunan hasil running dari program Plaxis, akibat konsolidasi dari lapisan tanah yang dibeban tiang pancang, dengan rekasi kolom R = 133.593 ton, data data dari Tabel 6 tersebut dapat dibuat grafik hubungan antara waktu penurunan dan besarnya penurunan. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



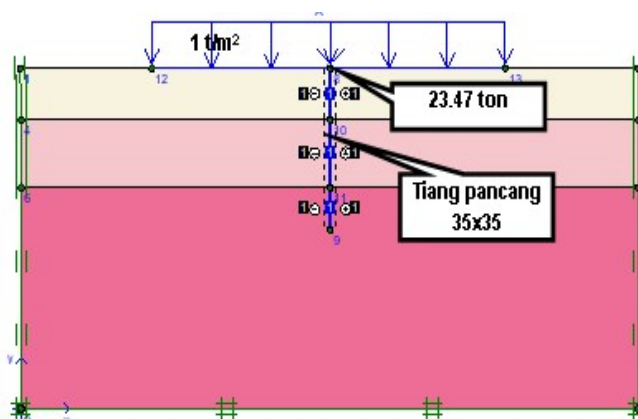
Gambar 5: grafik penurunan tiang pancang Vs log waktu.

Pada Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan antara penurunan vs waktu, dari grafik tersebut untuk penurunan dapat dibagi menjadi 2 (dua) tahap, antara lain tahap ke 1, yaitu penurunan primer, yang terjadi mulai titik A sampai dengan titik B, tampak bahwa besarnya penurunan mulai -0.031 m s/d -0.065 m, sama dengan 0.034 m = 3.4 cm, dengan waktu penurunan sekitar 1000 hari = 2.74 tahun, kemudian dilanjutkan penurunan selama 32 – 2.74 = 29.26 tahun. Sedangkan untuk tahap ke 2 adalah penurunan sekunder, penurunan tahap ke 2 ini berlangsung cukup lama dan kecepatannya sangat kecil. Berdasarkan grafik pada Gambar 5 penurunan sekunder di mulai dari titik B s/d titik C. Kecepatan penurunan per hari = $6.51E-02 - 6.48E-02 = 2.76E-04$ m, dalam waktu $1.01E+03$ hari - $6.24E+02$ hari = $3.84E+02$ hari, jadi kecepatan per-hari = $2.76E-04 / 3.84E+02 = 7.18E-04$ m/hari.

Total penurunan selama 32 tahun = 3.4 cm + $(7.18E-04 \times 29.6 \times 365) = 3.4 + 0.766 = 4.166$ cm (selama 32 tahun). Data penurunan tersebut diperoleh dari Tabel 6.

Jadi dapat disimpulkan bahwa penurunan tiang pancang group akibat adanya konsolidasi selama kurun waktu 32 tahun = 4.166 cm.

3. Penurunan tiang tunggal (G11)



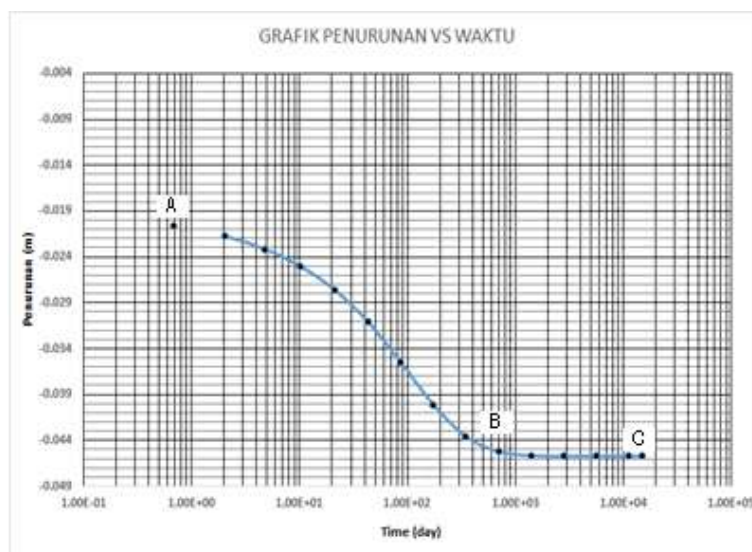
Gambar 6: skema pembenan pada tiang pancang di titik G11

Tabel 7: Rekap penurunan dan waktu hasil runnin program Plaxis

Point	Step	Time [day]	Uy [m]
0	0	0.00E+00	0.00E+00
1	1	0.00E+00	2.36E-03
2	2	0.00E+00	7.07E-03
3	3	0.00E+00	9.42E-03
4	4	6.80E-01	-2.06E-02
5	5	2.04E+00	-2.18E-02
6	6	4.76E+00	-2.31E-02
7	7	1.02E+01	-2.50E-02
8	8	2.11E+01	-2.76E-02
9	9	4.29E+01	-3.11E-02
10	10	8.64E+01	-3.55E-02
11	11	1.74E+02	-4.01E-02
12	12	3.48E+02	-4.36E-02
13	13	6.96E+02	-4.52E-02
14	14	1.39E+03	-4.57E-02
15	15	2.79E+03	-4.57E-02
16	16	5.57E+03	-4.57E-02
17	17	1.11E+04	-4.57E-02
18	18	1.50E+04	-4.57E-02

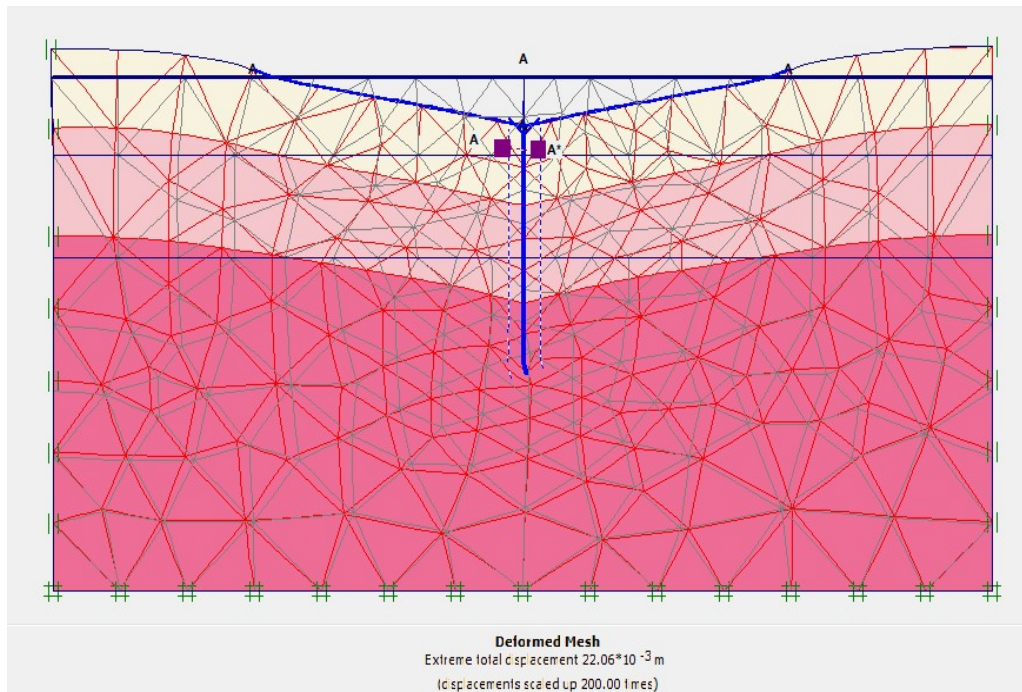
Pada Tabel 7 menunjukkan tabel penurunan dan waktu penurunan hasil running dari program dengan beban pada tiang pancang sebesar $R = 23.47$ ton, dan beban dipermukaan tanah sebesar 1 t/m^2 , akibat penurunan air (drawdown) setinggi 1 m, $q = \gamma_w h = 1 \cdot 1 = 1 \text{ t/m}^2$, (lihat skema pembebanan tiang pancang di titik G11 pada Gambar 6).

Data dari Tabel 7 dapat dibuat grafik hubungan antara waktu penurunan dan besarnya penurunan. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 6a.



Gambar 6a: grafik penurunan akibat konsolidasi, pada titik G11

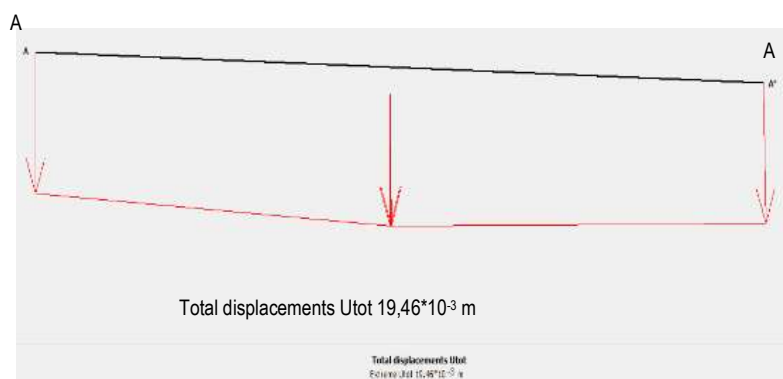
Pada Gambar 6a menunjukkan grafik hubungan antara penurunan vs waktu, dari grafik tersebut untuk penurunan dapat dibagi menjadi 2 (dua) tahap, antara lain tahap ke 1, yaitu penurunan primer, yang terjadi mulai titik A sampai dengan titik B, tampak bahwa besarnya penurunan mulai 0.0205 m s/d 0.046m, sama dengan $0.046\text{ m} - 0.0205\text{ m} = 0.0255\text{ m} = 2.55\text{ cm}$, dengan waktu penurunan sekitar 1000 hari = 2.74 tahun, kemudian dilanjutkan penurunan sekunder selama $32 - 2.74 = 29.26$ tahun, ini sudah memasuki tahap ke-2 yaitu penurunan sekunder, penurunan tahap ke-2 ini berlangsung cukup lama dan kecepatannya sangat kecil. Berdasarkan grafik pada Gambar 6 penurunan sekunder di mulai dari titik B s/d titik C, titik ini umurnya tidak terduga. Kecepatan penurunan per hari = $4.57\text{E-}02\text{m} - 4.52\text{E-}02\text{m} = 4.37\text{E-}04\text{m}$, dalam waktu $1.39\text{E+}03\text{ hari} - 6.96\text{E+}02\text{ hari} = 6.97\text{E+}02\text{hari}$, jadi kecepatan perhari $4.37\text{E-}04\text{ m} / 6.97\text{E+}0 = 6.27\text{E-}07\text{ m/hari}$. Total penurunan selama 32 tahun akibat konsolidasi = $2.55\text{ cm} + 6.27\text{E-}07 \times 29.6 \times 365 \times 100 = 2.55 + 0.677 = 3.277\text{ cm}$ (selama 32 tahun). Data penurunan tersebut diperoleh dari Tabel 6b.



Gambar 6b: diagram displacement di dekat pangkal tiang pancang

Jadi dapat disimpulkan bahwa penurunan tiang pancang single di titik G11 akibat adanya konsolidasi selama kurun waktu 32 tahun = 3.277 cm.

Penurunan akibat beban pelaksanaan (stage construction) di dekat tiang pancang bagian atas dapat dilihat pada Gambar 6b



Gambar 6c: diagram penurunan akibat konsolidasi di potongan A – A, lihat Gambar 6b

Pada Gambar 6c menunjukkan diagram penurunan akibat konsolidasi di potongan A – A, lihat Gambar 6b di atas, tampak bahwa besarnya penurunan yang terjadi = $19.46 \times 10^{-3} \text{ m}$ = 1.946 cm.

Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa total penurunan di potongan A – A = $3.277 + 1.946 = 5.223 \text{ cm}$.

Negatif Skin Friction

Ketika sebelum terjadi penurunan, yang terjadi adalah pengurangan friction pada selimut tiang (lekatan), dalam hal ini adalah dukungan selimut yaitu sebesar 82.19 ton, ketika turun maka yang terjadi adalah negatif skin friction yang besarnya sama yaitu 82.19 ton. Jadi pengurangan daya dukung selimut $R_{si} = 82.19 + 82.19 = 164.38 \text{ ton}$, $R_{si \text{ ijin}} = 164.38/2 = 82.19 \text{ ton}$, maka P_{ijin} ketika terjadi penurunan = $77.47 - 0.75 \times 82.19 = 77.47 - 61.64 = 15.83 \text{ ton} < 23.515 \text{ ton}$.

Dapat disimpulkan bahwa akibat beban air yang turun dengan tiba-tiba (drawdown), maka akan terjadi negatif skin friction dan terjadi pengurangan daya dukung tiang pancang, oleh karena itu disarankan agar jangan ada air yang menggenang di areal itu, karena bila terjadi penurunan dengan tiba-tiba, maka akan terjadi negatif skin friction yang dapat mengurangi daya dukung tiang pancang.

KESIMPULAN DAN SARAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa seperti yang telah diuraikan di atas, dapat disimpulkan sebagai berikut

:

1. Dari segi daya dukung tiang pancang menunjukkan bahwa pada perencanaan awal tidak ada masalah, artinya di portal E11, F11, dan G11, jumlah tiang yang terpasang di lapangan, telah memenuhi syarat seluruhnya.
2. Penyebab terjadinya penurunan disebabkan oleh adanya genangan air di atas muka tanah (ground surface) disekitar titik G11, yang mengalami penurunan dengan tiba-tiba (drawdown), sehingga terjadi negatif skin friction, yang dapat menimbulkan pengurangan daya dukung tiang pancang.

Saran

1. Genangan air di atas muka tanah seharusnya di hindarkan, mengingat genangan air tersebut kemungkinan terjadi penurunan tiba-tiba (drawdown) yang menyebabkan terjadinya negatif skin friction yang dapat mengurangi daya dukung pondasi tiang pancang.
2. Lumpur yang berasal dari sisa pengeboran harus dihilangkan dengan jalan mensuction (menyedot), namun harus dicampurkan dengan air terlebih dahulu supaya jadi lebih encer, sehingga mudah untuk dihilangkan dengan metode mensesdot dengan diesel.

DAFTAR PUSTAKA

- Braja M. DAS, 2001, *Principles of Geotechnical Engineering*, United States of America.
- Louafi B., & Bahar R, (2012), SAND: An Additive for Stabilization of Swelling Clay Soils, 2012 (September), 719-725

As'at Pujianto (2006), *Pengaruh Pasir Pada Tanah Fondasi Terhadap Tanah Linier Elastis dan Non-Elastis Akibat Gempa*, Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.

Departemen Lingkungan Hidup (1996), *Standar Getatran*, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48, Jakarta.

Svinkin, R. Mark. (1999), *A Novel Approach for Estimating Natural Frequencies of Foundation Vibrations*, Proceedings of SPIE, United States.

Hardiyatmo, HC., (2002), *Teknik Pondasi*, Beta Offset, Yogyakarta.

Richart (1970), *Vibrations of Soils and Foundations*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.