

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii

### BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Keaslian Penelitian .....	5

### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Geologi Teknik Kota Semarang .....	12
2.2 Penyelidikan Tanah Lapangan dan Pengujian Laboratorium.....	13
2.3 Deskripsi dan Klasifikasi Tanah.....	15
2.4 Konsolidasi dan Penurunan Konsolidasi .....	17
2.5 Parameter Konsolidasi di Laboratorium.....	18
2.5.1 Besaran konsolidasi .....	19
2.5.2 Laju konsolidasi .....	24
2.6 Korelasi Parameter Konsolidasi .....	28
2.7 Penurunan Tanah di Kota Semarang .....	33

2.7.1 Penurunan permukaan tanah berdasarkan metode geodesi .....	33
2.7.2 Penurunan konsolidasi tanah berdasarkan metode geoteknik.....	40
2.8 Penurunan Konsolidasi Berdasarkan Simulasi Numerik menggunakan <i>Software</i> SIGMA/W .....	44
 <b>BAB 3 LANDASAN TEORI</b>	
3.1 Tegangan Efektif dan Pengaruh Gaya Rembesan .....	46
3.2 Teori Konsolidasi 1 D Terzaghi .....	48
3.2.1 Derajat konsolidasi .....	52
3.2.2 Faktor waktu ( $T_v$ ) .....	54
3.2.3 Laju konsolidasi.....	55
3.2.4 Koefisien konsolidasi.....	58
3.3 Penurunan Konsolidasi Primer .....	59
3.3.1 Parameter konsolidasi .....	59
3.3.2 Besar penurunan konsolidasi primer .....	63
3.3.3 Waktu konsolidasi .....	65
3.4 Simulasi Numerik Penurunan Konsolidasi dengan SIGMA/W .....	66
3.4.1 Persamaan elemen hingga pada SIGMA/W .....	67
3.4.2 Parameter konsolidasi pada SIGMA/W .....	71
 <b>BAB 4 METODE PENELITIAN</b>	
4.1 Prosedur Penelitian.....	72
4.1.1 Studi literatur.....	72
4.1.2 Pengumpulan data .....	72
4.1.3 Stratigrafi lapisan tanah.....	74
4.1.4 Korelasi parameter konsolidasi .....	75
4.1.5 Analisis dan perhitungan penurunan konsolidasi.....	75
4.1.6 Simulasi numerik menggunakan SIGMA/W .....	76
4.1.7 Validasi menggunakan data penurunan tanah di lapangan .....	77
4.2 Bagan Alir Penelitian .....	77

## BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Lokasi Penelitian .....	79
5.2 Stratigrafi Lapisan Tanah .....	80
5.3 Parameter Penurunan Konsolidasi .....	81
5.3.1 Korelasi N-SPT dengan	
koefisien volume kompresibilitas ( $m_v$ ) .....	82
5.3.2 Korelasi N-SPT dengan koefisien konsolidasi ( $c_v$ ) .....	87
5.4 Penurunan Konsolidasi Primer .....	91
5.4.1 Besar penurunan konsolidasi .....	94
5.4.2 Laju penurunan konsolidasi .....	96
5.5 Simulasi Numerik Menggunakan <i>Software</i> SIGMA/W .....	100
5.5.1 Input parameter konsolidasi 1 D pada <i>software</i> SIGMA/W .....	103
5.5.2 Besar dan laju penurunan tanah berdasarkan	
simulasi numerik .....	105
5.6 Validasi dengan Data Penurunan Tanah Lapangan .....	108

## BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan .....	113
6.2 Saran .....	114

DAFTAR PUSTAKA .....	116
----------------------	-----

## LAMPIRAN 1

Stratigrafi, Denah & Potongan Pelapisan Tanah Kota Semarang .....	1-1
---	-----

## LAMPIRAN 2

Tabel Perhitungan Nilai $m_v$ di Kota Semarang .....	2-1
--	-----

## LAMPIRAN 3

Tabel Perhitungan Nilai $m_v$ Tanah Lempung di Kota Semarang .....	3-1
--	-----

## LAMPIRAN 4

Tabel Perhitungan Nilai $m_v$ Tanah Lanau di Kota Semarang .....	4-1
--	-----



## LAMPIRAN 5

Tabel Perhitungan Besar Penurunan Konsolidasi $S_c$ .....	5-1
---	-----

## LAMPIRAN 6

Tabel Perhitungan Laju Penurunan Konsolidasi .....	6-1
--	-----

## LAMPIRAN 7

Analisis Penurunan Tanah menggunakan <i>Software</i> SIGMA/W .....	7-1
--	-----

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Identifikasi dan diskripsi tanah berdasarkan BS 5930:1999 (1999)...	16
Tabel 2.2	Tipikal nilai koefisien volume kompresibilitas (Carter & Bentley, 2016) .....	20
Tabel 2.3	Nilai $m_v$ berdasarkan variasi sampel (Lestari & Sugianto, 2013).....	21
Tabel 2.4	Persentase perbedaan nilai $m_v$ (Lestari & Sugianto, 2013) .....	21
Tabel 2.5	Tipikal nilai indeks pemampatan ( $C_c$ ) (Holtz & Kovacs, 1981).....	23
Tabel 2.6	Parameter tanah di daerah Pekanbaru (Wahyudi et al., 2013).....	24
Tabel 2.7	Permeabilitas dan karakteristik drainasi tanah (BS 8004:1986, 1998) .....	24
Tabel 2.8	Nilai $k$ hasil uji <i>falling head</i> & uji konsolidasi (Djarwanti, 2008) .....	25
Tabel 2.9	Perbandingan nilai $k$ pengujian dengan $k$ literatur (Djarwanti, 2008).....	25
Tabel 2.10	Hubungan N-SPT dan $q_u$ pada tanah kohesif (Terzaghi & Peck, 1967) .....	28
Tabel 2.11	Perbandingan penelitian untuk nilai $f_1$ (Sivrikaya & Togrol, 2006) .....	30
Tabel 2.12	Prediksi luas wilayah terdampak penurunan tanah di Kota Semarang (Marfai & King, 2007).....	34
Tabel 2.13	Besar & laju penurunan tanah di Kota Semarang berdasarkan survei GPS periode 2011-2015 (Yuwono et al., 2016).....	39
Tabel 2.14	Penurunan tanah di Semarang pesisir pantai (Sophian, 2010) .....	41

Tabel 2.15	Penurunan tanah di daerah Tanah Mas-Pelabuhan (Sarah et al., 2011).....	41
Tabel 4.1	Data penyelidikan tanah di Kota Semarang .....	73
Tabel 4.2	Tahapan simulasi penurunan tanah dengan SIGMA/W ( <i>GEO-SLOPE International Ltd</i> , 2008).....	74
Tabel 5.1	Konsentrasi sebaran lapisan tanah di Kota Semarang .....	81
Tabel 5.2	Hasil korelasi N-SPT dengan $m_v$ untuk lempung di Kota Semarang .....	84
Tabel 5.3	Hasil korelasi N-SPT dengan $m_v$ untuk lanau di Kota Semarang.....	86
Tabel 5.4	Nilai $c_v$ pada sembarang nilai N-SPT tanah lempung di Semarang .....	88
Tabel 5.5	Nilai $c_v$ pada sembarang nilai N-SPT tanah lanau di Semarang .....	89
Tabel 5.6	Perhitungan penurunan konsolidasi primer ( $s_c$ ) di Titik A .....	95
Tabel 5.7	Perhitungan penurunan konsolidasi primer ( $s_c$ ) di Titik B .....	96
Tabel 5.8	Perhitungan waktu konsolidasi di Titik A .....	97
Tabel 5.9	Perhitungan waktu konsolidasi di Titik B .....	99
Tabel 5.10	Rekapitulasi perhitungan penurunan konsolidasi di Kota Semarang .....	100
Tabel 5.11	Besar & laju penurunan konsolidasi 1 D berdasarkan simulasi numerik menggunakan SIGMA/W .....	107
Tabel 5.12	Data penurunan tanah lapangan di Kota Semarang (Abidin et al. 2013, Khoirunisa 2015 & Yuwono et al. 2016) .....	110
Tabel 5.13	Rekapitulasi besar dan laju penurunan tanah di Kota Semarang.....	111

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik hubungan $e - \sigma'$ pada tanah lempung jenuh (a) skala aritmatik (b) skala logaritmik (Craig, 2004).....	19
Gambar 2.2	Variasi nilai $m_v$ dengan $S\%$ (Phanikumar & Amrutha, 2013).....	22
Gambar 2.3	Variasi nilai $C_c$ dengan $S\%$ (Phanikumar & Amrutha, 2013) .....	22
Gambar 2.4	Grafik hubungan $e - \log k$ (Horpibulsuk et al, 2011) .....	26
Gambar 2.5	Hubungan antara $e - \log k$ dan $e - \log \sigma'$ (Lekha et al., 2003) ....	27
Gambar 2.6	Perbandingan grafik teoritis dan eksperimental untuk <i>IIT clay</i> (Lekha et al., 2003) .....	28
Gambar 2.7	Hubungan antara $N_{60}$ dan $S_u$ pada tanah lempung (Sivrikaya & Togrol, 2006).....	29
Gambar 2.8	Hubungan antara $m_v$ dengan IP dan N-SPT (Stroud & Butler, 1975) dalam (Carter & Bentley, 2016) .....	31
Gambar 2.9	Batas rentang nilai $m_v$ Stroud terhadap $m_v$ Lab. (Uzeler, 2013) ...	32
Gambar 2.10	Batas rentang nilai koefisien $f_2^*$ dan $f_2$ Stroud (Uzeler, 2013) .	32
Gambar 2.11	Laju penurunan tanah di Kota Semarang (Ismanto et al., 2009)....	35
Gambar 2.12	Peta penurunan tanah di Kota Semarang berdasarkan data SPN (Kuehn et al., 2010) .....	36
Gambar 2.13	Peta penurunan tanah di Kota Semarang berdasarkan data inSAR (Lubis et al., 2011).....	37

Gambar 2.14	Laju penurunan tanah di Semarang pada periode 2008-2011 (Abidin et al., 2013).....	38
Gambar 2.15	Laju penurunan tanah di Kota Semarang periode 2011-2015 (Yuwono et al., 2016).....	39
Gambar 2.16	Titik lokasi penelitian pada peta laju penurunan tanah di Kota Semarang berdasarkan survei GPS (Sarah et al., 2011) .....	42
Gambar 2.17	Peta zonasi laju penurunan tanah di Kota Semarang (Sarah & Mulyono, 2014).....	43
Gambar 2.18	Besar penurunan tanah DKI Jakarta berdasarkan perhitungan konvensional (Rahmat Ami Putra, 2017) .....	45
Gambar 2.19	Besar penurunan tanah DKI Jakarta berdasarkan simulasi numerik SIGMA/W (Rahmat Ami Putra, 2017).....	45
Gambar 3.1	Tegangan efektif akibat gaya rembesan ke bawah (Hardiyatmo, 2002) .....	47
Gambar 3.2	Analogi piston dengan per pegas, (a) kondisi dibebani, katup tertutup; (b) kondisi dibebani, katup terbuka, piston turun (konsolidasi berlangsung); (c) kondisi dibebani, katup terbuka, piston berhenti turun (konsolidasi selesai) .....	49
Gambar 3.3	Elemen tanah dalam lapisan lempung (Craig, 2004) .....	50
Gambar 3.4	Aliran air vertikal pada suatu titik massa tanah (Cernica, 1995) .....	51
Gambar 3.5	Hubungan $e-\sigma'$ diasumsikan linier (Craig, 2004) .....	53
Gambar 3.6	hubungan faktor waktu dengan derajat rata-rata konsolidasi untuk distribusi kenaikan tekanan air pori (Budhu, 2000) .....	55
Gambar 3.7	Aliran air selama proses konsolidasi berlangsung (Das, 2010) .....	56



Gambar 3.8	Diagram fase tanah (Craig, 2004) .....	60
Gambar 3.9	Grafik hubungan $e - \log \sigma'$ (Hardiyatmo, 2010) dan (Das, 2010) ..	61
Gambar 3.10	Grafik konsolidasi $e - \sigma'$ (Craig, 2004) .....	62
Gambar 3.11	Penurunan akibat konsolidasi 1 D (a) kondisi di lapangan, (b) laboratorium (Das, 2008) dan (Das, 2010) .....	63
Gambar 4.1	Bagan alir penelitian .....	78
Gambar 5.1	Denah lokasi penelitian & sebaran titik bor .....	79
Gambar 5.2	Denah potongan A-A .....	80
Gambar 5.3	Grafik hubungan $e - \log \sigma'$ (dari sampel di Titik A) .....	82
Gambar 5.4	Grafik korelasi N-SPT dengan $m_v$ lempung di Kota Semarang ....	84
Gambar 5.5	Grafik korelasi N-SPT dengan $m_v$ tanah lanau di Kota Semarang .....	86
Gambar 5.6	Hubungan N-SPT dengan $c_v$ pada tanah lempung untuk kondisi $k_{min}$ .....	89
Gambar 5.7	Hubungan N-SPT dengan $c_v$ pada tanah lanau untuk kondisi $k_{min}$ .....	90
Gambar 5.8	Batas atas dan bawah nilai $c_v$ tanah lempung dan lanau di Semarang .....	91
Gambar 5.9	Urutan pelapisan tanah dari <i>borehole</i> di Titik A .....	93
Gambar 5.10	Urutan pelapisan tanah dari <i>borehole</i> di Titik B .....	94
Gambar 5.11	Hubungan waktu dan penurunan konsolidasi di Titik A .....	98

Gambar 5.12	Hubungan waktu dan penurunan konsolidasi di Titik B .....	100
Gambar 5.13	Geometri dan pelapisan tanah di Titik A .....	102
Gambar 5.14	Geometri dan pelapisan tanah di Titik B .....	102
Gambar 5.15	<i>Effective E-Modulus (E)</i> lap. tanah 1 (tanah lempung) di Titik A .....	104
Gambar 5.16	<i>Vol. water content function</i> lap. tanah 1 (tanah lempung) di Titik A .....	104
Gambar 5.17	<i>Hyd. conductivity function</i> lap. tanah 1 (tanah lempung) di Titik A .....	105
Gambar 5.18	Grafik hubungan penurunan dan waktu konsolidasi di Titik A .....	106
Gambar 5.19	Grafik hubungan penurunan dan waktu konsolidasi di Titik B .....	106
Gambar 5.20	Sebaran titik pengukuran lapangan dan titik penelitian .....	109