
AMBLESAN TANAH DI MUARA KALI SEMARANG BERPENGARUH TERHADAP LUAS GENANGAN DAN KERUSAKAN INFRASTRUKTUR PERMUKIMAN

Soedarsono

Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan - UNISSULA Semarang

E-mail: mts_unissula@yahoo.com

Abstrak

Kota Semarang adalah ibukota Propinsi Jawa Tengah Indonesia, memiliki luas wilayah 373,4 km² dengan jumlah penduduk 1.481.460 jiwa (tahun 2008). Kota dibagian selatan terdiri dari perbukitan struktural denudasional dan perbukitan vulkanik, sedangkan dataran alluvial terletak di bagian utara. Pada dataran alluvial tanahnya terus mengalami amblesan (*land subsidence*), kondisi ini menjadi masalah yang serius khususnya pada permukiman yang tumbuh secara alamiah di muara kali Semarang. Saat pasang air laut masuk ke permukiman melewati beberapa sungai dan menggenang, akibatnya merusak infrastruktur permukiman. Tujuan penelitian ini untuk mengkaji dan mengevaluasi perubahan luas genangan pada permukiman di muara kali Semarang antara tahun 1996 – tahun 2010 dan untuk mengetahui tingkat kerusakan infrastruktur. Penelitian ini menggunakan metode survey dan laboratorium, analisis data untuk mengetahui perubahan luas genangan digunakan program Geographic Information System (GIS) dengan software Arc GIS Desktop 9.2 dari Environmental System Research. Untuk mengetahui pengaruh genangan terhadap kerusakan infrastruktur permukiman digunakan statistik dengan tabulasi silang. Untuk menakar pengaruh genangan terhadap kerusakan lingkungan menggunakan software Statistical Product Service Solution (SPSS) versi 16 dan pengamatan langsung di lokasi penelitian, sedangkan evaluasi perubahan luas genangan di permukiman dengan cara overlay peta genangan tahun 1996 dan tahun 2010, hasilnya merupakan perubahan luas genangan di permukiman penduduk. Hasil penelitian menunjukkan : antara tahun 1996 sampai tahun 2010 terjadi penambahan genangan seluas 29,62 ha; terjadi kerusakan infrastruktur permukiman antara lain : jalan aspal (37,10%), jalan beton (26,20%), jalan dengan paving block (22,50%) dan saluran drainase (23,90%); 3) secara kumulatif genangan berpengaruh terhadap kerusakan infrastruktur permukiman sebesar 20%, sedangkan sisanya dari unsur lain. Beberapa penyebab bertambahnya luas genangan antara lain amblesan tanah pada dataran alluvial terus berlanjut, lokasi penelitian di lewat beberapa sungai, saat pasang air laut masuk ke permukiman, topografi datar dan jenuh, air yang menggenang merusak infrastruktur jalan.

Kata kunci : amblesan tanah, genangan, merusak infrastruktur

PENDAHULUAN

Kota Semarang merupakan satu diantara kota besar di Indonesia, berpenduduk 1.481.460 jiwa dan memiliki luas 373,4 km² dengan laju pertumbuhan penduduk 1,86% setiap tahun. Kondisi geografisnya terdiri dari dua unit morfologi, di bagian selatan (kota atas) merupakan Perbukitan Struktural Denudasional, sedangkan dataran aluvial terletak di bagian utara (kota bawah). Di antara 16 kecamatan di Kota Semarang, Kecamatan Semarang Utara dan Kecamatan Semarang Tengah merupakan wilayah yang terpadat penduduknya dengan kepadatan 11.556 jiwa dan 12.089 jiwa setiap km² (BPS Kota Semarang, 2008).

Seiring bertambahnya penduduk di Kota Semarang, maka kebutuhan akan tempat tinggal mengalami peningkatan, untuk itu mulai tahun 1984 Pengembang membangun kawasan permukiman (*real estate*) pada dataran aluvial di kawasan Tanah Mas, Puri Anjasmoro, Pantai Marina dan kompleks PRPP Jawa Tengah. Dari pengamatan di lokasi penelitian penyiapan lahan untuk membangun kawasan permukiman dengan cara menimbun tambak dan reklamasi pantai setinggi 2 sampai 4 m.

Hasil penelitian Tobing, dkk. (2000) menjelaskan amblesan tanah (*land subsidence*) pada dataran aluvial di sebagian Kota Semarang mencapai 8 cm pertahun 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 tanah umumnya kurang dari 5 cm per tahun.

Amblesan tanah pada dataran aluvial di Kota Semarang menjadi masalah yang serius, karena daerah tersebut umumnya berupa kawasan permukiman. Akibat amblesan tanah sebagian lahan pada kawasan permukiman yang lokasinya dekat pantai menjadi lebih rendah dari laut, saat terjadi pasang air laut mengalir ke daratan melalui sungai dan saluran drainase selanjutnya menggenangi daerah permukiman. Karena amblesan tanah terus berlanjut, akibatnya terjadi genangan pada permukiman di muara Kali Semarang seperti di Kelurahan Bandarharjo, Kuningan, Dadapsari dan Tanjung Mas. Luas genangan dan jumlah rumah yang tergenang di muara kali Semarang pada tahun 1992 seperti terlihat pada Tabel 01.

Tabel 1. Luas Genangan dan Jumlah Rumah Tergenang Berdasarkan Kelurahan Tahun 1992

No	Kelurahan	Luas Wilayah (Ha)	Luas Genangan pada Permukiman (Ha)	Jumlah Rumah yang Tergenang (Buah)	Keterangan (solusi)
1.	Bandarharjo	373,73	41,52	4.216	Dipasang 3 pompa
2.	Kuningan	342,65	26,65	3.039	Dipasang 2 pompa
3.	Dadapsari	83,25	2,77	2.025	Dipasang 2 pompa
4.	Tanjung Mas	141,51	6,28	4.528	Dipasang 3 pompa
Jumlah		941,14	77,22	13.808	

Sumber: Data Monografi Kecamatan Semarang Utara 2002

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode survai, sasarannya berupa permukiman penduduk pada dataran alluvial di muara Kali Semarang seluas 941,14 ha, tanahnya terdiri dari susunan batuan aluvium yang masih muda, usianya baru ratusan tahun sehingga terus mengalami pemampatan (*compaction*).

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.

Air yang menggenangi dipermukiman berpotensi merusak rumah dan infrastruktur, seperti jalan dan saluran drainase. Untuk mendapatkan campuran aspal yang tahan terhadap air pada lapisan jalan telah diatur di dalam Standar Nasional Indonesia (S.N.I) 03–6753–2002. SNI memberi pedoman standar benda uji dan pengukuran perubahan kekuatan tarik diametral yang didapat dari penjuhan kekuatan tarik diametral yang didapat dari penjuhan dalam pembahasan benda uji campuran beraspal.

Jalan beton dapat mengalami kerusakan umumnya pada slab dan lapisan tanah dasarnya. Kerusakan jalan beton terdiri dari kerusakan struktur dan kerusakan karakteristik permukaan, berupa retak-retak pada lapisan perkerasan, patahan (*fault*) dan deformasi. Patahan pada lapis perkerasan berhubungan tarikan dan tekanan akibat beban, menurut hukum degradasi kekuatan material pada proses patahan dan kerusakan jalan tergantung pada pemeliharaan (Hong dkk, 2008). Menurut Dowson (2006) masuknya air pada sambungan paving block menyebabkan kerusakan jalan lebih awal, air yang ada di bawah paving block dapat menggerus (*erosion*) dan menghilangkan pasir antar paving, akibatnya kondisi paving tidak stabil (Emery, 1993).

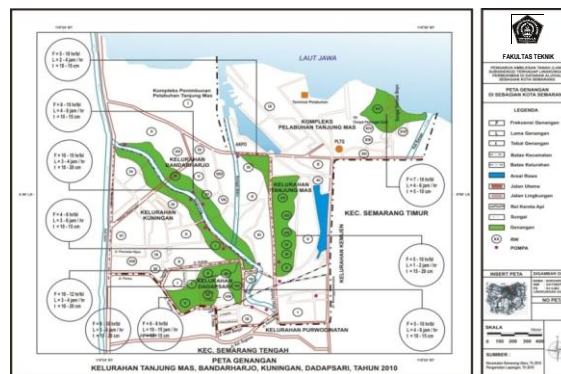
Untuk mengetahui perubahan luas genangan pada penelitian ini menggunakan program *Geografic Information System (GIS)*, *Software Arc Gis Distop 92* dari *Environmental System Research* menggunakan *Interpolasi Inverse Distance Weighted (IDW)* dan fasilitas *Ektension Spatial Analist*. Nilai yang dihasilkan oleh metode ini, berdasarkan rentang nilai dari titik-titik interpolasi. Metode IWD menggunakan jarak rerata, sehingga nilai yang dihasilkan tidak lebih kecil dari nilai minimum dan tidak lebih besar nilai maximum (Waston and Philip, 1985)

Hasil dari penelitian berupa peta luas genangan pada lokasi penelitian tahun 2010, selanjutnya luas genangan pada permukiman tahun 1996 di *overlay* dengan luas genangan pada permukiman tahun 2010, maka dapat diketahui perubahan luas genangan selama 16 tahun akibat amblesan tanah. Untuk mengetahui pengaruh genangan pada permukiman terhadap kerusakan infrastruktur dan daya dukung lingkungan digunakan metode survai dengan analisis diskriptif kuantitatif. Untuk mengetahui tingkat kerusakan infrastruktur permukiman penelitian ini digunakan statistik dengan analisisnya menggunakan tabulasi silang, sedangkan untuk menakar daya dukung lingkungan akan dibahas hubungan fungsional antara *Dependent Variable* berupa kerusakan infrastruktur permukiman dan tingkat kesehatan penduduk dengan *Independent Variable* berupa genangan di rumah, pekarangan, jalan dan saluran, sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh *Independent Variable* terhadap *Dependent Variable*. Analisisnya menggunakan alat bantu *Software Statistical Product and Service Solution* (SPSS) versi 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Genangan pada permukiman akibat amblesan tanah pada dataran aluvial berpotensi merusak rumah dan infrastruktur permukiman dan turunnya kesehatan penduduk. Penelitian dilakukan di muara Kali Semarang terdiri dari 4 kelurahan yaitu : Kelurahan Kuningan, Dadap Sari, Bandarhardjo dan Tanjung Mas seluas 941,14 ha, masuk wilayah Kecamatan Semarang Utara. Lapisan tanah umumnya terdiri dari susunan batuan alluvium yang masih muda, usianya baru ratusan tahun, sehingga terus mengalami pemampatan. Proses amblesan tanah ini dipercepat akibat penambahan beban untuk pembangunan permukiman, selain itu lokasi permukiman letaknya di muara kali Semarang, saat terjadi pasang air laut masuk dan menggenangi, akibatnya merusak infrastruktur permukiman.

Setelah dilakukan validasi data, pengamatan pada lokasi penelitian dan di analisis, selanjutnya dibuat peta genangan di Kelurahan Kuningan, Dadap Sari, Bandarhardjo dan Tanjung Mas, pada tahun 2010 (hasil penelitian) seperti terlihat pada Gambar 01.



Gambar 1. Peta Genangan Tahun 2010

Untuk mengetahui perubahan luas genangan pada permukiman dilakukan *overlay* peta genangan tahun 1996 (data sekunder) dengan peta genangan tahun 2010 (hasil penelitian) hasilnya berupa peta penambahan luas genangan pada permukiman penduduk, seperti terlihat pada Tabel 02

Tabel 2. Luas Wilayah Dan Luas Genangan Tahun 1996 dan Tahun 2010

Lokasi	Luas Wilayah (Ha)	Luas Genangan Tahun 1996 (Ha)	Luas Genangan Tahun 2010 (Ha)	Perubahan Genangan (Ha)	Keterangan
Kel. Tanjung Mas	373,73	44,02	48,55	4,53	Ada peningkatan luas genangan
Kel. Bandarharjo	342,65	42,95	27,65	-15,30	Ada penurunan luas genangan
Kel. Dadapsari	83,25	8,36	25,57	17,21	Ada peningkatan luas genangan
Kel. Kuningan	141,51	13,74	36,92	23,18	Ada peningkatan luas genangan
Jumlah	941,14	109,07	138,69	29,62	

Sumber: Soedarsono, (1997), Kelurahan Tanjung Mas, Bandarharjo, Dadapsari dan Kuningan, (2010), dan pengamatan lapangan, (2010).

Berdasarkan Gambar 01 dan Tabel 02 dapat diketahui selama 14 tahun ada penambahan genangan di lokasi penelitian seluas 29,62 ha dengan sebaran umumnya di kiri dan kanan kali Semarang, ditepi saluran drainase dan pada permukiman yang topografinya rendah. Perubahan genangan di lokasi penelitian antara tahun 1996 dan tahun 2010 dapat dilihat pada Gambar 02.



Gambar 2. Peta Perubahan Genangan

Untuk mengetahui tingkat kerusakan infrastruktur permukiman pada daerah yang sering tergenang digunakan data primer berupa kuesioner, wawancara yang mendalam dan pengamatan langsung pada lokasi penelitian. Setelah dilakukan analisis menggunakan tabulasi silang, tingkat kerusakan infrastruktur permukiman hasilnya dapat dilihat pada Tabel 03.

Tabel 3. Tingkat Kerusakan Infrastruktur Permukiman Yang Sering Terendam Air Hujan Dan Air Laut

	Rusak Parah	Rusak	Agak Rusak
Jalan Aspal	37,10 %	42,70 %	15,20 %
Jalan <i>Paving Block</i>	22,50 %	49,70 %	27,80 %
Jalan Beton	26,20 %	15,50 %	62,30 %
Saluran Drainase	23,90 %	41,70 %	34,40 %

Untuk mengetahui besar pengaruh genangan pada permukiman terhadap daya dukung lingkungan digunakan software SPSS versi 16, hasilnya tingkat kerusakan infrastruktur permukiman terprediksi (y) yang dipengaruhi oleh genangan di rumah, pekarangan, jalan dan saluran sebesar 20%.

PEMBAHASAN

Lahan di muara kali Semarang berupa dataran aluvial yang masih muda, baru ratusan tahun (<http://www.semarang.ne>), sehingga tanahnya terus mengalami pemampatan. Beban diatas tanah berupa permukiman, daya dukung tanah yang kecil dan muka air tanah tertekan (*Confined aquifer*) semakin turun (Soedarsono, 2011), akibatnya amblesan tanah terus berlanjut. Penelitian Tobing dkk (2000) menunjukkan pada dataran aluvial terjadi amblesan tanah (*land subsidence*) bervariasi antara 5 – 15 cm/tahun.

Permukiman di muara kali Semarang dilewati beberapa sungai yaitu : Kali Asin, Kali Semarang, dan Kali Baru, saat terjadi hujan air masuk ke permukiman, demikian pula saat pasang air laut masuk ke permukiman melewati beberapa sungai dan menggenang di lokasi penelitian.

Genangan pada lokasi penelitian di 4 Kelurahan terus bertambah luas. Selama 14 tahun, antara tahun 1996 – 2010 luas genangan di 4 Kelurahan terjadi peningkatan seluas 29,62 ha, ini disebabkan tanah pada permukiman terus mengalami amblesan. Selain terjadi penambahan juga terjadi pengurangan genangan seluas 15,30 ha, di Kelurahan Bandarhardjo karena ada penimbunan tanah setinggi 1,65 m untuk perluasan gudang pelabuhan Tanjung Mas.

Penyebab genangan antara lain : lokasi permukiman topografinya datar, secara gravitasi air hujan dan air laut (*rob*) cukup lama kembali ke laut; tanahnya jenuh karena sering tergenang; air tanahnya tinggi (1-2m) akibatnya air sulit meresap ke dalam tanah; (d) tanah terus mengalami amblesan dan; lokasi permukiman yang berada di muara Kali Semarang. Lama genangan

disebabkan permukiman tumbuh secara alamiah sesuai dengan kemampuan ekonomi penduduk, sehingga posisi rumah tidak tertata secara baik, kemiringan saluran drainase (i) kurang dari 2% dan tidak memenuhi syarat teknis, akibatnya air yang menggenang butuh waktu 3 – 5 jam mengalir kembali ke laut. Dampak dari genangan antara lain lantai, dinding dan komponen fisik rumah kropos, apalagi sebagian rumah penduduk dibangun tidak memenuhi syarat teknis. Upaya memperbaiki rumah yang dilakukan penduduk terkait dengan kemampuan ekonomi, separuh dari penduduk sudah memperbaiki rumahnya satu kali selama 14 tahun dengan cara membongkar rumah atau meninggalkan lantainya saja untuk menghindari genangan, sedangkan bagi yang tidak mampu rumahnya dibiarkan tergenang.

Dampak air laut yang sering menggenang di lingkungan permukiman dapat dilihat dari kerusakan bangunan dan infrastruktur. Air laut akan mempercepat rusaknya bangunan di daerah yang sering tergenang terutama bangunan yang terbuat dari campuran portland semen (PC) dan pasir, karena secara kimiawi, air laut mampu melepaskan (mengurai) senyawa yang terkait dalam semen, akibatnya bangunan cepat lapuk (Kusnandar 2009). Infrastruktur yang mengalami kerusakan antara lain jalan dengan lapisan perkerasan aspal, beton dan paving block.

Hasil penelitian Prabowo (2009) menggunakan desain campuran laston lapis aus *hot relled sheet wearing course*, menjelaskan semakin tinggi keasaman air dan semakin lama terendam air laut, campuran aspal semakin cepat mengelupas. Kerusakan jalan dengan perkerasan aspal yang terjadi di jalan Dorang, jalan Tombro dan jalan Empu Tantular banyak disebabkan oleh rendaman air laut.

Kerusakan konstruksi jalan dengan lapisan beton yang terjadi di jalan Usman Janatin akibat kerusakan struktur, berupa retak-retak pada lapis perkerasan (lapisan atas), namun tidak sampai dasar *slab* beton. Kerusakan jalan dengan lapis perkerasan beton di jalan Usman Janatin Kelurahan Tanjung Mas disebabkan lapisan tanah dasar yang lunak akibat sering terendam air dan jalan sering dilalui kendaraan dengan muatan berat. Kerusakan jalan dengan lapis perkerasan *paving block* disebabkan keluarnya lapisan pasir bawah *paving block* akibat rendaman air, perpindahan pasir di bawah paving (*bedding sand*) menyebabkan lapisan jalan tidak stabil (Hatta dkk 2003). Kerusakan jalan di jalan Layur dan jalan Kolonel Sugiono yang menggunakan paving block, selain jalan sering terendam juga akibat kendaraan yang lewat dengan tonase berat.

Kondisi saluran drainase di lokasi penelitian sebagian rusak di kiri kanan (bibir) saluran, sebagian besar saluran penuh sedimen dan sampah rumah tangga, eksisting saluran drainase berbelok – belok mengikuti kondisi rumah dengan kemiringan (i) kurang dari 2%, akibatnya saat hujan dan pasang air meluap dan menggenang di rumah penduduk.

Dari analisis statistik dengan program SPSS versi 16, dapat diketahui genangan pada permukiman berpengaruh 20% terhadap kerusakan rumah dan infrastruktur permukiman, sedangkan sisanya dimungkinkan pengaruh dari kualitas bahan bangunan, kualitas konstruksi dan unsur lainnya.

KESIMPULAN

1. Genangan pada permukiman terjadi di sekitar sungai dan saluran drainase, saat hujan dan pasang air laut yang masuk ke permukiman melalui Kali Asin, Kali Semarang, Kali Baru dan Kali Banger. Penyebab utama terjadinya pertambahan luas genangan antara lain: permukiman padat, topografinya datar dan jenuh, tanah mengalami amblesan, air laut semakin jauh ke hulu, genangan semakin luas. Antara tahun 1996 sampai tahun 2010 di lokasi penelitian terjadi penambahan genangan seluas 29,62 Ha.
2. Air yang menggenang di permukiman dapat merusak rumah dan infrastruktur permukiman. Infrastruktur berupa jalan dengan lapis perkerasan aspal yang mengalami rusak parah sebesar 37,10%, rusak 47,70% dan sedikit rusak sebesar 15,20%, untuk jalan *paving block* dan beton, kondisinya lebih baik, karena lebih tahan terhadap air. Sebagian saluran drainase tidak berfungsi maksimal karena topografinya datar, saluran berbelok-belok, bibir saluran banyak yang rusak dan saluran penuh sedimen. Saluran yang rusak parah sebesar 23,8%, rusak sebesar 41,7% dan 34,5% kondisi agak rusak. Secara keseluruhan genangan berpengaruh sebesar 20% terhadap kerusakan rumah dan infrastruktur permukiman, sisanya dari unsur lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsini, 2002, *Prosedur Penelitian : Suatu Pendekatan Praktek, Edisi Revisi* PT. Rinea Cipta, 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.
- Burrough, P. (1986) Principles of GIS. M.N. Demers, Fundamentals of GIS, Eddy Prahasta. "Sistem Informasi Geografis, P.A. Longley Geographical Information Systems, volume 1&2.
- Carbognin, L., 2003, *Overview of The Activity of The UNESCO-IHP Working Group IV Project M-3.5(C) on Land Subsidence, International Hydrological Programme Division of Water Sciences*, Paris Cedex 15, France. www.unesco.org/water/ihp/land_subsidence.pdf, 20 Mei, Jam 14.30 WIB.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, *Revisi Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6753-2002, Cara Uji Ketahanan Campuran Beraspal Terhadap Kerusakan Akibat Rendaman*, LitBang Dinas Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Donnelly, *The Monitoring and Prediction of Mining Subsidence in The Amaga, Angelopolis, Venencia and Bolanbo Regions*, Antioquia, Colombia. www.elsevier/locate/enggeo, 4 Agustus, jam 15.00 WIB.
- Dowson, A.J., 2006, *The Influence and effect of water in laying course material in concert block paving construction, Proceeding of the 5 th international confrence of concrete block pavement (CBP)*, Tokyo
- Emery, J.A., Member ASCE, 1993, Stabilization of jointing sand engineering, vol. 119 No. 01, ASCE, ISSN 0733-947X/93/001-0142.
- Fulthon, A., 1997, *Land Subsidence: What Is It and Why Is It an Important Aspect of Groundwater Management?*, in Cooperation with the California Department of Resources. USA, <http://www.glenncountywater.org/documents/LandSubsidence.pdf>, 4 Agustus, Jam 15.20 WIB.
- Gamma Design Software, 2005, *Interpolation in GS+*, <http://www.geostatistics.com/OverviewInterpolation.html>, 20 Agustus 2010, Jam 15.30 WIB.
- Johnson, A.I., 1991, *Prosesing of The Fourth International Symposium on Land Subsidence*, Texas, 12-17 Mei 1991 http://iahs.info/redbooks/a200/iahs_200_0000.pdf, 20 Agustus 2010, Jam 9.20 WIB.
- Kecamatan Semarang Utara, 2007, *Data Monografi Kelurahan Tanjung Mas 2007*, Kecamatan Semarang Utara
- Kecamatan Semarang Utara, 2008, *Nomografi Kelurahan Tanjung Mas, Bandarharjo, Kuningan dan Dadapsari*, Kel Semarang Utara, Semarang.
- Marfai, M. A., dan King, L. 2007, Monitoring Land Subsidence In Semarang, Indonesia. *Environmental Geology*, 53 : 651-659. Doi: 10.1007/s00254-007-0680-3.
- Prabowo, A.H., 2003, Pengaruh rendaman air laut pasang (Rob) terhadap kinerja lataan (HRS-WC) berdasarkan uji Marshal dan uji durabilitas modifikasi, *Pilar* volume 12, nomor 2.
- Poland J.F dan Davis, G. H., 1969, *Land Subsidence due to with drawal of fluids*, A.R. Eng.Geol, USGS, Sacra and Wash, DC Vol 2, P 187-269.
- Soedarsono, 1997, Pengaruh Banjir Genangan Akibat Pasang Air Laut Terhadap Permukiman Di Muara Kali Semarang, *Tesis Program Pasca Sarjana*, UGM, Yogyakarta.
- Soedarsono, 2011. Pengaruh Amblesan Tanah (*land subsidence*) Terhadap Lingkungan Permukiman Di Dataran Aluvial Sebagian Kota Semarang, Disertasi, UGM, Yogyakarta.
- Tobing, T., MHL, Panggabean dan Murdohardono, D., 2001, *Evaluasi Geologi Teknik Penurunan Muka Tanah (land subsidence) Daerah Semarang dan Sekitarnya Propinsi Jawa Tengah*, DGTL, Bandung.
- Whittaker and Reddish, 1989, *Faktor-Faktor Penyebab Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence)*, www.landsubsidence.com May 6, 2009...2:36 am.