

# **PREDIKSI AMBLESAN TANAH (*LAND SUBSIDENCE*) PADA DATARAN ALUVIAL DI SEMARANG BAGIAN BAWAH**

Soedarsono, Rifqi Brillyant Arief  
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan - UNISSULA Semarang,  
E-mail: mts\_unissula@yahoo.com

## **ABSTRACT**

*Kota Semarang terdiri dari Semarang atas dan Semarang bawah. Daerah Semarang bawah mengalami amblean karena terletak di atas tanah lempung lunak. Amblesan di sebagian kota Semarang umumnya terjadi pada dataran aluvial dengan kedalaman yang berbeda, semakin keutara umumnya amblesan semakin besar. Penyebab amblesan tanah diduga akibat pemampatan endapan aluvial secara alami, pembebanan bangunan, pengurugan tanah dan ekstraksi air tanah melebihi kemampuannya. Amblesan tanah di sebagian Kota Semarang menjadi masalah yang serius karena daerah tersebut umumnya merupakan kawasan permukiman. Akibat amblesan tanah kawasan permukiman menjadi lebih rendah, karena lokasi permukiman sebagian dekat dengan pantai, saat terjadi pasang maka air laut melimpah ke daratan melalui sungai dan saluran drainase selanjutnya menggenang pada permukiman. Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji dan memprediksi besar dan lama penurunan lahan pada dataran aluvial akibat pembebanan (tanah urug, gedung dan beban lainnya) serta sifat mekanik tanah. Hasil penelitian yang didapat adalah amblean tanah dibagi dengan zone antara lain : 0 – 0,2m, 0,21m - 0,4m, 0,41m – 0,6m, 0,6m – 0,80, dan lebih dari 0,8 m. Secara garis besar semakin ke utara semakin bear penurunan yang terjad, tetapi ada beberapa daerah yang menyimpang dari trend tersebut.*

## **PENDAHULUAN**

Kota Semarang adalah satu di antara kota besar di Indonesia dan menjadi Ibu Kota Propinsi Jawa Tengah. Luas daerah administrasi 373,4 km<sup>2</sup> dengan jumlah penduduk 1.481.460 jiwa, terdiri dari 16 kecamatan dan 117 kelurahan dengan laju pertumbuhan 1,86% setiap tahun. (BPS Kota Semarang Tahun 2008), mempunyai letak geografis yang strategis sebagai pusat pemerintahan. Kota Semarang terdiri dari dua unit morfologi, di bagian selatan (kota atas) terdiri dari perbukitan, merupakan kaki Gunung Ungaran yang terbentang dari timur ke barat mulai dari Tembalang, Tanah Putih, Tegalsari, Siranda sampai Gajah Mungkur, sedangkan dataran aluvial pantai terletak di bagian utara (kota bawah). Diantara 16 Kecamatan di Kota Semarang, Kecamatan Semarang Utara dan Semarang Tengah merupakan wilayah yang terpadat penduduknya dengan kepadatan sebanyak 11.556 jiwa dan 12.089 jiwa setiap km<sup>2</sup> (Profil Kependudukan Kota Semarang, Tahun 2008).

Hasil penelitian Tobing, dkk (2001) amblesan lahan di sebagian Kota Semarang mencapai 15 cm per tahun terjadi di Tanjung Mas ke arah timur hingga pantai di wilayah Kecamatan Genuk dan sebagian Kecamatan Sayung yang masuk wilayah Kabupaten Demak, kemudian disusul daerah Bandarharjo dan sekitarnya sebesar 10 – 15 cm per tahun, Tanah Mas, Stasiun Tawang, Karang Tengah, Marina dan Tawang Mas 5 – 10 cm per tahun. Di daerah Selatan dan Tenggara seperti Bangetayu dan sekitarnya amblesan umumnya dibawah 5 cm per tahun. Amblesan di sebagian kota Semarang umumnya terjadi pada dataran aluvial dengan kedalaman yang berbeda, semakin keutara umumnya amblesan semakin besar. Holtz (1985) menjelaskan penyebab amblesan tanah diduga akibat pemampatan endapan aluvial secara alami, pembebanan bangunan, pengurugan tanah dan ekstraksi air tanah melebihi kemampuannya (*Safe Yield*).

Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji dan memprediksi besar dan lama penurunan lahan pada dataran aluvial akibat pembebanan (tanah urug, gedung dan beban lainnya) serta sifat mekanik tanah.

Amblesan tanah di sebagian Kota Semarang menjadi masalah yang serius karena daerah tersebut umumnya merupakan kawasan permukiman. Akibat amblesan tanah kawasan permukiman menjadi lebih rendah, karena lokasi permukiman sebagian dekat dengan pantai, saat

terjadi pasang maka air laut melimpah ke daratan melalui sungai dan saluran drainase selanjutnya menggenang pada permukiman.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Seberapa besar laju amblesan pada dataran aluvial akibat beban di atas tanah dan sifat mekanik tanah?
2. Seberapa lama amblesan lahan pada dataran aluvial akibat beban di atas tanah dan sifat mekanik tanah?

## **METODE PENELITIAN**

Berdasarkan tujuan penelitian yang ingin dicapai, serta perkiraan ketersediaan data yang diperlukan maka digunakan analisis laboratorium, perhitungan dan pengecekan di lapangan.

Analisis laboratorium mekanika tanah hasilnya digunakan untuk menghitung/memprediksi besar dan lamanya amblesan tanah. Dari analisis dan perhitungan didapat besaran  $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $c$ ,  $C_c$ ,  $C_v$ , dan  $e_0$ , setelah dihitung menggunakan model fisik dapat diketahui besar dan lamanya penurunan akibat beban diatas tanah dan sifat mekanik tanah. Sampel tanah berupa data sekunder yang dilakukan analisis lanjutan ditetapkan sebanyak 26 titik bor dengan pertimbangan jumlah tersebut cukup mewakili wilayah penelitian secara keseluruhan.

Sampel tanah menggunakan data sekunder yang dilakukan analisis lanjutan untuk mewakili lapisan tanah yang dominan pada lokasi penelitian. Jumlah sampel sebanyak 26 titik dengan kedalaman bervariasi antara 20-60m. Sifat fisik dan mekanik tanahnya setiap sampel dianalisis sesuai kedalaman pengeboran. Sebaran titik sampel tidak merata semakin ke utara jumlah sampelnya semakin banyak karena amblesan tanahnya juga semakin dalam.

Pengolahan dan analisis amblesan lahan dilakukan dengan analisis laboratorium. Analisis amblesan endapan aluvial diperoleh dengan perhitungan di laboratorium berdasarkan sampel dan data primer. Perhitungan dilakukan dengan dua cara, cara pertama menghitung model fisik dengan pendekatan 1D Terzaghi, sedangkan cara kedua memprediksi amblesan menggunakan *software* PLAXIS hasilnya prediksi berupa besar dan lama amblesan dengan variasi beban dan kondisi mekanik tanah yang berbeda. Selanjutnya hasil perhitungan menggunakan model Fisik dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan *software* PLAXIS untuk mendapatkan hasil akhir berupa besar dan lama amblesan lahan serta kecenderungan amblesan.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Amblesan tanah (*land subsidence*) telah banyak diteliti antara lain Rappley (1933) dalam Poland dan Devis (1969); Mohz dan kovac (1981), Whittaker dan Reddish (1989), Johnson (1991), Fulton (1997), Yin dkk (2006), Carbogin (2003) Donelly (2006), Piend dan Natalaya (2008). Hasil penelitian menjelaskan secara umum penyebab amblesan tanah antara lain : turunnya air bawah tanah, pemadatan lempung pada akuifer, penambangan dan pemadatan sedimen, pemampatan endapan aluvial secara alami, timbunan tanah dan pembebanan bangunan.

Menurut DAS (1998) konsolidasi adalah suatu proses pengecilan isi tanah jenuh secara perlahan-lahan dengan permeabilitas rendah akibat keluarnya air pori. Proses tersebut berlangsung terus sampai kelebihan tekanan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total telah benar-benar hilang. Menurut Hancock P. dan Skinner B. J. (2000) konsolidasi adalah proses keluarnya air pori dari tanah jenuh akibat pembebanan. Pada umumnya konsolidasi ini akan berlangsung dalam satu jurusan saja yaitu jurusan vertikal karena lapisan yang terkena tambahan beban itu tidak dapat bergerak dalam jurusan mendatar karena ditahan oleh tanah sekelilingnya. Dalam kondisi seperti ini pengaliran akan berjalan terutama pada arah vertikal ini disebut konsolidasi satu matri (*one dimensional consolidation*) dan perhitungan konsolidasi hampir selalu berdasarkan teori konsolidasi satu matri. Pada waktu konsolidasi berlangsung, konstruksi di atas lapisan tanah tersebut terjadi penurunan.

Menurut Terzaghi dalam Das (1998) apabila terjadi perubahan yang berhubungan dengan tekanan air pori ( $U\omega$ ), maka akan terjadi perubahan tegangan efektif total ( $\sigma'$ ). Konsep ini dikenal dengan konsep tegangan efektif.

Proses konsolidasi tanah dapat berlangsung lebih cepat karena air pori terdesak keluar dengan meningkatnya beban vertikal akibatnya terjadi penurunan muka air tanah. Hukum tegangan efektif ( $\sigma'$ ) dari Terzaghi adalah konsep statik tekanan kontak antar butir yang mengimbangi tekanan vertikal dan tergantung dari bidang kontak antar butir tanah. Beberapa percobaan menunjukkan bahwa hanya tekanan efektif yang dapat menyebabkan perubahan volume massa tanah dan dapat menghasilkan tahanan geser di dalam tanah.

Setiap penurunan muka air tanah akibat pemompaan menyebabkan air pori sedikit demi sedikit terdesak keluar dari lapisan lempung dan tekanan yang hilang akibat keluarnya air tersebut dipindahkan ke butiran massa tanah. Besarnya kenaikan tekanan efektif sebanding dengan transfer beban akibat penurunan muka air tanah yaitu sebesar  $\gamma\omega.h$  dalam bentuk kelebihan tekanan air pori ( $\Delta u$ ).

Kasus penurunan muka air tanah artesis statis akan menyebabkan terjadinya pemampatan lapisan lempung. Makin besar penurunan muka air tanah akan memberikan kecenderungan ambles (*settlement*) yang lebih besar. Dibawah kondisi penurunan muka air tanah artesis yang demikian, akifer juga akan mengalami kompaksi dan menyebabkan terjadinya amblesan tanah.

Whitman R. dan Lambe T. (1969) konsolidasi dipengaruhi oleh keseimbangan elemen tanah, tarikan dan tekanan mineral dan aliran air pori. Konsolidasi primer yaitu konsolidasi tanah yang terjadi ketika tekanan air pori pada tanah lebih dari nol. Konsolidasi tanah dapat dihitung dari besarnya penurunan yang disebabkan konsolidasi primer dengan anggapan bahwa konsolidasi tersebut adalah konsolidasi satu dimensi.

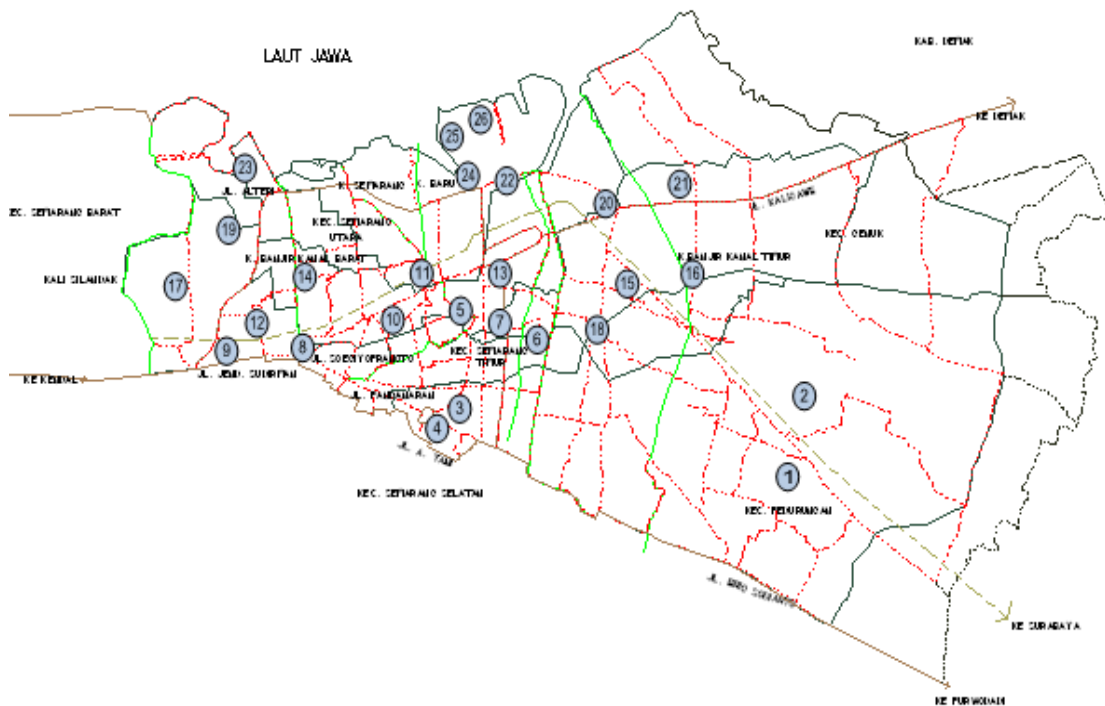
## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Prediksi Besar dan Lamanya Amblesan Dataran Aluvial

Analisis ini ditujukan untuk menguji beban di atas tanah, sifat mekanik tanah berpengaruh terhadap besar dan lamanya amblesan lahan pada dataran aluvial secara spasial dan temporal. Penentuan metode analisis untuk memprediksi besar dan lamanya amblesan lahan aluvial mengacu pendapat, Craig (1991) Das (1998) Wesley (1997),. Prediksi besar dan lamanya amblesan dataran aluvial dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Prediksi Besar dan Lamanya Amblesan Lahan Akibat Beban, Sifat Fisik dan Mekanik Tanah pada Dataran Aluvial Menggunakan Teori Konsolidasi 1D dari Terzaghi

Prediksi laju dan lamanya amblesan tanah dihitung dengan pendekatan teori konsolidasi 1 D dari yang dikembangkan oleh Das (1998) dan Wesley (1997). Sifat fisik dan mekanik tanah yang digunakan untuk menghitung yaitu:  $\gamma$  (berat tanah asli),  $\gamma$  (berat tanah kering)  $\sigma'$  (tegangan efektif)  $C_c$  (indek pemampatan),  $C_v$  (koefisien konsolidasi) dan  $e_o$  (angka pori). Pada penelitian ini sampel sebanyak 26 buah (sampel dengan kedalaman 30 – 60 m) berupa hasil pengeboran dan analisis laboratorium mekanika tanah yang tersebar pada dataran aluvial seluas kurang lebih 86,35 km<sup>2</sup> (Gambar 2) dihitung besar dan lamanya amblesan.



Keterangan : 1.Plamongan Indah, 2.Bangetayu, 3.Jalan Ahmad Yani, 4.Erlangga Tengah (UNDIP), 5.Jalan Gajah Mada, 6.Jalan Dr. Cipto, 7.Jalan MT Haryono, 8. Jalan Sugiopranoto, 9.Jalan Djenderal Soedirman, 10.Jalan Pier Tendean, 11.Jalan Imam Bonjol, 12.Jalan Ronggolawe, 13.Jalan Pattimura (Jurnatan), 14.Madukoro, 15.Muktiharjo Kidul, 16.Muktiharjo Lor, 17.Bandara Ahmad Yani, 18.Jalan Gajah, 19.Marina (PRPP), 20.Jalan Tambakrejo, 21.Terboyo (Terminal), 22.Jalan Lingkar Utara (jl.Pelita), 23. Perum Mediterania, 24.Jalan Deli Tanjung Mas, 25.Bangunan Jetty Tanjung Mas, 26.Tambak Lorok

**Gambar 2. Peta Lokasi Bor (Sampel Tanah di Wilayah Penelitian)**

Berdasarkan sifat mekanik di 26 titik pada lokasi dilakukan perhitungan besar dan lamanya amblesan dan hasilnya seperti terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1  
Prediksi Besar dan Lamanya Penurunan Dataran Aluvial dengan Pendekatan 1D dari Terzaghi**

No.Titik Boor	Lokasi	Lama Penurunan (Tahun)	Besar Penurunan (Meter)
1.	Plamongan Indah	5,282	0,352
2.	Bangetayu	3,957	0,184
3.	Jalan Ahmad Yani	6,478	0,199
4.	Erlangga Tengah (Undip)	4,638	0,084
5.	Jalan Gajah Mada	10,371	0,559
6.	Jalan Dr. Cipto	21,210	0,466
7.	Jalan MT Haryono	6,943	0,212
8.	Jalan Sugiopranoto	2,620	0,108
9.	Jalan Djendral Soedirman	2,109	0,100

10.	Jalan PiereTendean	16,147	0,505
11.	Jalan Imam Bonjol	17,780	0,642
12.	Jalan Ronggolawe	5,408	0,247
13.	Jalan Pattimura (Jurnatan)	19,485	0,744
14.	Madukoro	18,981	0,561
15.	Muktiharjo Kidul	16,657	0,645
16.	Muktiharjo Lor	23,990	0,612
17.	Bandara Ahmad Yani	23,644	0,587
18.	Jalan Gajah	8,624	0,196
19.	Marina (PRPP)	17,354	0,896
20.	Jalan Tambakrejo	30,977	0,921
21.	Terboyo (Terminal)	25,391	0,966
22.	Jalan Lingkar Utara (Jl. Pelita)	23,644	0,876
23.	Perum Mediterania	27,113	0,911
24.	Jl. Deli Tanjung Emas	23,707	0,836
25.	Bangunan Jetty Tanjung Emas	29,634	1,078
26.	Tambak Lorok	29,634	1,277

Sumber : Hasil analisis dan hasil perhitungan Tahun 2009

**b. Prediksi Besar dan Lamanya Amblesan Dataran Aluvial dengan Cara Pemodelan Menggunakan Software *Finite Element Code For Soil and Rock Analisis* (PLAXIS)**

Prediksi besar dan lamanya amblesan lahan pada dataran aluvial disebagian Kota Semarang dengan pendekatan teori 1 D dari Terzaghi setelah dihitung seperti terlihat pada Tabel 1. Untuk melihat kecenderungan besar dan lamanya amblesan diadakan perhitungan ulang dengan Software PLAXIS agar hasilnya dapat dibandingkan. Parameter model Plaxis dengan menggunakan elemen hingga input data terdiri dari : Modulus Young (E), rasio poisson ( $\nu$ ), kohesi (c), sudut geser ( $\phi$ ) dan sudut dilatasi ( $\psi$ ). Hasil prediksi besar dan lamanya amblesan dengan software PLAXIS dapat dijelaskan sebagai berikut :

**Tabel 2**  
**Prediksi Besar dan Lamanya Amblesan Dataran Aluvial dengan Cara Pemodelan Menggunakan Software *Finite Element Code For Soil and Rock Analisis* (PLAXIS)**

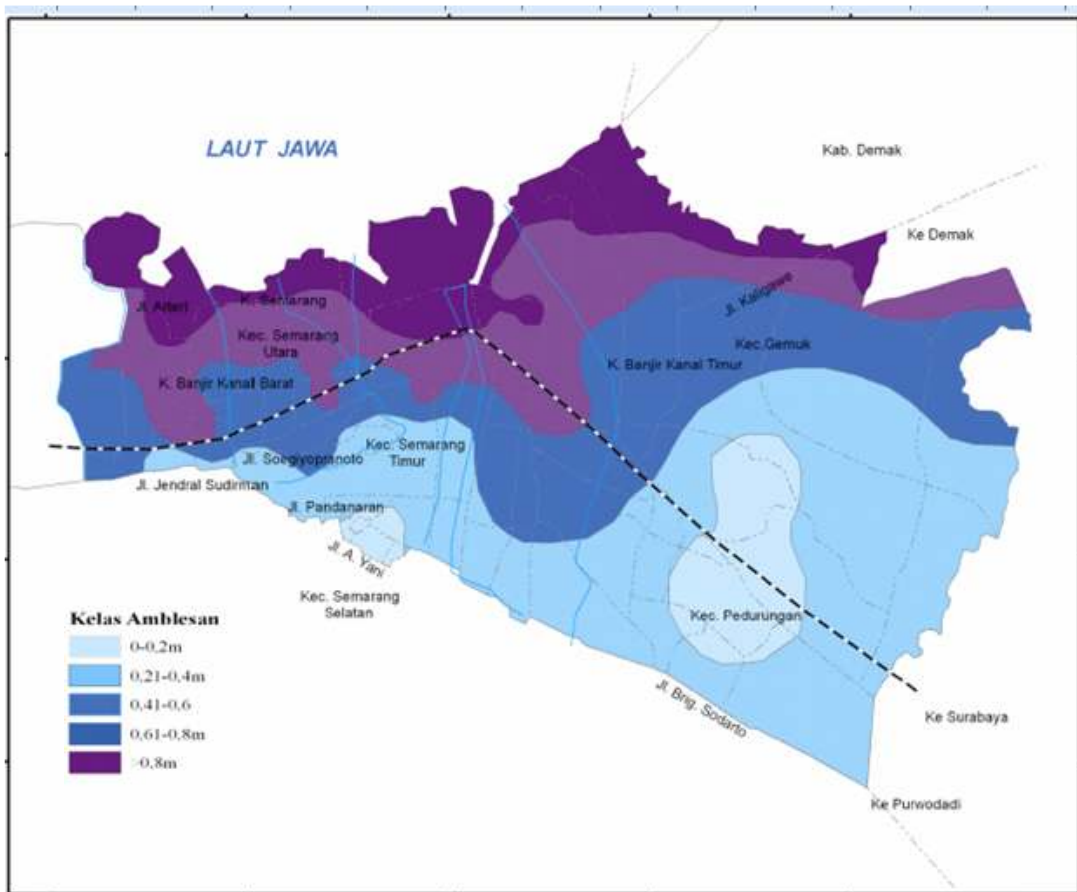
Zone	No Titik Sampel	Penurunan (m)	Lama Penurunan (hari)	Zone	No Titik Sampel	Penurunan (m)	Lama Penurunan (hari)
A	1	0.146	9027	C	14	0.896	6334
	3	0.199	4055		16	0.911	9896
	4	0.084	1692		19	0.710	11306
	8	0.100	769		22	0.876	8630
	9	0.100	769		23	0.710	11306
	Rata-rata	0.132	3886		Rata-rata	0.821	9494
B	5	0.473	5893	D	20	1.078	10816
	7	0.559	8273		21	0.966	9627
	10	0.367	6490		24	1.078	10816
	12	0.587	8630		25	1.078	10816
	17	0.587	8630		26	1.078	10816
	Rata-rata	0.515	7583		Rata-rata	1.056	10578

Sumber : Hasil Perhitungan 2009

## B. Pembahasan

Tanah pada lokasi penelitian secara umum berupa lapisan *silty clay* sangat lunak sampai lunak sampai kedalaman -25m sedang mengalami amblesan (*under consolidated layer*), sedangkan lapisan *silty clayed* dengan konsistensi *stiff* menuju *very stiff* dijumpai pada kedalaman di bawah -25m, lapisan ini tidak mengalami amblesan (*consolidated*). Ada beberapa lokasi yang lapisan tanah sifatnya berbeda (unik) seperti Erlangga Tengah, Jalan Jendral Sudirman dan Sugiopranoto lapisan tanahnya berselang-seling dari *clay*, *silt*, *sand* dan *gravel*, kondisi lapisan ini akan berpengaruh terhadap besar dan lamanya amblesan.

Pada penelitian ini untuk memprediksi besar dan lamanya amblesan digunakan dua pendekatan yaitu dengan 1D yang dikembangkan oleh Das (1998) dan Wesley (1997). Cara ini prediksi besar dan lamanya tanah yang ditinjau satu titik tertentu (*point*), sedangkan pendekatan kedua menggunakan software PLAXIS, yaitu pemodelan penurunan tanah secara spasial dengan metode elemen hingga. Sifat mekanik tanah seperti, H (tebalnya lapisan tanah yang ditinjau),  $\sigma'$  (tegangan efektif),  $e_0$  (angka pori),  $C_c$  (indek pemampatan) dengan  $C_v$  (koefisien konsolidasi),  $c$  (kohesi), dan  $\phi$  (sudut geser) akan berpengaruh pada besar dan lamanya amblesan. Pembahasan setiap titik pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Peta Amblesan Tanah di Sebagian Kota Semarang

Bangetayu, Jl. Ahmad Yani, Jl. Gajah dan Jl. MT. Haryono, lapisan tanah umumnya berupa *silt* sangat lunak sampai lunak, kecuali di Bangetayu lapisan tanahnya selang seling antara *silt*, *sand*, *clay*, *silt*, *clay* dan *silt*. Lapisan permukaan keempat lokasi terdiri dari timbunan tanah urug setebal 1m terdiri dari material *silt* ada yang berpasir dan berkerikil dengan berat jenis tanah

( $\gamma=1,7 \text{ t/m}^3$ ) lapisan ini akan menambah beban dan menyebabkan konsolidasi (amblesan) pada lapisan tanah dibawahnya.

Di Ronggolawe lapisan tanahnya selang seling antara *clay*, *sand*, *silt*, *sand* dan *gravel*. Pada lapisan permukaan terdiri dari material *silt* yang berpasir dan berkerikil dengan  $\gamma = 1,7\text{t/m}^3$ . Pada kedalaman (3 - 6m) berupa lapisan *clay* yang lunak dengan  $C_c= 0,35$  dan  $e_o=(1,136 - 1,33)$ ,  $H= 11\text{m}$  dan  $C_v= 0,006016$ , kedalaman (7 - 12m) berupa lapisan *sand*  $C_c= 0$ , lapisan ini tidak mengalami konsolidasi, kedalaman (13 - 18m) berupa lapisan *silt* dengan  $C_c= 0,398$ ,  $e_o=(1,022 - 1,295)$  berpotensi terjadi konsolidasi, kedalaman (19 - 25m) berupa lapisan *sand* dan *gravel* dengan  $C_c= 0$ , tidak terjadi konsolidasi. Pada lapisan *clay* dan *silt* terjadi konsolidasi relatif kecil, kecuali karena  $C_c= 3,5$ . Sampai kedalaman 25m diprediksi besarnya amblesan = 0,247 dan lamanya amblesan pada  $H= 11\text{m}$  adalah 5,408 tahun. Konsolidasi di Ronggolawe ini termasuk kecil karena sebagian tanah berupa lapisan *sand* dan *gravel* yang tidak mengalami konsolidasi. Di bawah kedalaman 25m berupa lapisan *silty clayed* berpasir dan berkerikil dengan nilai SPT tidak terjadi konsolidasi (amblesan).

Di Plamongan Indah merupakan daerah yang baru berkembang dari kebun campuran menjadi kawasan permukiman. Pada lapisan permukaan berupa timbunan, terdiri dari material *silt* ada yang berpasir dan berkerikil dengan  $\gamma= 1,8 \text{ t/m}^3$  jenis tanah ini tidak mengalami konsolidasi. Lapisan tanah pada kedalaman (2 - 25m) berupa *silt* dengan konsistensi lunak dengan  $C_c$  bervariasi dari (0,282 - 0,4313) dan  $e_o=(1,052 - 1,171)$ ,  $H - 12\text{m}$  dan  $C_v= 0,00733$  lapisan ini sedang mengalami konsolidasi (*under Consolidated layer*) besarnya konsolidasi diprediksi = 0,352 dan lama konsolidasi = 5,282 tahun, di Plamongan Indah konsolidasinya termasuk kecil karena tanahnya berupa *silt* dan *clay* relatif kecil (0,282).

Di Jalan Piere Tendean, Madukoro, Bandara Ahmad Yani lapisan tanahnya berupa *clay* dan *silt* dengan konsistensi lunak sampai sangat lunak. Pada lapisan atasnya berupa timbunan tanah terdiri dari material *silt* yang berpasir dan berkerikil dengan  $\gamma=(1,66 - 1,80 \text{ t/m}^3)$ . Di Jl. Piere Tendean lapisan tanahnya dari kedalaman (2 - 25m) berupa *silt* dengan konsistensi lunak sampai sangat lunak dengan  $C_c= 0,5$   $e_o= 0,714 - 1,055$ .  $H$  (yang ditinjau) = 22m dan  $C_v= 0,00806$ . Dari prediksi di Jl. Piere Tendean terjadi amblesan sebesar 0,505m dan lama amblesan = 16,147 tahun, ini termasuk amblesan sedang karena dipengaruhi oleh  $C_c$  sebesar 0,50 termasuk kategori sedang.

Jalan Dr. Cipto dan Jalan Gajah Mada lapisan tanahnya berupa *silt* dan *clay* dengan konsistensi lunak sampai sangat lunak. Pada lapisan atas terdiri material *silt* yang berpasir dan berkerikil dengan  $\gamma= 1,65 \text{ t/m}^3$ , jenis tanah ini tidak mengalami konsolidasi. Di Jalan Dr. Cipto (Lampiran 12) kedalaman (2 - 3m) berupa lapisan *clay*, (4 - 25m) lapisan *silt* dengan  $C_c= 0,40$ ,  $e_o=(0,871 - 1,138)$ ,  $H= 24\text{m}$  dan  $C_v= 0,0073$ . Dari hasil perhitungan Jl. Dr. Cipto terjadi amblesan sebesar 0,466 dan lama amblesan 21,217 tahun dengan  $C_c= 0,40$  (termasuk sedang) maka amblesan di Jalan Dr. Cipto termasuk kategori sedang.

Di Jalan Gajah Mada kedalaman (2 - 25m) berupa lapisan *clay* dengan  $C_c$  bervariasi (0,30 - 0,98),  $e_o=(0,998 - 1,800)$ ,  $H= 18\text{m}$  dan  $C_v= 0,0084$ . Dari hasil perhitungan di Jalan Gajah Mada terjadi konsolidasi sebesar 0,559 dan lama konsolidasi 10,371 tahun, ini disebabkan  $C_c$  pada lapisan kedalaman (2 - 6m) = 0,959 cukup besar bahkan pada kedalaman 6m  $C_c= 1,164$  (termasuk besar) sedangkan pada kedalaman (7 - 25m)  $C_c$  relatif kecil, maka di Jalan Gajah Mada termasuk kategori amblesan sedang. Di bawah kedalaman 25m berupa lapisan *silty clayed* berpasir dan berkerikil. Nilai SPT bervariasi 40 - 200  $\text{kg/m}^2$  tidak mengalami amblesan.

Di Jalan Imam Bonjol, Muktiharjo Kidul, Muktiharjo Lor dan Pattimura (Jurnatan) lapisan tanahnya berupa *clay*, *silt* dengan konsistensi lunak sampai sangat lunak. Lapisan permukaan keempat lokasi terdiri dari timbunan tanah urug setebal rata-rata 2m terdiri dari material *silt* ada yang berpasir dan berkerikil dengan  $\gamma= 1,73 \text{ t/m}^3$  lapisan ini tidak mengalami konsolidasi. Di Jalan Imam Bonjol (Lampiran 14) pada kedalaman (3 - 25m) berupa *clay* dengan  $C_c$  yang sama sebesar 0,60  $e_o= 0,60$ ,  $H= 23\text{m}$  dan  $C_v= 0,008$ . Dari hasil perhitungan besarnya amblesan = 0,642 dengan lama amblesan = 17,780 tahun hal ini dipengaruhi oleh  $C_c$  yang relatif besar, di Jalan Imam Bonjol termasuk kategori amblesan sedang.

Marina, Tambakrejo, Terboyo, Jalan Lingkar Utara, Perum Mediterania dan Jalan Deli (Tanjung Mas) umumnya lapis tanah berupa *silt* dengan konsistensi sangat lunak. Marina awal

mulanya adalah tambak yang ditimbun setinggi 2-3m untuk kawasan permukiman dan sarana rekreasi demikian pula di Tambakrejo dan Perum mediterania, sedangkan Terboyo dikembangkan sebagai pelabuhan dan Jalan Lingkar Utara dibangun untuk Jalan Arteri. Lapisan permukaan pada lokasi di atas terdiri dari timbunan tanah urug dengan material *silt* ada yang berpasir dan berkerikil dengan  $\gamma = (1,7 - 1,8 \text{ t/m}^3)$ , timbunan tanah ini akan menambah beban dan menyebabkan konsolidasi (amblesan) lapisan tanah dibawahnya.

Erlangga, Jalan Sugiyopranoto dan Jalan Jendral Sudirman, lapisan tanahnya selang seling *sand*, *silt* dan *gravel*, di atas lahan berupa permukiman dan kawasan perdagangan. Ketiga lokasi ini unik, karena lapisan tanah disekitarnya dominan *clay* dan *silt*, tetapi pada lokasi ini berupa *sand* dan *gravel*. Erlangga, Jalan Sugiyopranoto dan Jalan Jenderal Sudirman pada lapisan atas berupa timbunan setinggi 1m dengan material *silt* yang berpasir dan berkerikil dengan berat jenis tanah  $\gamma = 1,70 - 1,80 \text{ t/m}^3$ , tidak mengalami konsolidasi.

Bangunan Jetty (Tanjung Mas) dan Tambak Lorok awalnya berupa Tambak yang dibangun untuk pelabuhan dan permukiman, lapisan tanahnya berupa *silt* dengan konsistensi sangat lunak. Pada lapisan atas berupa timbunan tanah urug setinggi 2m dengan material *silt* yang berpasir dan berkerikil dengan berat jenis  $\gamma = 1,76 \text{ t/m}^3$ . Timbunan tanah ini menambah beban dan menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami konsolidasi.

Untuk membandingkan besar, lama dan kecenderungan arah amblesan lahan pada lokasi penelitian, selain perhitungan (prediksi) menggunakan pendekatan 1D dari Terzaghi, yaitu perhitungan amblesan setempat (*point*) juga dilakukan perhitungan amblesan dengan pemodelan menggunakan *Softwaree Finite Element Code for Soel and Rock Analisis* (PLAXIS) yaitu perhitungan amblesan lahan secara spasial. Langkah awal dari pendekatan software Plaxis lokasi penelitian dibagi menjadi 4 zone dari arah secara ke utara (laut) masing-masing zone diwakili 5 titik di data mekanik tanah yang sama untuk menghitung amblesan dengan pendekatan 1D Terzaghi. Dari hasil perhitungan dengan software Plaxis di ketahui zona A terjadi amblesan sebesar 0,132m dengan lama amblesan 10,645 tahun, zone B besar amblesan 0,515m dan lama amblesan 20,775 tahun, zone C besar amblesan 0,821m dan lama amblesan 26,012 tahun dan zone D besar amblesan 1,056m dan lama amblesan 28,981 tahun.

Hasil perhitungan amblesan menggunakan pendekatan 1D Terzaghi (amblesan setempat) dan pemodelan dengan software Plaxis (amblesan spasial) dengan data mekanika tanah yang sama terdapat kemiripan baik besar, lama dan kecenderungan amblesan pada lokasi penelitian.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

1. Amblesan lahan pada dataran aluvial disebagian Kota Semarang dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekanik tanah serta beban – beban di atas permukaan tanah.
2. Semakin keutara (arah laut) laju amblesan semakin besar dan waktu amblesan semakin lama, ini dipengaruhi oleh indek pemampatan ( $C_c$ ), dan koefisien konsolidasi ( $C_v$ ). Semakin besar  $C_c$  amblesan semakin dalam dan semakin kecil  $C_v$  waktu amblesan semakin lama.
3. Ada beberapa lokasi yang sifatnya unik (menyimpang) seperti di jalan Jendral Sudirman, jalan Soegiyopranoto dan Erlangga Tengah, ini disebabkan lapisan tanahnya selang – seling antara *Sand* dan *Silt* agak lunak, sehingga laju amblesannya relatif kecil dan waktu amblesan relatif cepat.
4. Prediksi amblesan menggunakan pendekatan 1D Terzaghi diketahui amblesan terkecil 0,084m selama 4,64 tahun dan amblesan terbesar 1,07m selama 29,63 tahun, sedangkan pendekatan menggunakan program PLAXIS amblesan terkecil 0,17m selama 6,58 tahun dan amblesan terbesar 1,037m selama 27,32 tahun. Kecenderungan amblesan sama semakin ke utara (ke laut) amblesannya semakin besar dan waktunya semakin lama.



## B. Saran

1. Perlu dilakukan pengendalian pengembangan permukiman (*real estate*) khususnya pada areal tambak melalui ijin pembangunan dari Pemda Kota Semarang.
2. Perlu dilakukan pengendalian dan pengawasan pengambilan air lewat sumur dalam pada dataran aluvial dan perlu dilakukan perbaikan daerah aliran sungai dibagian hulu.
3. Diperlukan upaya pengendalian banjir pada permukiman akibat air hujan lokal dan air hujan kiriman dengan cara memperbanyak kolam tampung (polder) dan peningkatan kapasitas pompa, serta pembangunan pintu air otomatis pada pertemuan saluran pembuangan dan sungai untuk mengatasi masuknya air laut saat terjadi pasang.
4. Perlu dilakukan penataan lingkungan permukiman dan perbaikan infrastruktur, khususnya untuk kampung – kampung lama yang tumbuh secara alami ditepi pantai.
5. Perlu dikembangkan implementasi prediksi laju amblesan lahan apabila di tetapkan lama amblesan, khususnya untuk tanah lunak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bapeda Kota Semarang, 2008. *Kondisi Fisik Bagian Wilayah III (BWG III) Semarang*, Bapeda Semarang, Semarang.
- Bell, J.W., 1992. *Land Subsidence And Fissuring Due To Ground-Water With Waterdrawal*, <http://geochange.er.usgs/sw/impactshydrology/vegas-gw>, Las Vegas.
- Bintarto, R., 1980. *Pola Kota Dan Permasalahannya*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta
- Bowles. J. E.,1991. *Sifat-Sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*, (Mekanika Tanah), terjemahan, Erlangga, Jakarta.
- BPS Kota Semarang, 2008. *Profil Kependudukan Kota Semarang Tahun 2008*, BPS Kota Semarang, Semarang.
- BPS Kota Semarang, 2008. *Semarang Dalam Angka Tahun 2008*, BPS Kota Semarang, Semarang.
- Craig. R. F, 1989. *Mekanika Tanah*, terjemahan, Erlangga, Jakarta.
- Craig. R. F, 1991. *Mekanika Tanah*, terjemahan, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja. M, 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip Rakayasa Geoteknis)*, Jilid 1 dan 2, Terjemahan, Erlangga, Jakarta.
- Dinas Pertambangan Jawa Tengah dan Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Bandung, 1995. *Pengamatan Resapan Air Bawah Tanah Daerah Semarang dan Sekitarnya*, DGTL Bandung.
- Direktorat Geologi Tata Lingkungan, 2000. *Konserfasi Air Tanah Daerah Semarang dan Sekitarnya*, Dirjen Geologi dan Sumber Daya Mineral Bandung.
- Djarmiko. S, Purnomo. E, 1993. *Mekanika Tanah 1 dan 2*, Kanisius Yogyakarta.
- Djarmiko. S, Purnomo. E, 1997. *Mekanika Tanah 1 dan 2*, Kanisius. Yogyakarta.
- Donnelly. *The Monetoring and Prediction of Mining Subsidence in The Amaga, Angelopolis, Venencia and Bolanbo Regions*, Antiozna. Colombia. [www.elsevier/locate/enggeo](http://www.elsevier/locate/enggeo).
- Hussein Rahmat, *Ilmu Komputer*.com, 2003
- Hancock. P & Skinner, B.J, 2000. *Compaction and Consolidation of Soil*, The Oxford Companion to the Earth. <http://www.encyclopedia.com/doc/1O112-compactionandconsolidtnfsl.html>.
- Holtz.,Konvacs,1985. *An Introduction to Geotechnical Engineering*, Prentice Hall New Jersey.
- Kandal D.S, Lubold. ej, and Robert F.L. 1983. *Water Damage to Asphalt Overlays Ease Historis*. National Center Asphalt Tehnologi, Report ve 89-1.
- Kecamatan Semarang Utara, 2007. *Data Monografi Kelurahan Tanjung Mas 2007*, Kecamatan Semarang Utara.
- Kecamatan Semarang Utara, 2008. *Nomografi Kel. Tanjung Mas, Bandarharjo, Kuningan dan Dadapsari*, Kel Semarang Utara, Semarang.

- Kuehn, F. et. al., (2004). *Detection Of Land Subsidence In Semarang/Indonesia Using Persistent. Directorate General Of Geology And Mineral Resources, Jalan Diponegoro 57, Bandung.*
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 1993. Tabel Hasil Pemeriksaan Laboratorium, Kawasan PT Lacemantra, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 1994. Diagram Profil Bor dan CPT, Proyek Rumah dan Toko, jln Ahmad Yani, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 1994 Hasil Pemeriksaan Laboratorium, Proyek Bangunan Ruko jln Patimura No. 5 Semarang, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 1995. Hasil Pemeriksaan Laboratorium, Rencana Supermarket HERO Complek PRPP, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 1995. Bor log dan Hasil Pemeriksaan Laboratorium Rencana Bangunan Gedung 4 Lantai, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 1995. Soil Test, Proyek SMP Negeri 7 Semarang, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 1998. Tabel Hasil Pemeriksaan Laboratorium, Proyek Supermarket ADA, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 2000. Hasil Pemeriksaan Laboratorium, Proyek Bangunan Jetty Tanjung Mas, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 2000. Diagram Profil Bor dan Pemeriksaan Laboratorium, Proyek Gedung PT Kongu, jln Muktiharjo No. 10, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 2001. Table of Laboratory Test, Rencana Slipway & Power Winch jln Deli Tanjung Mas, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 2002. Tabel Hasil Pemeriksaan Laboratorium, Proyek Jembatan Alteri Lingkar Utara, Tambak Lorog, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 2002. Table of Laboratory Test Result, Proyek Gedung GKI Beringin jln Pier Tendean Semarang, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 2003. Table of Laboratory Test, Proyek Semarang North Ring Road Section 2 jln Usman Jonatan Semarang, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 2006. Table of Laboratory Test, Kawasan Industri Terboyo Semarang, Semarang
- Laboratorium Mekanika Tanah UNTAG Semarang, 2006. Tabel Hasil Pemeriksaan Laboratorium, Proyek BNI 46 Cabang Semarang jln Jenderal Sudirman, Semarang
- Marfai, M. A., King, L., Sartohadi, J. Sudrajat, S., Budiani, S. R., & Yulianto, F. (2007) The Impact of Tidal Flooding On A Coastal Community In Semarang, Indonesia. *Environmentalist*. Doi: 10.1007/s10669-007-9134-4
- Marfai, M. A., Almohammad, H., King, L., (2007). Coastal Dynamic And Shoreline Mapping: Multi-Sources Spatial Data Analysis In Semarang Indonesia. *Environmentalist*. Doi: 10.1007/s10661-007-9929-2
- Marfai, M. A., & King, L. (2007). Tidal Inundation Mapping Under Enhanced Land Subsidence In Semarang, Central Java Indonesia. *Environmentalist*. Doi: 10.1007/s11069-007-9144-z
- Marfai, M. A., & King, L. (2007). Potential Vulnerability Implications Of Coastal Inundation Due To Sea Level Rise For The Coastal Zone Of Semarang City, Indonesia. *Environmentalist*. Doi: 10.1007/s00254-007-0906-4
- Marfai, M. A., & King, L. (2007). Monitoring Land Subsidence In Semarang, Indonesia. *Environmentalist*. Doi: 10.1007/s00254-007-0680-3
- Marfai, M. A., & King, L. (2008). Coastal Flood Management In Semarang City, Indonesia. *Environmentalist*. Doi: 10.1007/s00254-007-1101-3
- Marsudi, 1994. *Pengaruh Eksploitasi Air Tanah Terhadap Penurunan Permukaan Tanah Daerah Semarang dan Sekitarnya, Propinsi Jawa Tengah, Tesis-S2, PPS, ITB, tidak dipublikasikan.*
- Marsudi, 2001. *Prediksi Laju Amblesan Tanah di Dataran Aluvial Semarang. Propinsi Jawa Tengah, Disertasi ITB, Bandung.*

- Mulyono, Warsono, Rislana, 1993. *Konservasi Air Tanah di Semarang dan Sekitarnya*, DGTL Bandung.
- Nadin Korsia Amsita Jakarta Hasil Pemeriksaan Laboratorium, Proyek Bandar Udara Ahmad Yani Semarang, Semarang.
- Nadgouda. K, 2006. *Consolidation of soil*, file:///G:%20Folder/Consolidation%20of%20soil%20%20C2%AB%20Geotechnical%20Engineering%20101%20and%20more%20E2%80%A6.htm
- Patikawan Mezaek, 1999. *Diagram Geolistik Untuk Penunjang Penyelidikan Hidrologi dan Pengembangan Air Tanah di Cekungan Semarang*, DGTL, Bandung
- Poland J.F dan Davis, G. H (1969). *Land Subsidence due to withdrawal of fluids*, A.R. Eng.Geol, USGS, Sacra and Wash, DC Vol 2, P 187-269.
- Setyarini, Agarsugi, 2008. Analisy of Land Subsidence Effect to Word Land Value. Case Study Sub District Penjarangan-North, Jakarta. <http://digilib.its.ac.id/ITS-undergraduate31000080322902/4024>.
- Shirley, 1987. *Geoteknik dan Mekanika Tanah (Penyelidikan lapangan dan laboratorium)* Nova, Bandung,
- Sihwanto, Nondar Iskandar, 2000. *Konservasi Air Tanah Daerah Semarang dan Sekitarnya*, D.GTL. Bandung.
- Sihwanto dan Sukrisno, 2000. *Konservasi Air Tanah Daerah Semarang dan Sekitarnya*, D.GTL. Bandung.
- Singarimbun, H. Etsisi. S, 1989. *Metode Penelitian Survei*, LP3ES. Jakarta.
- Soedarsono, 1997. *Pengaruh Banjir Genangan Akibat Pasang Air Laut Terhadap Permukiman Di Muara Kali Semarang*, Tesis Program Pasca Sarjana, UGM, Yogyakarta.
- Sutikno, 1983. *Analisis Geomorfological untuk pengelolaan lingkungan fisik*, Fakultas Geologi UGM, Yogyakarta.
- Tobing, Tigor, MHL dan Dodid Murdohardono, 2000. *Penyelidikan Geologi Teknik Amblesan Daerah Semarang Sekitarnya*, DGTL Bandung
- Tobing, Tigor, MHL dan Dodid Murdohardono, 2001. *Evaluasi Geologi Teknik Penurunan Muka Air Tanah (land subsidence) Daerah Semarang dan Sekitarnya*, DGTL, Bandung.
- Tigor, MHL Tobing, Dodid Murdohardono, 2006. *Penyelidikan Geoteknik Amblesan Daerah Semarang dan Sekitarnya Propinsi Jawa Tengah*, DGTL, Bandung.
- Todd .D.K., 1980. *Groundwater Hydrology*, John Wiley dan Sons, Inc, New York.
- Vermeer, P., A, 1998. *General Information*, Plaxis Version 7, A. A. Balkema, P.O BOX 1675, 3000 BR Rotterdam, Netherlands.
- Wahyudi Priadi, Agung, 1997. *Profil Bor*, Proyek Gereja Isa Almasih, jln Dr. Cipto, Semarang.
- Wahyudi Priadi, Agung, 1998. *Diagram Profile Bor dan SPT Hasil Pemeriksaan Laboratorium. Proyek Play over Bangetayu Genuk Semarang*, Semarang.
- Wahyudi Priadi, Agung, 2000. *Diagram Profile Bor Hasil Pemeriksaan Laboratorium. Proyek Perum Plamongan Indah*, Semarang.
- Wahyudi Priadi, Agung, 2002. *Table of Laboratory Test Result*, Bangunan Ruko jln. Jenderal Sudirman 281, Semarang.
- Wahyudi Priadi, Agung, 2003. *DCPT*, Proyek Perum Mediterania Semarang, Semarang.
- Wahyudi Priadi, Agung, 2004. *Tabel Hasil Pemeriksaan Laboratorium*, Proyek Gedung Sekolah Tehnik Menengah Semarang, jln Dr. Cipto, Semarang.
- Wahyudi Priadi, Agung, 2005. *Consolidation Test*. Proyek Rencana Gedung Showrom Model jln Gajah, Semarang.
- Wahyudi Priadi, Agung, 2006. *Table of Laboratory Result*, Proyek Gedung Kantor Kehakiman, Semarang.
- Wahyudi Priadi, Agung, 2006. *Table of Laboratory Test Result*, Proyek Rencana Gedung Mall, jln. Madukoro Kawasan Marina, Semarang.
- Wahyudi Priadi, Agung, 2006. *Table of Laboratory Test Result*, Rencana Komplek Kantor, Terboyo Industri Timur, Semarang.

- Wahyudi Priadi, Agung, 2007. Table of Laboratory Test Result, Rencana Gedung Polres Semarang Barat, jln Rongolawe Selatan, Semarang.
- Wangsa Atmaja, S, Sutadian Prasetiati, 2007. *A Review of Grand Water Issues in the Bandung Basin, Indonesia, Managament and Re Commendations*, <http://www.ges.or.jp/en/pub/ires/pdf/vit-n2/15html>
- Wesley, L. D, 1997. *Mekanika Tanah*, Badan Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Wej N Phien, P.H and Natalaya. P, 2008. *Land Subsidence in Bangkok*, School of Civil EGINEERING Asian Institute of Technology. Availabe online at. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
- Whittaker and Reddish, 1989. Faktor-Faktor Penyebab Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence). [www.landsubsidence.com](http://www.landsubsidence.com) May 6, 2009...2:36 am