

**LAPORAN PENELITIAN
DANA PNBP TAHUN ANGGARAN 2014**



**EVALUASI PENURUNAN PONDASI GEDUNG
AUDITORIUM UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
BERDASARKAN DATA SONDIR**

OLEH :

RAHMANI KADARNINGSIH, S.T., M.T. (KETUA)

FADLY ACHMAD, S.T., M.Eng (ANGGOTA)

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
SEPTEMBER 2014**

ABSTRAKSI

Universitas Negeri Gorontalo (UNG) saat ini sedang membangun sarana dan prasarana kampus guna memenuhi jumlah mahasiswa yang terus bertambah, salah satunya adalah gedung auditorium. Sejak tahun 2013 gedung ini sudah difungsikan sebagai gedung pertemuan, pelaksanaan wisuda, acara seminar, dll. Gedung auditorium UNG dibangun di atas tanah lanau sampai pasir dengan struktur pondasi tiang pancang kedalaman sampai mencapai 9 meter. Penelitian ini akan menyajikan masalah penurunan pondasi yang terjadi pada saat tahap konstruksi selesai. Penurunan pada bangunan adalah suatu hal yang umum terjadi karena sifat pemampatan tanah akibat beban di atasnya. Akan tetapi penurunan yang berlebihan atau melebihi penurunan yang diijinkan dapat menyebabkan kerusakan struktural pada bangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya penurunan pondasi tiang pancang tunggal dan kelompok pada gedung auditorium Universitas Negeri Gorontalo. Data penurunan ini diperlukan agar resiko kerusakan struktural pada bangunan bisa diketahui sejak dini.

Penelitian ini dilakukan di gedung auditorium UNG setelah 1 tahun digunakan. Analisis penurunan pondasi tiang tunggal dan tiang kelompok berdasarkan metode De Beer dan Marten (1957).

Hasil analisis penurunan pondasi tiang tunggal (*PC-1*) adalah sebesar 10 mm, tiang kelompok (*PC-2A*) sebesar 21 mm, dan tiang kelompok (*PC-2B*) sebesar 18 mm. Penurunan pondasi yang terjadi pada gedung Auditorium Universitas Negeri Gorontalo termasuk aman.

Kata-kata kunci: penurunan, sondir, pondasi, kerusakan struktural.

**HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN PENELITIAN PNB (BID. PENELITIAN IPTEK)**

Judul Kegiatan : EVALUASI PENURUNAN PONDASI GEDUNG AUDITORIUM UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO
BERDASARKAN DATA SONDIR

KETUA PENELITI

A. Nama Lengkap : Rahmani Kadarningsih, ST, MT
B. NIDN : 0030047803
C. Jabatan Fungsional : Lektor
D. Program Studi : D3 Teknik Sipil
E. Nomor HP : 081340108000
F. Email : rahmanikadarningsih@rocketmail.com

Lama Penelitian :

Keseluruhan :

Penelitian Tahun Ke : 1

Biaya Penelitian :

Keseluruhan :

Biaya Tahun Berjalan : - Diusulkan Ke Lembaga : -
- Dana Internal PT : -
- Dana Institusi Lain : -

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik,



(Dr. Rahmiah Husain, MT)
NIP/NIK. 196404271994032001
FAKULTAS TEKNIK

Gorontalo, 26 Maret 2013
Ketua Peneliti,

(Rahmani Kadarningsih, ST, MT)
NIP/NIK. 197804302006042001

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian



(Dr. Fitriyane Lihawa, M.Si)
NIP/NIK. 196912091993032001

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis haturkan kehadiran Allah SWT “Raja Manusia” yang telah memberikan rahmat atas selesainya penyusunan laporan ini. Laporan ini berisi tentang hasil penelitian analisis penurunan gedung auditorium Universitas Negeri Gorontalo. Sejak difungsikan tahun 2013, gedung ini digunakan sebagai gedung pertemuan, pelaksanaan wisuda, acara-acara seminar, dll. Gedung auditorium UNG dibangun di atas tanah lanau sampai pasir dengan struktur pondasi tiang pancang kedalaman sampai 9 meter. Penelitian ini mengkaji besarnya penurunan pada kedalaman rencana.

Dalam penyusunan laporan ini penulis menyadari masih terdapat beberapa kekurangan, untuk itu mohon saran dan masukan dari pembaca sekalian demi kesempurnaannya.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pihak Lembaga Penelitian (Lemlit) UNG yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk meneliti masalah penurunan di gedung auditorium UNG dan kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam hal penelitian dan penyusunan laporan ini.

Gorontalo, 29 Agustus 2014

Rahmani Kadarningsih

DAFTAR ISI

ABSTRAKSI	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
Latar Belakang Masalah	1
Identifikasi Masalah	1
Pembatasan Masalah	2
Perumusan Masalah.....	2
Tujuan Penelitian.....	2
Manfaat Penelitian.....	2
BAB II KERANGKA TEORI DAN PERUMUSAN HIPOTESIS.....	3
Deskripsi Teoretik	3
Kerangka Berpikir	8
Perumusan Hipotesis	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	10
Metode Penelitian.....	10
Waktu dan Lokasi Penelitian	10
Desain Penelitian.....	12
Populasi dan Sampel.....	13
Instrumen Penelitian	13
Teknik Pengumpulan Data.....	13
Teknik Analisis Data	13
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	14
Deskripsi Data.....	14
Data Tanah.....	14
Analisis Penurunan Tiang Pancang	15

Tiang Tunggal (<i>PC-1</i>)	15
Tiang Kelompok (<i>PC-2A</i>)	16
Tiang Kelompok (<i>PC-2B</i>)	18
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN	20
Simpulan	20
Implikasi	20
Saran	20
DAFTAR PUSTAKA.....	21
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai-nilai Tipikal n , e , γ_d , γ_b untuk Tanah Asli.....	5
Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah AASTHO	6
Tabel 4.1 Nilai Tahanan Konus (q_c) $S1$	14
Tabel 4.2 Nilai Tahanan Konus (q_c) $S2$	14
Tabel 4.3 Nilai Tahanan Konus (q_c) $S3$	15
Tabel 4.4. Penurunan Tiang Pancang	19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Tanah	4
Gambar 2.2 Klasifikasi Tanah berdasarkan Tekstur	4
Gambar 2.3 Klasifikasi tanah <i>Unified</i>	5
Gambar 3.1 Lokasi Gedung Auditorium UNG	12
Gambar 5.1 Tiang Tunggal (<i>PC-1</i>)	15
Gambar 5.2 Tiang Kelompok (<i>PC-2A</i>)	17
Gambar 5.3 Tiang Kelompok (<i>PC-2B</i>)	18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Laporan Penyelidikan Tanah (Sondir) Gedung Auditorium UNG

Lampiran 2. As-Built Drawing Gedung Auditorium

BAB I

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Beberapa tahun belakangan ini Universitas Negeri Gorontalo (UNG) sedang membangun sarana dan prasarana kampus guna memenuhi jumlah mahasiswa yang terus bertambah, antara lain gedung perkuliahan, auditorium, *training center* dan gedung pelayanan terpadu. Pembangunan gedung ini dilaksanakan secara bertahap dan sebagian sudah difungsikan. Salah satu gedung yang sudah difungsikan sejak tahun 2013 adalah gedung auditorium. Gedung ini berfungsi sebagai gedung serbaguna yang digunakan oleh pihak UNG sebagai gedung pertemuan, pelaksanaan wisuda, acara-acara seminar, dll. Gedung auditorium UNG dibangun di atas tanah lanau sampai pasir dengan struktur pondasi tiang pancang kedalaman sampai mencapai 9 meter. Penelitian ini akan menyajikan masalah penurunan pondasi yang terjadi pada saat tahap konstruksi selesai. Penurunan pada bangunan adalah suatu hal yang umum terjadi karena sifat pemampatan tanah akibat beban di atasnya. Akan tetapi penurunan yang berlebihan atau melebihi penurunan yang diijinkan dapat menyebabkan kerusakan struktural pada bangunan.

Salah satu kegagalan utama dalam konstruksi gedung adalah karena umumnya penurunan itu tidak diantisipasi dan tidak dimonitor sehingga perubahan elevasi permukaan tanah tidak dapat dibaca (Rahardjo, 2001). Kondisi seperti ini harus mendapat perhatian lebih agar resiko fatal yang ditimbulkannya dapat dihindari. Penelitian ini akan memonitor penurunan tiang berdasarkan data sondir pada saat gedung ini selesai dikerjakan.

Identifikasi Masalah

Dari hasil pengamatan beberapa gedung perkuliahan yang ada di UNG, dijumpai terdapat gedung dalam kondisi retak akibat penurunan pondasi. Pondasi yang mengalami penurunan umumnya terletak pada lapisan tanah lunak dengan beban yang relatif besar. Beban bangunan yang begitu besar menyebabkan tanah pendukung pondasi tidak mampu memikulnya. Untuk mengetahui kondisi bangunan gedung auditorium UNG perlu dilakukan penelitian terhadap penurunan pondasi.

Saat ini gedung auditorium UNG sudah 2 tahun difungsikan sehingga penting untuk dimonitor besarnya penurunan akibat beban bangunan yang bekerja penuh. Analisis penurunan ini merupakan monitoring dan evaluasi terhadap penurunan segera saat bangunan mulai difungsikan.

Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada analisis penurunan pondasi berdasarkan data sondir dengan menggunakan persamaan Terzaghi.

Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang, dapat dirumuskan beberapa masalah:

- Berapa besar penurunan pondasi tiang pancang gedung auditorium UNG pada saat tahap konstruksi selesai?
- Apakah penurunan pondasi yang terjadi pada pembangunan gedung auditorium UNG aman terhadap penurunan yang diijinkan?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis besarnya penurunan pondasi tiang pancang gedung auditorium UNG.

Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai pedoman dan informasi kepada pihak terkait mengenai besarnya penurunan yang terjadi pada gedung auditorium UNG.

BAB II

KERANGKA TEORI DAN PERUMUSAN HIPOTESIS

Deskripsi Teoretik

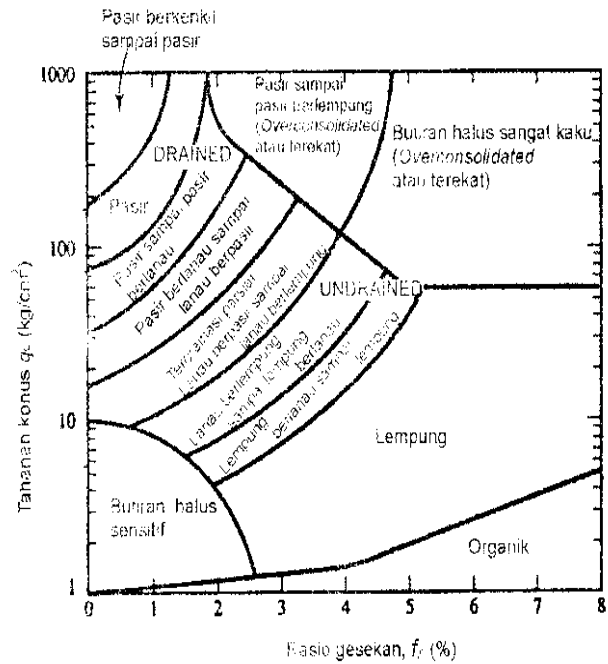
Jenis-Jenis Tanah Pendukung Pondasi

Berbagai usaha telah dilakukan untuk memperoleh klasifikasi atau penge-lompokkan tanah secara umum, yang dapat membantu dalam memprediksi tanah ketika mengalami pembebanan. Tanah yang ditinjau menurut klasifikasi tertentu dapat diprediksi perilakunya, didasarkan pada pengalaman di lokasi yang memiliki jenis tanah kira-kira sama.

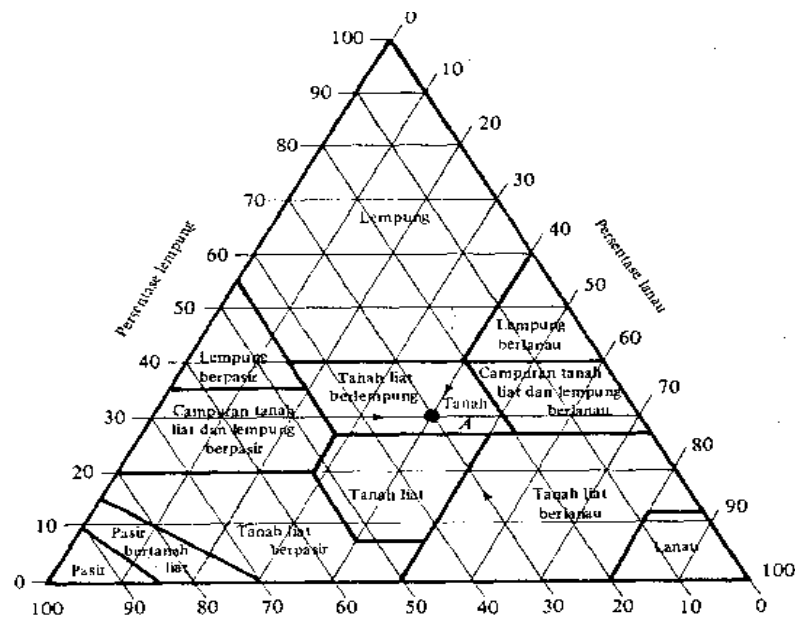
Klasifikasi tanah berguna sebagai petunjuk awal dalam memprediksi kelakuan tanah, tanah berbutir kasar dapat diidentifikasi berdasarkan ukuran butiran. Kerikil adalah butiran yang ukurannya dari 2 mm sampai dengan 3 inci, lanau ukurannya dari 0,002 mm sampai dengan 0,06 mm, lempung ukurannya kecil 0,02 mm. Tanah pasir disebut pasir kasar jika diameter butiran berkisar 0,6 sampai dengan 2 mm, pasir sedang diameter butirannya 0,2 sampai dengan 0,6 mm, pasir halus diameter butirannya 0,06 sampai dengan 0,2 mm.

Tanah berbutir halus terdiri dari fraksi-fraksi tanah *mikroskopis* yang mengembangkan plastisitas atau kohesi disebut lanau. Lempung adalah kumpulan butiran mineral kristalin bersifat mikroskopis dan berbentuk serpihan-serpihan atau plat-plat, butiran lempung lebih halus dari lanau. Di lapangan merupakan kombinasi dari salah satu unsur secara parsial atau perpaduan/kombinasi semua unsur secara keseluruhan.

Sistem klasifikasi tanah yang ada mempunyai beberapa versi yang berbeda sesuai dengan peruntukannya. Hal ini disebabkan karena tanah memiliki sifat-sifat yang bervariasi dan berbeda. Salah satu metode klasifikasi tanah yang ada adalah klasifikasi tanah Robertson dan Campanella (1983) dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi Tanah (Robertson dan Campanella, 1983 dalam Hardiyatmo, 2010a).



Gambar 2.2 Klasifikasi Tanah berdasarkan Tekstur (Das, 1995).

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria laboratorium
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0.075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar ter. tanah saringan no. 4 (4.75 mm)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria untuk GW
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $F_i < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $F_i > 7$
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung	
	Pasir lebih dari 50% dari fraksi kasar ter. tanah saringan no. 4 (4.75 mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria untuk SW
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	
	SC		Pasir berlempung, campuran pasir - lempung	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0.075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("lean clays")	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	P _t	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Gambar 2.3 Klasifikasi tanah *Unified* (Hardiyatmo, 2010a).

Nilai porositas (n), angka pori (e), berat volume basah (γ_b), berat volume butiran padat (γ_d) yang disarankan oleh Terzaghi (1934) seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Nilai-nilai Tipikal n , e , γ_d , γ_b untuk Tanah Asli (Terzaghi, 1943 dalam Hardiyatmo, 2010a)

Macam Tanah	n (%)	e	w (%)	γ_d (kN/m ³)	γ_b (kN/m ³)
Pasir seragam, tidak padat	46	0,85	32	14,3	18,9
Pasir seragam, padat	34	0,51	19	17,5	20,9
Pasir berbutir campuran, tidak padat	40	0,67	25	15,9	19,9
Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	18,6	21,6
Lempung lunak sedikit organik	66	0,9	70	-	15,8
Lempung lunak sangat organik	75	3	110	-	14,3

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah AASTHO (Hardiyatmo, 2010a)

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir						
	(35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi ayakan	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Ayakan							
(% Lolos)							
No. 10	Maks 50						
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No.200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40							
Batas Cair (LL)	Maks 6	NP		Maks 40	Min 41	Min 40	Min 41
Indeks Plastisitas (PI)				Maks 10	Maks 10	Maks 11	Maks 11
Tipe material yang paling dominan	Batu Pecah Kerikil Pasir	Pasir Halus	Kerikil dan pasir yang berlanau				
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Catatan:

A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (*PL*),

Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5,

Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6,

Np = Non Plastis.

Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang adalah pondasi yang mampu menahan gaya yang ortogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan, dibuat menjadi satu kesatuan yang *monolit* dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi.

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada di bawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan beban yang bekerja padanya. Apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat

dalam dari permukaan tanah maka kedalaman pondasi tiang lebih dari 8 m (Bowles, 1996).

Pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud, antara lain:

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang kuat.
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan sisi tiang dengan tanah di sekitarnya.
3. Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatis atau momen penggulingan.
4. Untuk menahan gaya-gaya horisontal dan gaya yang arahnya miring.
5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah.
6. Untuk mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air (Hardiyatmo, 2010b).

Penurunan

Menurut Hardiyatmo 2007, jika lapisan tanah dibebani maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan oleh berubahnya susunan tanah maupun oleh pengurangan rongga/pori air dalam tanah tersebut, jumlah dari regangan sepanjang kedalaman lapisan merupakan penurunan total tanah. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi.

Penurunan yang terjadi pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus kering atau tidak jenuh terjadi dengan segera sesudah beban bekerja. Penurunan pada kondisi ini disebut penurunan segera (*immediate settlement*). Penurunan segera merupakan bentuk penurunan elastik. Dalam praktek, sangat sulit memperkirakan besarnya penurunan segera. Hal ini tidak hanya karena tanah dalam besarnya penurunan segera. Hal ini tidak hanya karena tanah dalam kondisi alam tidak homogen dan anisotropik dengan modulus elastitas yang bertambah dengan kedalaman, tetapi juga terdapat kesulitan dalam mengevaluasi kondisi tegangan dan regangan yang terjadi di lapisan tanah. Penurunan segera banyak diperhatikan pada pondasi bangunan yang terletak pada tanah granuler atau tanah berbutir kasar.

Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) terjadi pada tanah berbutir halus yang terletak di bawah muka air tanah. Penurunan yang terjadi memerlukan waktu, yang lamanya tergantung pada kondisi lapisan tanah. Bila tanah mengalami pembebanan dan kemudian berkonsolidasi, maka penurunan tersebut berlangsung dalam 3 fase, yaitu:

Fase awal, yaitu fase di mana penurunan terjadi dengan segera sesudah beban bekerja. Di sini, penurunan terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori tanah. Pada lempung jenuh, kemungkinan ini sangat kecil. Tetapi pada lempung tidak jenuh, hal ini sangat besar pengaruhnya terhadap penurunan. Proporsi penurunan awal dapat diberikan dalam perubahan angka pori, dan dapat ditentukan dari kurva waktu terhadap penurunan dari uji konsolidasi.

Fase konsolidasi primer atau konsolidasi hidrodinamis, yaitu penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan air yang meninggalkan rongga pori tanah akibat adanya tambahan tekanan. Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanah, seperti: permeabilitas, kompresibilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horizontal dari zona mampat, dan batas lapisan lolos air, di mana air keluar menuju lapisan yang lolos air ini.

Fase konsolidasi sekunder merupakan proses lanjutan dari konsolidasi primer, di mana prosesnya berjalan sangat lambat. Pada tanah-tanah anorganik penurunan konsolidasi sekunder jarang diperhitungkan karena pengaruhnya sangat kecil. Kecuali, pada jenis tanah organik tinggi dan beberapa lempung anorganik yang sangat mudah mampat.

Sebagian besar penurunan diakibatkan oleh pengurangan angka pori. Hampir semua jenis tanah akan berkurang angka porinya (e), bila beban vertikal bertambah dan akan bertambah angka porinya bila bebannya dikurangi. Tambahan tegangan di dalam tanah akibat beban pondasi bangunan akan selalu diikuti oleh regangan yang menghasilkan penurunan pada struktur.

Ada beberapa sebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja di atas tanah:

1. Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah.
2. Kerusakan atau terjadi defleksi yang besar pada pondasi.

3. Distorsi geser (*shear distortion*) dari tanah pendukungnya.
4. Turunnya tanah akibat perubahan angka pori.

Keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas dukungan tanah akan mengakibatkan penurunan sebagian (*differential settlement*) diseluruh bangunan. Faktor aman terhadap bahaya keruntuhan akibat geser ini harus diperhitungkan secara matang. Penurunan akibat defleksi atau kerusakan pondasi umumnya jarang terjadi di dalam perancangan pondasi dangkal. Bahaya kerusakan akibat defleksi ini sangat penting diperhatikan pada waktu merancang pondasi dalam, seperti pondasi sumuran atau pondasi tiang. Analisis dari kemungkinan ini tidak dibahas disini karena menyangkut perancangan struktur atas. Masalah yang paling perlu diperhatikan dalam analisis penurunan adalah sifat-sifat mekanik pada tanah di bawah beban, terutama pada jenis-jenis tanah bila dengan beban yang direncanakan akan mengalami penurunan yang besar.

Seperti telah disebutkan, penurunan total dari tanah berbutir halus yang jenuh adalah jumlah penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Penurunan konsolidasi masih dapat dibedakan lagi menjadi penurunan akibat konsolidasi primer dan penurunan konsolidasi sekunder. Bila dinyatakan dalam bentuk persamaan, penurunan total adalah:

$$S = S_i + S_c + S_s$$

dengan:

S = Penurunan total

S_i = Penurunan segera

S_c = Penurunan akibat konsolidasi primer

S_s = Penurunan akibat konsolidasi sekunder

Perkiraan Penurunan dengan Menggunakan Hasil Uji Sondir

Penurunan pondasi pada tanah granuler dapat dihitung dan hasil uji kerucut statis (*static cone penetration test*). De Beer dan Marten (1957) dalam Hardiyatmo (2010a) mengusulkan persamaan angka kompresi (C) yang dikaitkan dengan persamaan Buismann, sebagai berikut:

$$C = \frac{1,5q_c}{p'_o}$$

dengan,

C = angka pemampatan (angka kompresibilitas)

q_c = tahanan kerucut statis (sondir)

p_o' = tahanan overburden efektif

Satuan q_c dan p_o' harus sama, nilai C ini kemudian didistribusikan kedalam persamaan Terzaghi untuk penurunan pada lapisan tanah yang ditinjau, yaitu:

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

dengan,

S_i = penurunan akhir (m) dari lapisan setebal H (m)

p_o' = tekanan overburden efektif, yaitu tegangan efektif sebelum beban bekerja

Δp = tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan oleh tegangan akibat beban pondasi netto

Dalam menentukan konstanta kompresibilitas (C) diperlukan nilai q_c rata-rata. Penurunan di setiap lapisan yang tertekan oleh beban pondasi dihitung terpisah, dan hasilnya ditambahkan sama-sama. Hasilnya akan merupakan penurunan total dari seluruh lapisannya.

Kerangka Berpikir

Pada waktu tiang dibebani, tiang akan mengalami pemendekan dan tanah disekitarnya akan mengalami penurunan. Penurunan yang tidak seragam dapat lebih membahayakan bangunan dari pada penurunan totalnya. Penurunan dibedakan menjadi 2 (dua) penurunan pondasi tiang tunggal dan penurunan pondasi tiang kelompok. Beberapa hal yang perlu diketahui mengenai penurunan yaitu besarnya penurunan akan terjadi dan kecepatan penurunan (Hardiyatmo, 2007). Penurunan (regangan) yang terjadi dalam tanah disebabkan oleh dua akibat, yaitu berubahnya susunan tanah dan berkurangnya rongga pori di dalam tanah tersebut. Jumlah dari regangan diseluruh kedalaman lapisan tanah, merupakan penurunan total tanah. Penurunan akibat beban adalah jumlah total dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi.

Berdasarkan survey visual yang telah dilakukan terhadap beberapa gedung perkuliahan UNG khususnya Fakultas Teknik, terdapat beberapa kerusakan struktural bangunan seperti retak. Hal ini mengindikasikan telah terjadi penurunan pada pondasi bangunan. Mengingat gedung auditorium UNG lokasinya berdekatan dengan gedung Fakultas Teknik dan gedung ini direncanakan dapat menampung 1000 - 1500 orang, maka penelitian mengenai besarnya penurunan yang terjadi menjadi sangat penting.

Perumusan Hipotesis

Berdasarkan berbagai teori dan kerangka berpikir yang telah diuraikan di atas, dirumuskan hipotesis penelitian adalah terjadi penurunan pada gedung auditorium UNG mengingat gedung ini lokasinya berdekatan dengan gedung Fakultas Teknik yang telah mengalami penurunan dan sebagian mengalami retak.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Data utama adalah data hasil pengujian lapangan (sondir). Data-data tersebut akan diolah dan dijadikan dasar dalam melakukan eksperimen di laboratorium untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus 2014 dengan lokasi gedung auditorium UNG. Peta lokasi yang menjadi obyek penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Gedung Auditorium UNG (<http://googlemap.com>, diakses 29 Agustus 2014).

Desain Penelitian

Desain penelitian mencakup seluruh tahapan proses penelitian mulai dari pengumpulan data primer berupa pengujian sondir di lapangan dengan mengambil sampel sebanyak 3 titik dan data sekunder berupa data desain dan as built drawing. Data yang didapatkan kemudian dianalisis penurunannya selanjutnya diuji penurunan ijinnya.

Populasi dan Sampel

Uji sondir (sampel) yang dilakukan dalam penelitian ini sebanyak 3 titik yang penyebarannya ditentukan menurut kebutuhan.

Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini berupa alat sondir dan tiang pancang.

Teknik Pengumpulan Data

Data utama yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data hasil pengujian sondir. Data sekunder didapatkan dari bagian ULP UNG dan pihak kontraktor PT. Adhi Karya Tbk (persero).

Teknik Analisis Data

Analisis penurunan didasarkan pada persamaan Terzaghi:

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{p'_o + \Delta p}{p'_o}$$

dengan,

S_i = penurunan akhir (m) dari lapisan setebal H (m)

p'_o = tekanan overburden efektif aal, yaitu tegangan efektif sebelum beban bekerja

Δp = tambahan tegangan vertikal di tengah-tengah lapisan oleh tegangan akibat beban pondasi netto

De Beer dan Marten (1957) dalam Hardiyatmo (2010a) mengusulkan persamaan angka kompresi (C) yang dikaitkan dengan persamaan Buismann, sebagai berikut:

$$C = \frac{1,5q_c}{p'_o}$$

dengan,

C = angka pemampatan (angka kompresibilitas)

q_c = tahanan kerucut statis (sondir)

p'_o = tahanan *overburden* efektif

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Data:

Pada proyek pembangunan Auditorium Universitas Negeri Gorontalo oleh PT. Adhi Karya, Tbk (persero) menggunakan tiang pancang dengan data sebagai berikut:

1. Panjang Tiang : 9 meter.
2. Diameter Tiang : 0,60 meter.
3. Mutu beton tiang : K-500.
4. Kapasitas Tiang : 700 kN

Data Tanah

Hasil penyelidikan tanah dengan alat sondir dilakukan terhadap 3 titik. Berdasarkan analisis klasifikasi tanah (Robertson dan Campanella, 1983 dalam Hardiyatmo, 2010a), jenis tanah di lokasi pembangunan gedung auditorium UNG umumnya adalah pasir.

Berat volume tanah (γ_b) : 20 kN/m³

Nilai-nilai tahanan konus (q_c) dari hasil penyelidikan tanah dengan pengujian sondir 1 - 3 (S1-S3) dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Nilai Tahanan Konus (q_c) S1

No.	Kedalaman (m)	q_c (kg/cm ²)	FR (%)	Deskripsi
1.	0,00 – 2,40	40	1,04	Pasir berlanau
2.	2,40 – 5,60	80	0,61	Pasir berlanau
3.	5,60 – 7,80	65	0,57	Pasir berlanau
4.	7,80 – 9,60	110	0,32	Pasir

Tabel 4.2 Nilai Tahanan Konus (q_c) S2

No.	Kedalaman (m)	q_c (kg/cm ²)	FR (%)	Deskripsi
1.	0,00 – 3,40	25	1,22	Lanau berpasir
2.	3,40 – 5,00	70	0,61	Pasir
3.	5,00 – 8,20	150	0,30	Pasir
4.	8,20 – 9,00	170	0,20	Pasir

Tabel 4.3 Nilai Tahanan Konus (q_c) S3

No.	Kedalaman (m)	q_c (kg/cm ²)	FR (%)	Deskripsi
1.	0,00 – 3,20	60	0,72	Pasir berlanau
2.	3,20 – 6,20	100	0,44	Pasir
3.	6,20 – 8,00	70	0,57	Pasir berlanau
4.	8,00 – 9,00	150	0,29	Pasir

Analisis Penurunan Tiang Pancang

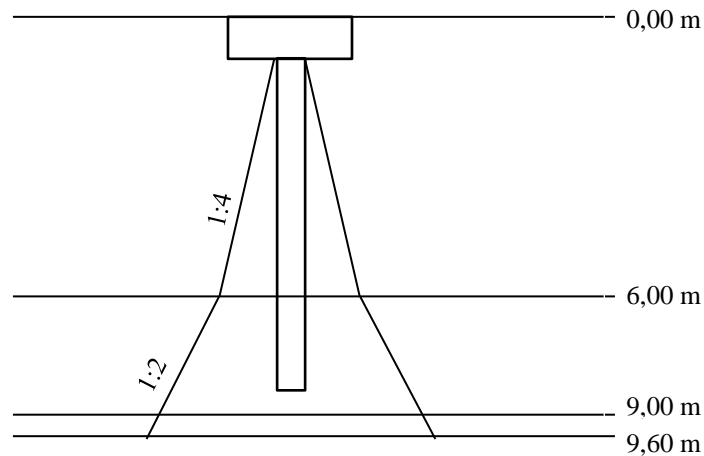
Tiang Tunggal (PC-1)

Area pembebanan kelompok tiang yang diperhitungkan,

Panjang = 0,80 m

Lebar = 0,80 m

Kedalaman dasar poer ekivalen dari dasar lapisan tanah di bawahnya = $2/3 \times 9 = 6$ m.



Gambar 5.1 Tiang Tunggal (PC-1)

Tekanan pada dasar poer pondasi :

$$= \frac{1,0 \times 700}{0,80 \times 0,80} = 1.093,75 \text{ kN/m}^2$$

De Beer dan Marten mengusulkan persamaan angka kompresi dikaitkan dengan persamaan Buismann :

$$C = \frac{1,5q_c}{p_o'}$$

$$p_o' = (9 \times 20)$$

$$= 180 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan data sondir (S2), nilai q_c diambil pada kedalaman 9 m = 195 kg/cm².

$$C = \frac{1,5 \times 195 \times 98,1}{180} = 159,41$$

Hitungan tambahan tegangan rata-rata pada lapisan yang ditinjau terhadap tekanan pondasi netto:

$$\Delta p = \frac{1.093,75 \times (0,80 \times 0,80)}{(0,80 + 1,80)(0,80 + 1,80)} = 103,6 \text{ kN/m}^2$$

Penurunan segera:

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

$$S_i = \frac{3,60}{159,41} \ln \frac{180 + 103,60}{180} = 0,01 \text{ m} = 10 \text{ mm}$$

$$S_i = 10 \text{ mm} < S \text{ ijin} = 65 \text{ mm}$$

Untuk pondasi tunggal PC-1 aman terhadap penurunan maksimum yang diijinkan.

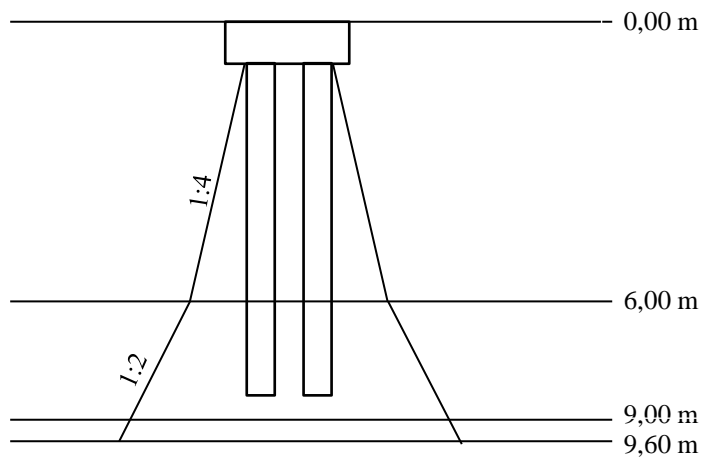
Tiang Kelompok (PC-2A)

Area pembebanan kelompok tiang yang diperhitungkan,

Panjang = 2,00 m

Lebar = 0,80 m

Kedalaman dasar poer ekivalen dari dasar lapisan tanah di bawahnya = $2/3 \times 9 = 6$ m.



Gambar 5.2 Tiang Kelompok (PC-2A)

Tekanan pada dasar per pondasi :

$$= \frac{2,0 \times 700}{2,00 \times 0,80} = 875 \text{ kN/m}^2$$

De Beer dan Marten mengusulkan persamaan angka kompresi dikaitkan dengan persamaan Buismann :

$$C = \frac{1,5q_c}{p_o'}$$

$$p_o' = (9 \times 20)$$

$$= 180 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan data sondir (S1), nilai q_c diambil pada kedalaman 9 m = 120 kg/cm²

$$C = \frac{1,5 \times 120 \times 98,1}{180} = 98,10$$

Hitungan tambahan tegangan rata-rata pada lapisan yang ditinjau terhadap tekanan pondasi *netto*:

$$\Delta p = \frac{875 \times (2,00 \times 0,80)}{(2,00 + 1,80)(0,80 + 1,80)} = 141,70 \text{ kN/m}^2$$

Penurunan segera:

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{p'_o + \Delta p}{p'_o}$$

$$S_i = \frac{3,60}{98,10} \ln \frac{180 + 141,70}{180} = 0,021 \text{ m} = 21 \text{ mm}$$

$$S_i = 21 \text{ mm} < S \text{ ijin} = 65 \text{ mm}$$

Untuk pondasi kelompok PC-2A aman terhadap penurunan maksimum yang diijinkan.

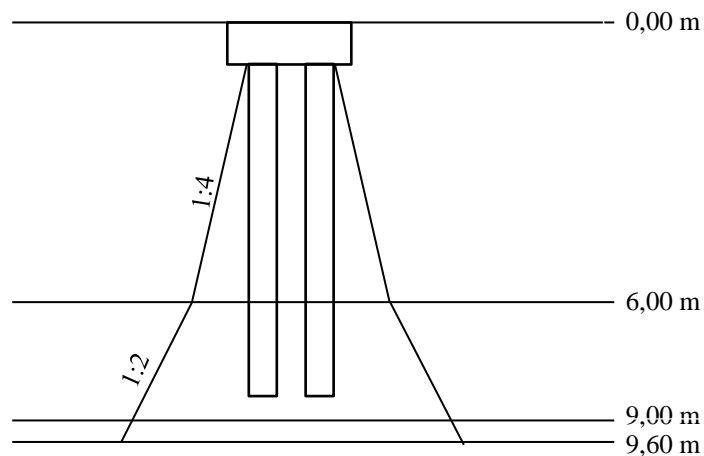
Tiang Kelompok (PC-2B)

Area pembebanan kelompok tiang yang diperhitungkan,

Panjang = 2,05 m

Lebar = 1,35 m

Kedalaman dasar poer ekivalen dari dasar lapisan tanah di bawahnya = $\frac{2}{3} \times 9 = 6$ m.



Gambar 5.2 Tiang Kelompok (PC-2B)

Tekanan pada dasar poer pondasi :

$$= \frac{2,0 \times 700}{2,05 \times 1,35} = 505,87 \text{ kN/m}^2$$

De Beer dan Marten mengusulkan persamaan angka kompresi dikaitkan dengan persamaan Buismann :

$$C = \frac{1,5q_c}{p'_o}$$

$$\begin{aligned}
 p_o' &= (9 \times 20) \\
 &= 180 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data sondir (S_2), nilai q_c diambil pada kedalaman 9 m = 120 kg/cm²

$$C = \frac{1,5 \times 120 \times 98,1}{180} = 98,10$$

Hitungan tambahan tegangan rata-rata pada lapisan yang ditinjau terhadap tekanan pondasi *netto*:

$$\Delta p = \frac{505,87 \times (2,05 \times 1,35)}{(2,05 + 1,80)(1,35 + 1,80)} = 115,44 \text{ kN/m}^2$$

Penurunan segera:

$$S_i = \frac{H}{C} \ln \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

$$S_i = \frac{3,60}{98,10} \ln \frac{180 + 115,44}{180} = 0,018 \text{ m} = 18 \text{ mm}$$

$$S_i = 18 \text{ mm} < S \text{ ijin} = 65 \text{ mm}$$

Untuk pondasi kelompok *PC-2B* aman terhadap penurunan maksimum yang diijinkan.

Penurunan pondasi tiang tunggal dan tiang kelompok dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Penurunan Tiang Pancang

No.	Uraian	Satuan	Nilai	Keterangan
1.	<i>PC-1</i> (Tiang Tunggal)	mm	10	memenuhi
2.	<i>PC-2A</i> (Tiang Kelompok)	mm	21	memenuhi
3.	<i>PC-2B</i> (Tiang Kelompok)	mm	18	memenuhi

Dari Tabel 4.4 menunjukkan bahwa penurunan pondasi yang terjadi pada gedung Auditorium Universitas Negeri Gorontalo termasuk aman.

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

Simpulan

Adapun yang menjadi simpulan dari penelitian ini adalah:

1. Jenis tanah berdasarkan interpretasi Robertson dan Campanella pada umumnya adalah pasir.
2. Berdasarkan hasil analisis penurunan pondasi tiang tunggal (*PC-1*) adalah sebesar 10 mm, tiang kelompok (*PC-2A*) sebesar 21 mm, dan tiang kelompok (*PC-2B*) sebesar 18 mm.
3. Penurunan pondasi yang terjadi pada gedung Auditorium Universitas Negeri Gorontalo termasuk aman.

Implikasi

Hasil penelitian tentang jenis tanah menunjukkan lapisan ini didominasi oleh tanah pasir sehingga penurunan yang terjadi adalah penurunan segera. Dalam prakteknya penurunan segera relatif tidak terlalu banyak masalah.

Saran

Adapun yang menjadi saran dari penelitian ini adalah:

1. Analisis penurunan perlu dikomparasi dengan metode yang lain untuk mengetahui perbedaannya.
2. Validasi dengan plaxis 3D sangat perlu agar dapat dilihat penurunan di tiap titik yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F., 2011, *Korelasi Nilai Hambatan Konus (q_c) dan CBR Lapangan pada Tanah Lempung Desa Imbodu*, Jurnal Sainstek, Vol. 6, No. 1, Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo, hal. 130 – 139.
- Achmad, F., 2012, *Pemetaan Kapasitas Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir di Kota Gorontalo*, Laporan Penelitian Dana PNBPN UNG (tidak dipublikasikan).
- Adam, N. F., 2014, *Analisis Penurunan Pondasi Tiang Pancang Tunggal dan Kelompok Pada Pembangunan Gedung Training Centre UNG*, Skripsi Mahasiswa S1 Teknik Sipil UNG, Gorontalo (tidak dipublikasikan).
- Brand, E. W. and Brenner, R. P., 1981, *Soft Clay Engineering*, Elsevier Scientific, Amsterdam, The Netherlands.
- Bowles, J. E., 1984, *Physical And Geotechnical Properties of Soils, 2nd Edition*, McGraw-Hill Book Company, U.S.A.
- Bowles, J. E., 1996, *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd., Tokyo, Japan.
- Chen, F. H., 1983, *Foundation on Expansive Soils*, Elsevier Scientific, Amsterdam, The Netherlands.
- Coduto, P. D., 2001, *Foundation Design Principles and Practices, 2nd edition*, Prentice-Hall Inc., New Jersey
- Craig, R. F. dan Soepandji, B. S., 1994, *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., 1985, *Principles of Geotechnical Engineering*, PWS Engineering Boston, U.S.A.
- Das, B. M. 1995, *Mekanika Tanah Jilid 1*. Jakarta: Erlangga Press.
- Das, B. M., 2004, *Principles of Foundation Engineering 5nd edition*, Thomson U.S.A.
- Das, B. M., 2005, *Fundamentals of Geotechnical Engineering 2nd edition*, Thomson U.S.A.
- Dunn, I. S., Anderson, L. R., Kiefer, F. W. dan Toekiman, A., 1980, *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*, IKIP Semarang Press.
- Gunawan, F, dan Rahardjo, P. P., 2001, Penelitian Penurunan Pondasi Tangki di Atas Lempung Teguh dengan Hydrottest, *Prosiding PIT Geoteknik V*, Bandung, hal VIII-1 – VIII-12.
- Hardiyatmo, H. C., 2010a, *Analisis dan Perancangan Pondasi Bagian I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2010b, *Analisis dan Perancangan Pondasi Bagian II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2006, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Hardiyatmo, H. C., 2007, *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Head, K. H., 1980, *Manual of Laboratory Testing*, Vol. 1-2, Pentech Press Ltd, Devon, Great Britain.
- Holtz, R. D. and Kovacs, W. D., 1981, *An Introduction to Geotechnical Engineering*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- <http://googlemap.com>, diakses 29 Agustus 2014
- Irsyam, M., Nugroho, A., Purwana, O. A., dan Firmansyah, J., 2002, Analisis Penurunan Gedung Lima Lantai dan Solusinya dengan Menggunakan Jacked Pile, *Prosiding PIT Geoteknik VI*, Surabaya, hal. IV-37 – IV-42.
- Lambe, T. W. and Whitman, R.V., 1969, *Soil Mechanics*, John Wiley and Sons, New York.
- Nakazawa, K. dan Sosrodarsono, S., 2005, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Meyerhof, G. G., 1976, Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundation. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*. ASCE, Vol. 102, No. GT3.
- Poulos, H. G. and Davis, E. H., 1980, *Pile Foundation Analysis and Design*, John Wiley and Sons, New York.
- Rahardjo, P. P., 2001, Pelajaran dari Kegagalan Geoteknik, *Prosiding PIT Geoteknik V*, Bandung, hal II-29 – II-37.
- Rahardjo, P. dan Handoko, S. G., 2005, Kegagalan Pondasi Akibat Galian pada Tanah Lunak : Suatu Pelajaran Terhadap Kelalaian Prinsip-prinsip Geoteknik, *Prosiding Seminar Nasional Pile 2005*, Bandung, hal. 27-53.
- Rahardjo, P. P., 2008, *Penyelidikan Geoteknik dengan Uji In-situ*, GEC UK-Parahyangan, Bandung.
- Sanglerat, G., Olivari, G. and Cambou, B., 1989, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Erlangga.
- Smith, M. J., 1981, *Soil Mechanics, 4th Edition*, George Godwin Ltd.
- Suryolelono, K. B., 2004, *Perancangan Pondasi*, Nafiri, Yogyakarta.
- Teng, W. C., 1962, *Foundation Design*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Terzaghi, K. and Peck, R. B., 1967, *Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Edition*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Tim Laboratorium Geoteknik dan Mekanika Tanah, 2008, *Buku Panduan Praktikum Mekanika Tanah (I dan II)*, Yogyakarta.