

Model Sebaran Penurunan Tanah di Wilayah Pesisir Semarang

Aris Ismanto¹, Anindya Wirasatriya¹, Muhammad Helmi¹, Agus Hartoko², Prayogi³

¹Program Studi Oseanografi Universitas Diponegoro

Jl. Prof Sudharto SH Tembalang- Semarang

Email: aris.ismanto@gmail.com.

²Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro, Semarang

³Pusat Kajian dan Pengembangan Laut Tropis, Universitas Diponegoro, Semarang

Abstrak

Banjir rob merupakan fenomena bencana yang melanda daerah pesisir Kota Semarang sejak 30 tahun terakhir yang sampai saat ini belum dapat tertanggulangi dan bahkan semakin meluas. Penyebab utama timbulnya banjir rob adalah terjadinya penurunan tanah yang dapat mencapai ± 15 cm/tahun. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan informasi yang akurat mengenai penurunan tanah yang terjadi, terutama mengenai zona sebaran penurunan tanah yang dikaitkan dengan penggunaan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran spasial Penurunan Tanah di Pesisir Kota Semarang sehingga diharapkan bisa menjadi acuan bagi Pemerintah Kota Semarang dalam rangka penanggulangan banjir rob. Data spot height peta RBI dan hasil pengukuran lapangan dengan menggunakan DGPS digunakan dalam penelitian ini. Laju penurunan tanah dihitung berdasarkan perbedaan ketinggian wilayah pada saat ini dengan ketinggian wilayah pada spot height peta RBI, tahun 2001. Data citra satelit IKONOS yang didownload dari Google Earth digunakan untuk mengetahui penggunaan lahan eksisting. Pengolahan data dilakukan berbasis Sistem Informasi Geografis dengan menggunakan tool Spatial Analyst pada software Arc GIS 9.1. Hasil penelitian memberikan gambaran bahwa Kota Semarang mempunyai luas 17.073,23 ha dan laju penurunan tanah <1 cm/thn terjadi seluas 3.355,93 ha (19,7%); 1,1–4 cm/thn seluas 6.515,77 ha (38,2%), 4,1–8 cm/thn seluas 5.048,51 (29,6%); 8,1–12 cm/thn seluas 1.685,6 ha (9,9%); dan 12,1–15 cm/thn seluas 467,45 ha (2,7%). Penurunan tanah tersebut menyebar secara spasial di Kecamatan Genuk (8.1-15 cm/th) dan Semarang Utara serta sebagian Semarang Barat (4.1-12 cm/th). Kecamatan Tugu memiliki tingkat penurunan tanah yang relatif rendah, yaitu kurang dari 1 cm/th.

Kata kunci: Semarang, Banjir Rob, Penurunan tanah,

Abstract

Since the last 30 years, Tidal flood hazard in the Semarang Coastal Area has never been clearly solved and even getting worse time to time. Most possible cause of this tidal flooding is believed land subsidence which reaches up to 15cm/year. Accurate information of land subsidence distribution, in relation to land use, is therefore needed to ease this flooding problem. The study is aimed to identify spatial distribution of land subsidence in Semarang coastal area which hopefully can be used as scientific reference for Semarang City Government on solving this tidal flooding problem. A spot height data of Indonesian Land Surface (RBI) map was used as the main information of the study collaborated with comprehensive field measurement using DGPS. Land subsidence rate was then calculated as differences between actual height of the location with spot height indicated on 2001 RBI map. An IKONOS satellite image of the same spot was then used to determine existing land use of the area. The data were processed using a GIS-based analysis 'Spatial Analyst' of ArcGIS 9.1. The result showed that among total of 17.073,23 ha of the study area 3.355,93 ha (19,7%) has rate of land subsidence of <1cm/year, 6.515,77 ha (38,2%) of 1.1-4cm/year, 5.048,51 ha (29,6%) of 4.1-8cm/year, 1.685,6 ha (9,9%) of 8.1-12cm/year and 467,45 ha (2,7%) of 12.1-15cm/year. Spatial distribution of land subsidence in Semarang is spreading in Genuk (8.1-15 cm/th), North Semarang and West Semarang District (4.1-12 cm/th). Land subsidence in Tugu District is relatively lower, that is less than 1 cm/th.

Key words: Semarang, tidal flood, land subsidence,

Pendahuluan

Semarang merupakan kota yang terletak di pesisir utara Jawa Tengah yang kurang lebih 30 tahun terakhir ini telah mengalami banjir rob. Banjir ini menggenangi beberapa tempat di pesisir kota Semarang yang terjadi saat air laut pasang. Pada bulan Mei 2005 tercatat bahwa sedikitnya ada 14 kelurahan yang tergenang rob dengan luas daerah genangan mencapai 2.418 Ha. Salah satu penyebab timbulnya banjir rob ini adalah naiknya muka air laut, dimana laju kenaikan muka air laut yang tercatat di Stasiun Pengamatan Pasang Surut Pelabuhan Tanjung Emas Semarang adalah sebesar 5,43 cm/tahun (Wirasatriya, 2005). Selain itu faktor dari tingginya pasang surut dan penurunan muka tanah adalah ancaman utama di Kota Semarang (Marfai et al., 2005). Kondisi eksisting dari elevasi tanah yang lebih rendah dari muka air laut menyebabkan semakin besarnya laju penurunan muka tanah. Banjir Rob di Semarang menyebabkan kerusakan infrastuktur dan kawasan pemukiman selain itu juga berdampak pada kehidupan masyarakat, rumah tangga dan individual secara simultan (Marfai & King, 2007; 2008).

Berdasarkan penelitian Wirasatriya (2005) diketahui bahwa penurunan tanah (land subsidence) merupakan faktor yang paling dominan yang menjadi penyebab kenaikan relatif muka laut di Semarang selain adanya faktor pemanasan global yang menyebabkan naiknya permukaan air laut di seluruh belahan dunia dan faktor lain yang sifatnya memperparah banjir rob yang terjadi yaitu perubahan tata guna lahan dan buruknya sistem drainase. Faktor global ini hanya menyebabkan kenaikan muka laut di Semarang sebesar 2,65 mm/tahun. Laju penurunan tanah yang terjadi di Semarang besarnya bervariasi antara satu tempat dengan lainnya. Secara umum semakin mendekati pantai laju penurunan tanah akan semakin besar dimana laju penurunan terbesar adalah di kawasan Pelabuhan Tanjung Emas yaitu bisa mencapai 14,2 cm/tahun. Sutanta & Hobma (2002) berpendapat bahwa sangat sulit untuk menentukan laju penurunan tanah di Semarang mengingat beda tempat, beda tahun maka beda pula laju penurunannya. Kompleksnya permasalahan ini ditimbulkan oleh dinamisnya faktor alam dan intervensi manusia, sehingga sangat sulit untuk menentukan skenario penurunan tanah yang paling akurat di Semarang oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan secara berkala mengenai penurunan

tanah di wilayah pesisir Semarang. Berkaitan dengan hal tersebut maka penelitian ini akan dibatasi pada permasalahan penurunan tanah yang terjadi di pesisir kota Semarang.

Materi dan Metode

Materi penelitian adalah data elevasi *bench mark* yang terdapat di pesisir Kota Semarang dan data Spot Height dari Bakosurtanal untuk melengkapi data elevasi yang ada serta data citra Ikonos Kota Semarang.

Pada penelitian ini BM yang akan diukur perubahan elevasinya adalah BM DTK yang elevasinya < 10 m MSL karena berdasarkan penelitian Wirasatriya (2005) dan Wirasatriya et al., (2006) BM-BM tersebut laju penurunannya cukup tinggi yaitu > 1 cm / tahun. BM DTK adalah BM milik Dinas Tata Kota yang memiliki nilai posisi dan elevasi (x, y, z) yang dibuat tahun 1992 dan 1995 dengan titik referensi elevasi dari BM TTG 449 yang terletak di depan Toko ADA Jl. Setiabudi Banyumanik Semarang. Terdapat sekitar 100 BM DTK yang tersebar di Pesisir Kota Semarang. Identifikasi awal terhadap BM tersebut diperlukan untuk mengetahui kelayakan kondisi dari BM tersebut sebagai titik ukur elevasi. Peralatan yang disiapkan adalah DGPS SR 20, DGPS Trimble dan water pass untuk pengukuran elevasi.

Ada 2 jenis data yang dikumpulkan pada penelitian tahap I yaitu data sekunder dan primer. Data sekunder berupa data elevasi yang didapatkan dari data spot height tahun 2001 dari Bakosurtanal dan data penggunaan lahan yang didapatkan dari Citra Ikonos Semarang. Selain itu dikumpulkan juga data sekunder yang berupa data elevasi *bench mark* yang ada di Kota Semarang hasil penelitian sebelumnya (Wirasatriya, 2005; Wirasatriya et al., 2006)

Data primer berupa perubahan elevasi BM didapatkan dengan 3 cara pengukuran yaitu pengukuran metode statik survey menggunakan alat DGPS SR 20, DGPS Trimble dan metode sipat datar menggunakan alat ukur water pass. Titik referensi elevasi yang digunakan adalah BM TTG 449 di depan Toko Ada Jl. Setiabudi Banyumanik Semarang yang memiliki ketinggian MSL + 221,004 m. Menurut Muhrozi et.al. (1997) titik-titik TTG diperoleh dari Buku Daftar Titik-titik Tetap BAKOSURTANAL, dimana nilai ketinggian titik-titik tersebut diperoleh melalui pengukuran waterpass teliti yang dilakukan sebelum tahun 1984 dan dikenal dengan istilah TTG (Titik

Tinggi Geodesi). Data tersebut diperkirakan dihitung berdasarkan permukaan air laut rata-rata (MSL) yang dikeluarkan oleh Kementerian Perhubungan Laut. Di samping itu kedua titik tersebut juga stabil/ tidak mengalami penurunan.

Metode statik survey merupakan metode pengukuran DGPS yang digunakan untuk memperoleh ketelitian yang tinggi dimana akan didapatkan nilai koordinat posisi (lintang dan bujur) dan elevasi. Dengan ketelitian mencapai 5-10 mm + 2 ppm diharapkan dapat mengurangi kesalahan yang sering terjadi pada pengukuran metode sipat datar menggunakan water pass akibat kesalahan manusia. Dalam metode ini kedua GPS tidak bergerak selama pengamatan dan lama pengamatan sekitar 10 menit dengan penambahan 5 menit setiap kilometernya. Penggunaan DGPS merupakan suatu metode baru dalam pengukuran elevasi, sehingga metode ini perlu dibandingkan dengan hasil pengukuran metode sipat datar yang telah dikenal dan sering digunakan dalam pengukuran elevasi.

DGPS trimble merupakan GPS geodetic dengan dual frekwensi yang dapat digunakan untuk survey elevasi. Antena yang digunakan adalah tipe TR

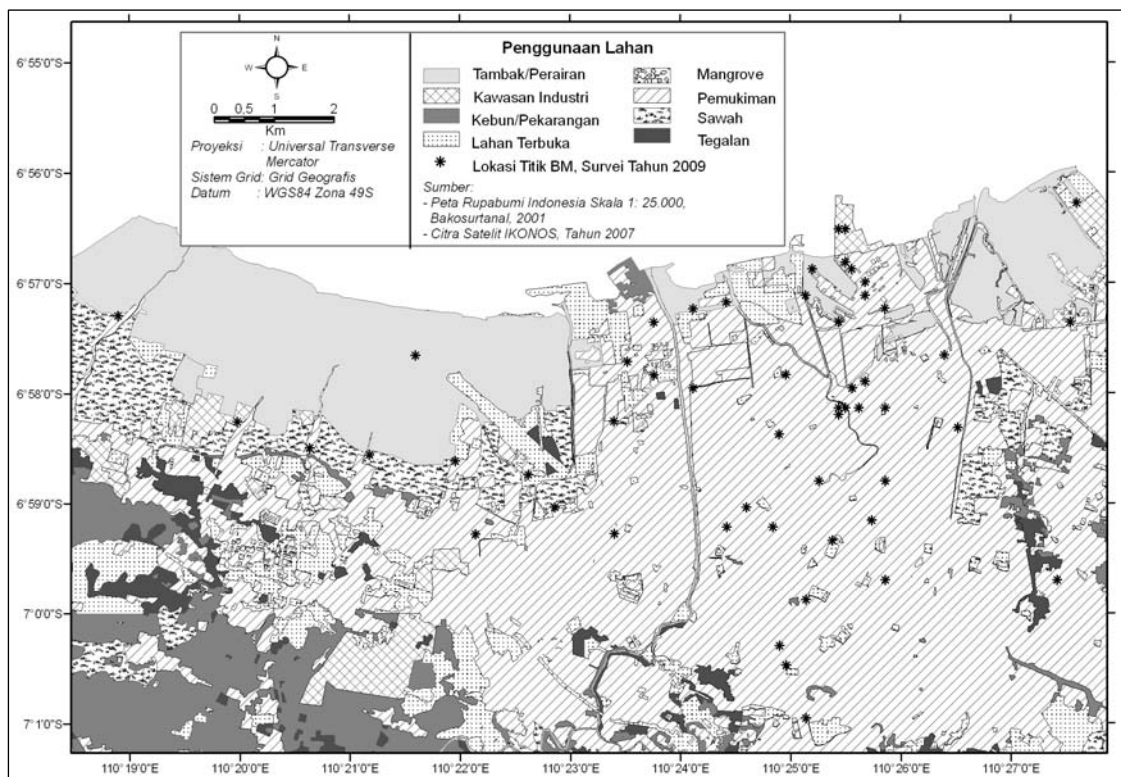
Geod L1/L2 GP. Survey elevasi dengan menggunakan DGPS trimble ini dilakukan pada 52 BM yang pada tahun 2007-2009. Pengukuran metode sipat datar tetap dilakukan sebagai pembanding metode statik survey.

Data Spot Height diolah untuk mendapatkan peta kontur elevasi Kota Semarang, sedangkan citra Ikonos diolah untuk mendapatkan peta penggunaan lahan di pesisir Kota Semarang. Data-data elevasi BM yang didapat dibandingkan dengan data elevasi BM tahun-tahun sebelumnya sehingga akan diketahui laju penurunan tanahnya. Semua proses pengolahan data tersebut dilakukan dengan menggunakan software Arc GIS 9.1.

Hasil dan Pembahasan

Digitasi Updating Penggunaan Lahan di Wilayah Studi Kota Semarang

Data yang digunakan untuk mengetahui penggunaan lahan di Kota Semarang adalah Peta Rupabumi Indonesia skala 1 : 25.000, publikasi Bakosurtanal tahun 2001 yang kemudian diupdate dengan citra satelit IKONOS resolusi 1 meter hasil download dari Google Earth.



Gambar 1. Hasil Digitasi Penggunaan Lahan di Wilayah Studi di Kota Semarang
(Sumber data : Peta RBI tahun 2001 dan citra satelit ikonos, 2007, Google Earth).

Tabel 1. Penggunaan Lahan Wilayah Studi di Kota Semarang

Penggunaan Lahan	Luas (Hektar)
Air	2.508,4
Industri	650,9
Kebun	2.048,7
Lahan Terbuka	1.521,9
Mangrove	3,0
Pemukiman	8.625,4
Sawah	1.107,8
Tegalan	607,1
Total	17.073,3

Sumber: Citra Satelit Ikonos, 2007 (Google Earth).

Pada Tabel 1 berikut ini ditampilkan hasil *updating* penggunaan lahan di wilayah studi Kota Semarang.

Dari Tabel 2 diatas terlihat bahwa penggunaan lahan untuk air mengalami penambahan sebesar 3,97%. Hal ini dikarenakan pada RBI tahun 2001, di kawasan pesisir terdapat wilayah perairan yang belum masuk ke dalam polygon wilayah studi, sedangkan pada citra Ikonos 2007, wilayah perairan

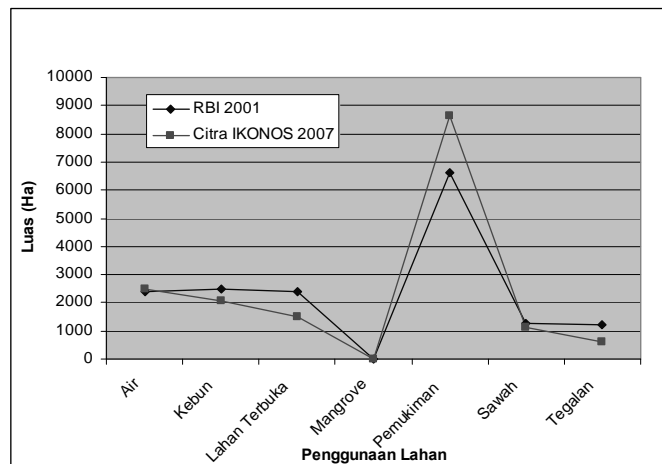
tersebut *diupdate* dan masuk ke dalam wilayah studi, sehingga wajar jika terjadi penambahan luas. Dari data tersebut nampak penambahan mangrove sebesar 31,7%. Pada kelas penggunaan lahan industri, pada peta RBI belum terkelaskan, sedangkan pada citra Ikonos tahun 2007, kawasan industri jelas teridentifikasi secara visual dengan luas 650,9 hektar.

Kelas penggunaan lahan yang berkurang

Tabel 2. Perubahan penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Luas (Hektar)		Perubahan (Hektar)	Persentase (%)	Keterangan
	RBI 2001	Citra Ikonos 2007			
Air	2.412,5	2.508,4	+ 95,89	+ 3,97	Ada sebagian wilayah di daerah pesisir pada RBI 2001 belum masuk kedalam area studi, sedangkan pada Citra Ikonos 2007 masuk dalam batas wilayah studi.
Industri	tidak terkelaskan	650,9	650,9	-	
Kebun	2490,8	2.048,7	- 442,132	- 17,8	
Lahan Terbuka	2.404,0	1.521,9	- 882,066	- 36,7	
Mangrove	2,3	3,0	+ 0,7	+ 31,7	
Pemukiman	6.636,3	8.625,4	- 1989,117	+ 30,0	
Sawah	1.254,6	1.107,8	- 146,833	- 11,7	
Tegalan	1.222,0	607,1	- 614,852	- 50,3	
Total Luas	16.422,5	17.073,2			

Sumber : Pengolahan peta RBI tahun 2001 dan Citra Ikonos, 2007



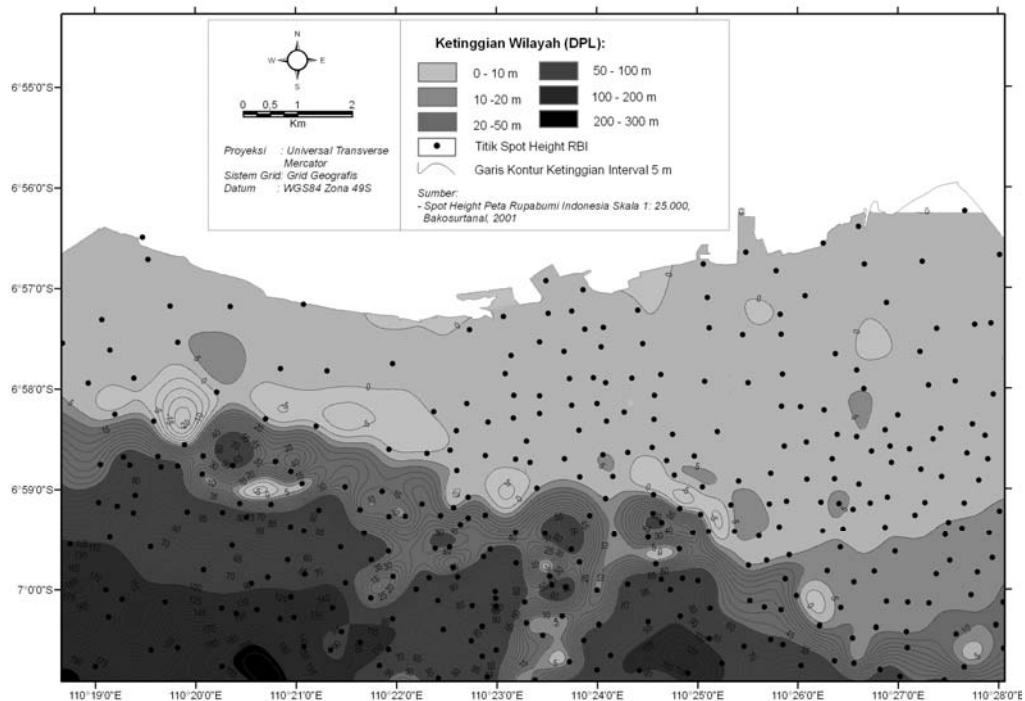
Gambar 2. Perubahan Penggunaan Lahan pada Wilayah Studi.

adalah kebun, lahan terbuka, sawah dan tegalan dengan prosentase masing-masing adalah 17,8; 36,7, 11,7 dan 50,3%. Sementara itu kelas penggunaan lahan yang mengalami penambahan secara signifikan adalah pemukiman, dengan persentase penambahan luas yaitu 30%.

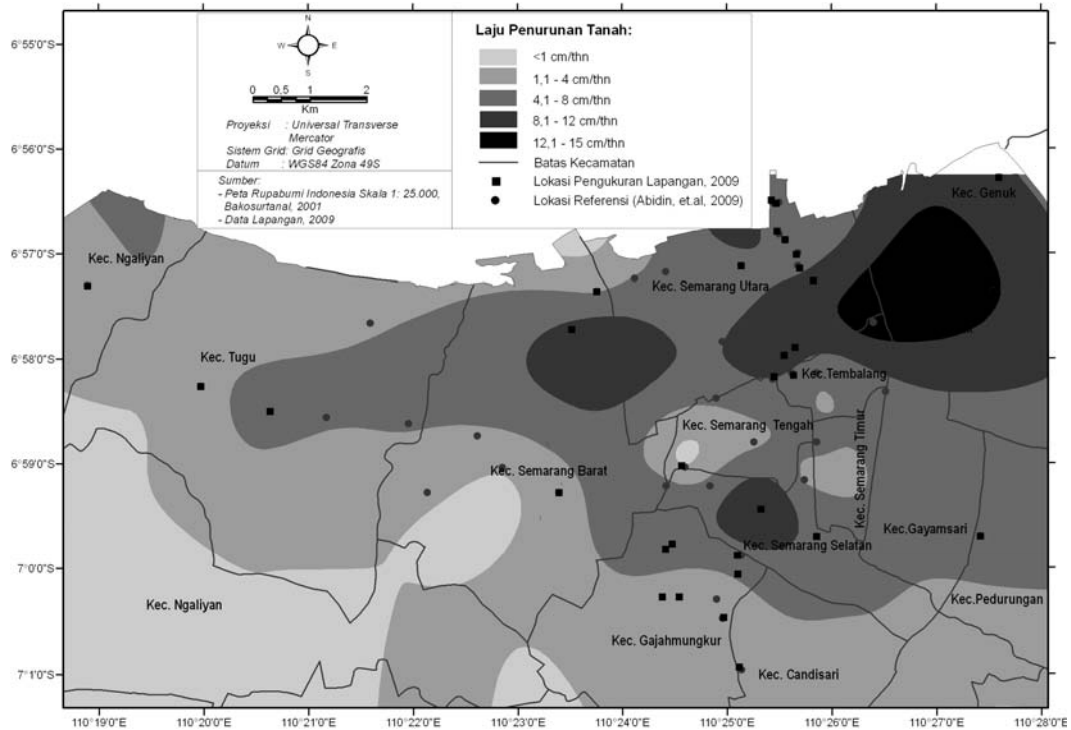
Pengolahan Spot Height RBI, Tahun 2001.

Untuk menghitung laju penurunan tanah, digunakan data *spot height* peta RBI dan data hasil

survei lapangan tahun 2009. Laju penurunan tanah dihitung dengan menghitung ketinggian wilayah pada saat ini (survei, ketinggian MSL, satuan meter) dikurangi dengan ketinggian wilayah pada *spot height* peta RBI, tahun 2001. Selisih penurunan tanah tersebut kemudian dibagi interval waktu penurunan tanah selama 8 tahun. Laju penurunan tanah dikonversikan dengan satuan cm/tahun. Berikut ini ditampilkan hasil overlay *spot height* peta RBI tahun 2001 dan hasil interpolasi ketinggiannya:



Gambar 3. Kontur ketinggian wilayah diolah dari data spot height peta RBI, tahun 2001.



Gambar 4. Laju Penurunan tanah di Wilayah Studi Kota Semarang

Tabel 3. Hasil Perhitungan Laju Penurunan Tanah berdasarkan Kelas Penggunaan Lahan

Laju Penurunan Tanah (cm/thn)	Luas Penggunaan Lahan (Hektar)								Luas Total (Hektar)	Persentase (%)
	Air	Industri	Kebun	Lahan Terbuka	Pemukiman	Sawah	Tegalan	Mangrove		
< 1 cm/thn	10,58	217,18	1.522,13	291,89	866,44	160,71	287,01	-	3.355,93	19,7
1,1 - 4 cm/thn	1.223,18	120,06	250,94	772,76	3.304,67	621,32	222,85	-	6.515,77	38,2
4,1 - 8 cm/thn	770,74	144,93	271,45	376,87	3.140,18	258,61	85,73	-	5.048,51	29,6
8,1 - 12 cm/thn	288,53	141,92	4,17	75,71	1.102,57	60,82	10,47	1,39	1.685,60	9,9
12,1 - 15 cm/thn	215,36	26,84	-	4,71	211,52	6,33	1,07	1,63	467,45	2,7
Total	2.508,39	650,93	2.048,69	1.521,94	8.625,38	1.107,79	607,13	3,02	17.073,26	100,00

Tabel 4. Persentase Laju Penurunan Tanah Berdasarkan Kelas Penggunaan Lahan

Laju Penurunan Tanah (cm/thn)	Persentase Penurunan Tanah pada Kelas Penggunaan Lahan (%)							
	Air	Industri	Kebun	Lahan Terbuka	Pemukiman	Sawah	Tegalan	Mangrove
< 1 cm/thn	0,32	6,47	45,36	8,70	25,82	4,79	8,55	0,00
1,1 - 4 cm/thn	18,77	1,84	3,85	11,86	50,72	9,54	3,42	0,00
4,1 - 8 cm/thn	15,27	2,87	5,38	7,46	62,20	5,12	1,70	0,00
8,1 - 12 cm/thn	17,12	8,42	0,25	4,49	65,41	3,61	0,62	0,08
12,1 - 15 cm/thn	46,07	5,74	0,00	1,01	45,25	1,35	0,23	0,35
Total %	14,65	3,84	12,04	8,90	50,53	6,47	3,56	0,02

Perhitungan Laju Penurunan Tanah (*Land Subsidence*) di Kota Semarang

Setelah data ketinggian wilayah pada tahun 2009 diketahui, data tersebut dikurangkan dengan ketinggian wilayah pada tahun 2001 yang diolah dari titik spot height RBI. Bila hasilnya minus, maka terjadi penurunan pada wilayah tersebut (Abidin, *et.al*, 2009 dan Survei lapangan, 2009)

Data laju penurunan tanah tersebut diolah dengan menggunakan *tool spatial Analyst* pada software Arc GIS 9.1, untuk mengetahui sebaran spasial laju penurunan tanahnya. Hasil akhir dari sebaran spasial laju penurunan tanah di wilayah studi Kota Semarang disajikan pada Gambar 4, sedangkan hasil akhir perhitungan luasan penurunan tanah di wilayah studi disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut ini:

Gambar 4 di atas menunjukkan sebaran spasial penurunan tanah yang terjadi di Kota Semarang yang dihasilkan pada penelitian ini. Gambar tersebut menunjukkan penurunan tanah di Kota Semarang hanya terjadi di daerah pesisir, khususnya Kecamatan Genuk (8.1-15 cm/th) dan Semarang Utara serta sebagian Semarang Barat (4.1-12 cm/th). Kecamatan Tugu memiliki tingkat penurunan tanah yang relatif rendah, yaitu kurang dari 1 cm/th. Kecamatan Genuk, Semarang Utara dan sebagian Semarang Barat merupakan daerah industri dan pemukiman yang padat. Pengambilan air tanah dan tekanan oleh beratnya bangunan menyebabkan proses kompaksi lapisan sedimen pada daerah ini terjadi lebih cepat dibandingkan Kecamatan Genuk yang memiliki penggunaan lahan tambak dan sawah irigasi. Pada bagian tengah Kecamatan Genuk yang merupakan daerah pusat industri terjadi penurunan tanah tertinggi yang mencapai 12.1-15 dm/th.

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4 diatas dapat diketahui rincian laju penurunan tanah dari wilayah studi yang dikaji. Pada Tabel 3 terlihat bahwa pada persentase laju penurunan tanah tertinggi adalah 1,1 - 4 cm/th dengan persentase 38,2%, disusul 4,1 - 8 cm/thn 29,6%; <1 cm/thn 19,7%; 4,1 - 8 cm/thn 9,9% dan 12,1 - 15 cm/thn 2,7%. Sementara itu pada Tabel 4 terlihat bahwa laju penurunan tanah tertinggi berdasarkan kelas penggunaan lahan adalah pada pemukiman yang mencapai 50,53%.

Kesimpulan

Penurunan tanah di Kota Semarang menyebar di daerah pesisir yaitu pada Kecamatan Genuk (8.1-15 cm/th) dan Semarang Utara serta sebagian Semarang Barat (4.1-12 cm/th). Kecamatan Tugu memiliki tingkat penurunan tanah yang relatif rendah, yaitu kurang dari 1 cm/th. Kota Semarang dengan elevasi lebih dari 100 meter di atas permukaan laut relatif stabil dan tidak mengalami penurunan tanah. Dari hasil pengolahan spasial terlihat bahwa semakin mendekati pantai laju penurunan tanah di Kota Semarang semakin besar karena lapisan tanah di daerah pantai kota semarang merupakan lapisan tanah lunak sehingga terus mengalami konsolidasi/pemampatan. Dari hasil perhitungan juga diketahui bahwa persentase laju penurunan tanah tertinggi adalah pada kelas penggunaan lahan untuk pemukiman dengan persentase 50,53%.

Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z., H. Andreas, I. Gumilar, M. Gamal, T.P. Sidiq, Y. Fukuda, D. Murdohardono, & Supriyadi. 2009. *Geodetic Monitoring Of Land Subsidence in Semarang (Indonesia)*. Paper presented at The 34th HAGI (Himpunan Ahli Geofisika Indonesia) Annual Convention and Exhibition 9-12th November 2009, Sheraton Jogjakarta
- BAPPEDA Semarang. 2000. Profil Wilayah Pantai Dan Laut Kota Semarang. BAPPEDA. Semarang
- Hartoko, A. M Helmi & A. Wirasatruya. 2005. Sumbangsih Teknologi Geomatika untuk Fenomena Penurunan Tanah Kota Semarang. Expose hasil Penelitian Berpotensi. Universitas Diponegoro. Semarang
- Marfai, M. A. 2004. Tidal flood hazard assessment: modelling in raster GIS, case in western part of Semarang coastal area. *Indonesian Journal of Geography*, 36(1), 25-38.
- Marfai, M. A., Sudrajat, S., Budiani, S. R., & Sartohadi, J. 2005. Tidal flood risk assessment using iteration model and Geographic Information System, (In Indonesian). The competitive research grants scheme no ID: UGM/PHB/2004, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia.
- Marfai, M. A., & King, L. 2007. Monitoring land subsidence in Semarang, Indonesia. *Environmental Geology*. 53: 651-659.

- Marfai, M. A., & King, L. 2007. Tidal inundation mapping under enhanced land subsidence in Semarang Central Java Indonesia. *Natural Hazards*. 44:93-109
- Mitchell, J. K., 1988. Confronting natural disasters: an international decade for natural hazard reduction. *Environment*, 30(2), 25–29.
- Muhrozi; S Pranoto & Nasrullah, 1997 Studi Penentuan Penurunan Permukaan Tanah di Semarang bagian Bawah. Fakultas Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang
- PT. Pelindo III Cabang Tanjung Emas, 2000. Hasil Survei/Pengukuran Elevasi dalam Rangka Pengamatan Penurunan Tanah di Pelabuhan Tanjung Emas Semarang Tahap III Tahun 2000. Pelaksana : CV Parmaga Utama Semarang. PT. Pelindo III cabang Tanjung Emas. Semarang
- Setiyono, H., S. Sukmaningrum, D. Haryo, & Tri W.W., 1994. Laporan Penelitian Isu Kenaikan Muka Air Laut Global pada Pesisir Pulau Jawa. Studi Kasus di Tiga Kota Besar (Jakarta Semarang, Surabaya). Pusat Studi Lingkungan Hidup. Lembaga Penelitian UNDIP. Semarang
- Sutanta, H & TW Hobma. 2002. Preliminary Assessment of The Impact of Land Subsidence and Sea Level Rise in Semarang, Central Java, Indonesia. Proceeding PORSEC. Bali
- Sriboga Ratu Raya. 2005. Pekerjaan Pengukuran Elevasi TTG 449 Sronдол – Bolard T. PT Sriboga Ratu Raya. Semarang
- Wirasatriya, A. 2005. Kajian Kenaikan Muka Laut sebagai Landasan Penanggulangan Rob di Pesisir Kota Semarang. Tesis Program Studi Magister Manajemen Sumber Daya Pantai. Universitas Diponegoro. Semarang
- Wirasatriya, A., E. Indrayanti., & I B. Prasetyawan. 2006. Kajian Elevasi Bench Mark dan Laju Penurunan tanah di Pesisir Kota Semarang. Laporan Penelitian DIK Rutin. Universitas Diponegoro. Semarang
- Wirasatriya, A. 2007. Kajian Penurunan Tanah PT. Sriboga Ratu Raya Semarang. PT Sriboga Ratu Raya. Semarang