

# KORELASI PENURUNAN MUKA TANAH DENGAN PENURUNAN MUKA AIR TANAH DI KOTA SEMARANG

Bambang Darmo Yuwono \*)

## Abstract

The characteristics of the pattern of land subsidence need to be mapped for the purposes of planning and structuring the city as well as taking appropriate actions in anticipating and mitigating the impact. These characteristics can be determined by combining the land subsidence measurements done with various methods such as levelling, GPS, direct measurement and InSAR.

Land subsidence that occurred in Semarang had a rate that varied between 0 - 13 cm / year with an increasing trend towards the north east (northeast) of Semarang. The areas which had a high rate of land subsidence between 9 -13 cm / year included PRPP, Tanjungmas, Terboyo and Kaligawe.

In this paper will show spatial distribution of landsubsidence which have identical pattern with the change of ground water level .Observations GPS method has a high correlation with changes in ground water level reaches 0.956 compared with InSAR observations, GPS, direct observation

Key words :, landsubsidence, ground water level, InSAR

## Pendahuluan

Penurunan muka tanah merupakan permasalahan yang umum terjadi di kota - kota besar. Penurunan tanah merupakan hal yang serius terutama apabila penur-unan tanah terjadi di daerah pesisir pantai. Kondisi tersebut karena daerah pesisir sangat rentan terhadap tekanan lingkungan, baik yang berasal dari daratan maupun dari lautan.

Kota Semarang sebagai Ibukota Provinsi Jawa Tengah memiliki karakteristik geografis yang unik dimana wilayah Semarang terbagi menjadi dua yaitu dataran rendah di bagian utara dan dataran tinggi di bagian selatan. Wilayah Semarang bagian utara merupakan dataran rendah yang berada di pesisir pantai utara Pulau Jawa. Kegiatan Industri dan fasilitas umum perkotaan seperti perkantoran, perdagangan, jasa, pendidikan, kesehatan serta sarana transportasi (Bandara Ahmad Yani, stasiun kereta api, pelabuhan dan terminal) berada di wilayah tersebut. Sedangkan wilayah Semarang bagian selatan merupakan daerah perbukitan, yang dimanfaatkan sebagai lahan konser-vasi, area pemukiman dan pendidikan.

Besar penurunan tanah dapat diketahui melalui pengamatan penurunan tanah. Pengamatan penurunan tanah antara lain dapat dilakukan dengan metode hidrogeologis melalui pengamatan level muka air tanah serta pengamatan dengan ekstensometer dan piezometer yang diinversikan kedalam besaran penur-unan muka tanah (Fahrudin dkk., 2009), metode geoteknik (Tobing dkk., 2000), maupun metode - metode geodetik seperti survei sipat datar (leveling), survei gaya berat mikro (Sarkowi, 2007), survei GPS (Global Positioning System) dan InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) (Sidiq, 2010)

\*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi  
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

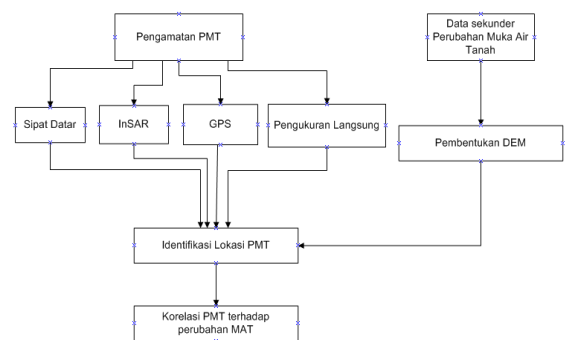
Tujuan penelitian adalah :

Melakukan analisa terhadap korelasi karakteristik penurunan muka tanah dari pengamatan sipat datar, GPS, InSAR dan pengukuran langsung dengan perubahan muka air tanah di Kota Semarang.

## Bahan dan Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Melakukan pengumpulan data primer dan data sekunder.
2. Pengambilan data primer.
3. Pengolahan data



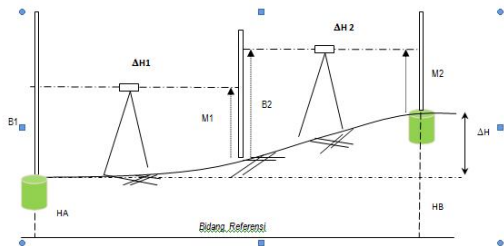
4. Hasil dan Analisa .
5. Kesimpulan

Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar diagram alir penelitian disajikan dalam gambar 1. Angka penurunan muka tanah (PMT) diperoleh dari data sekunder pengamatan penurunan tanah maupun dari pengukuran langsung dilapangan.

## Metode Pengamatan Penurunan Muka Tanah Metode Sipat Datar

Metode sipat datar adalah metode penentuan beda tinggi antara 2 objek menggunakan pengukuran terestris. Pengukuran ini dilakukan menggunakan sipat datar dan rambu ukur. Pada prinsipnya pengamatan beda tinggi menggunakan metode sipat datar diinterpretasikan sebagai jarak antar dua bidang nivo yang melalui dua titik tersebut tersaji pada gambar 2



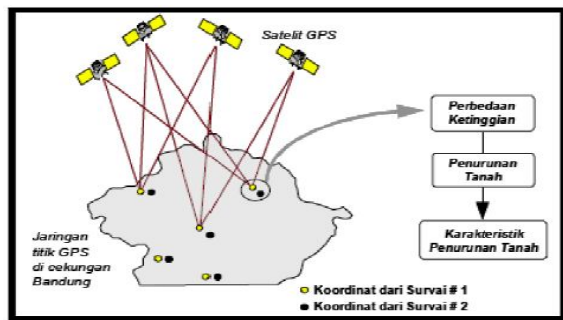
Gambar 2 Pengukuran beda tinggi menggunakan metode sipat datar

$$HB = HA + \Delta H_{BA} \quad (II.1)$$

$$\Delta H_{BA} = (B_1 - M_1) + (B_2 - M_2)$$

### Global Positioning System (GPS)

GPS merupakan sistem navigasi radio untuk penentuan posisi yang teliti. Metode yang digunakan adalah pengamatan statis untuk monitoring penurunan tanah dilakukan dengan metode baseline per baseline selama kurun waktu tertentu dalam jaringan dari titik - titik yang diketahui posisinya. Prinsip pengamatn GPS dapat dilihat pada gambar 3



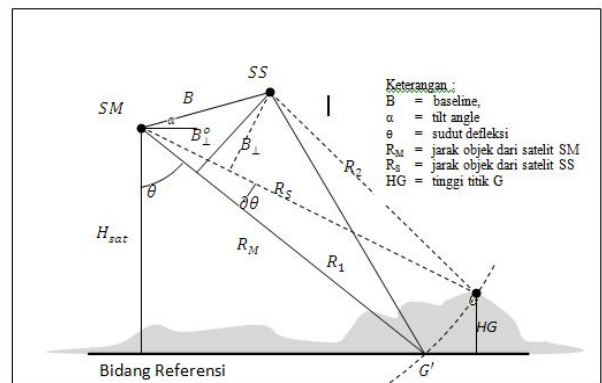
Gambar 3 Prinsip pengukuran penurunan muka tanah dengan metode GPS (Abidin, 2007)

### Metode InSAR

Pengamatan InSAR untuk deformasi pada dasarnya adalah menggunakan perbedaan dua citra radar atau dikenal dengan nama interferogram. Perbedaan ini diakibatkan beberapa faktor yaitu :

1. Perbedaan relatif posisi satelit pada saat pengambilan kedua citra.
2. Paralaks yang diakibatkan oleh pengambilan citra oleh satelit yang berbeda.
3. Perbedaan troposfer dan kondisi tanah.
4. Perubahan posisi permukaan tanah (deformasi) antara dua satelit saat pengambilan citra.

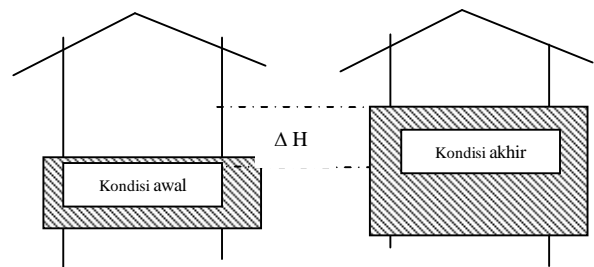
Prinsip Pengamatan InSAR dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Geometri *Interferometry Synthetic perture Radar (InSAR)* (Patel, 1998 dalam Sidiq, 2010)

### Metode Pengukuran Langsung

Pengukuran langsung dilakukan dengan menghitung tingginya timbunan ataupun penurunan tanah yang terjadi dengan menggunakan alat ukur/meteran. Ilustrasi pengukuran gambar 5



Gambar 5. Sketsa pengukuran langsung

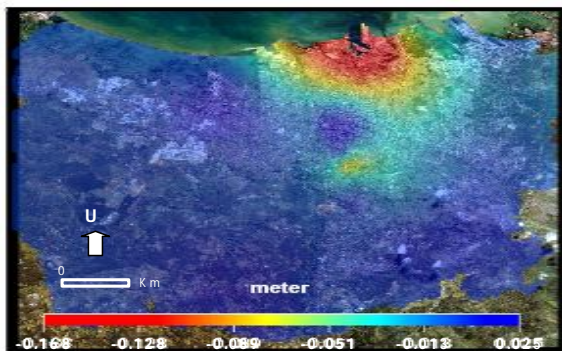
Kelebihan pengukuran penurunan muka tanah dengan metode pengukuran langsung adalah sebagai berikut :

1. Area yang mengalami penurunan muka tanah dapat teridentifikasi secara langsung dan sekaligus dapat digunakan sebagai validasi.
2. Mengetahui kondisi eksisting yang terjadi dilapangan.
3. Dapat menjangkau area yang secara teknis sulit dilakukan.
4. Waktu dalam pengamatan dan pengolahan dapat dilakukan secara singkat.

### Pengamatan Penurunan Tanah di Kota Semarang Sipat Datar

Pengamatan penurunan tanah dari Tim Undip thn 2007 – 2009 (Dalinta 2010). Wilayah yang memiliki laju penurunan muka tanah tinggi berada di daerah Tanjung Mas, daerah kompleks pelabuhan dan sebagian wilayah di Kecamatan Semarang Utara. Laju penurunan muka tanah tertinggi sebesar 8,25 cm / tahun terletak di BM7 TPKS yang berlokasi di pelabuhan. Penurunan muka tanah

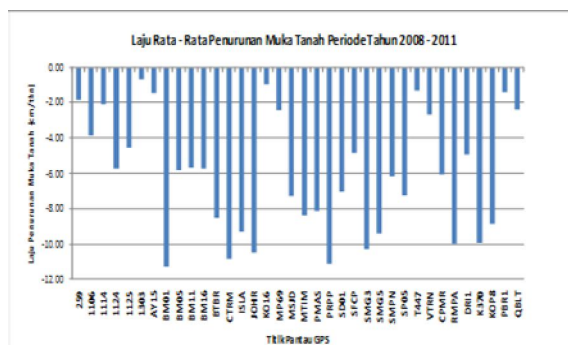
memiliki pola kecenderungan meningkat ke arah utara, dapat dilihat pada gambar 6



Gambar 6. Laju PMT dari Pengamatan sifat datar di Kota Semarang tahun 2007 - 2009 (Dalinta, 2010)

### Global Positioning System (GPS)

Survei GPS untuk pemantauan penurunan muka tanah telah dilakukan oleh KK Geodesi ITB di Semarang dengan menempatkan titik - titik pengamatan di lokasi yang rentan terhadap penurunan muka tanah yang tersebar di dataran aluvial Semarang selama periode tahun 2008 hingga tahun 2011. Pemantauan dilakukan terhadap 45 titik yang tersebar di wilayah Semarang dengan titik tetap yang digunakan berada di SMG1 (Gumilar, 2011). Untuk titik pantau stasiun GPS dengan laju penurunan muka tanah rata - rata lebih dari 8 cm/tahun dijumpai pada BM01, BTBR, CTRM, ISLA, JOHR, MSJD, MTIM, PMAS, PRPP, SMG, SMG5, RMPA, K370 dan KOP8. Sedangkan laju penurunan muka tanah tertinggi terdapat di lokasi BM01 yang terletak di pertigaan Jalan Kaligawe, Jalan Raden Patah dan Jalan Pengapon dengan laju sebesar 11,2 cm/tahun seperti terlihat pada gambar 7



Gambar 7. Grafik rata-rata laju PMT Periode 2008 2011

Lokasi Sebaran dan peta laju PMT dari GPS dari tahun 2008 sampai dengan 2011 disajikan pada gambar 8

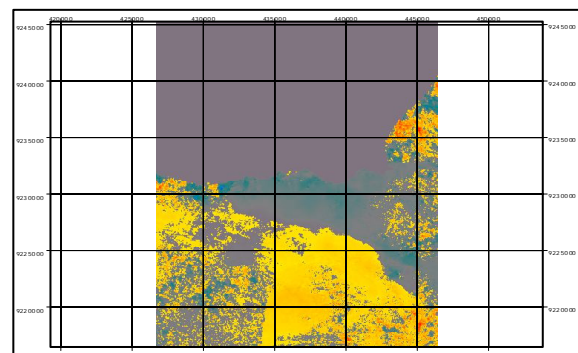


Gambar 8 Peta laju penurunan muka tanah dari survei GPS di Kota Semarang tahun 2008 - 2011 (Gumilar, 2011 dengan modifikasi)

Daerah pesisir pantai Kota Semarang memiliki laju penurunan muka tanah yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan daerah atas/perbukitan) Terlihat adanya kecenderungan bahwa laju penurunan muka tanah meningkat ke arah timur Kota Semarang Lokasi yang memiliki laju penurunan muka tanah tinggi meliputi wilayah Kecamatan Semarang Barat, Kecamatan Semarang Utara (Kelurahan Tanjung Mas, Kelurahan Bandarharjo, Kelurahan Rejomulyo), Kecamatan Semarang Timur (Kelurahan Kemijen), Kecamatan Genuk (Kelurahan Trimulyo, Kelurahan Terboyo Wetan, Kelurahan Terboyo Kulon).

### InSAR

Penurunan muka tanah terjadi di wilayah utara Kota Semarang berkisar 1 cm sampai dengan puluhan cm. Penurunan muka tanah yang terjadi berkaitan dengan kondisi geologinya, dimana wilayah utara Kota Semarang memiliki struktur tanah aluvial

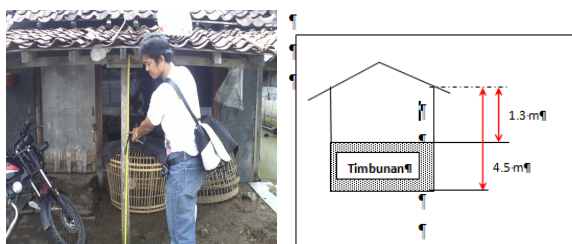


hidromorfologi (Sidiq, 2010) dapat dilihat pada gambar 9.

Gambar 9. Citra deformasi Kota Semarang (Sidiq,2010)

### Pengukuran Langsung

Survey pengukuran langsung untuk pengamatan PMT dilakukan di beberapa tempat antara lain di kecamatan Semarang Utara, Semarang Timur, Genuk Semarang Barat, Semarang Tengah seperti ditunjukkan gambar 10. Pengamatan penurunan tanah Kelurahan Tanjungmas Kecamatan Semarang Utara. Pada tahun 1986 ketinggian awal gording terhadap muka tanah/jalan adalah 4,5 m, hasil pengukuran langsung pada tahun 2012 ketinggiannya menjadi 1,3 m sehingga tinggi timbunan diperkirakan mencapai 3,2 m. Laju penurunan muka tanah dalam kurun waktu 26 tahun sebesar 0,126 m/tahun.



Gambar 10 Penurunan muka tanah dari pengukuran langsung di Kecamatan Semarang Timur tahun 2012

Di Kecamatan Semarang Utara antara lain di Kelurahan Bandarharjo, Kelurahan Kuningan, Kelurahan Dadapsari, Kelurahan Panggung Kidul, Kelurahan Panggung Lor, Kelurahan Purwosari, Kelurahan Bulu Lor dan Kelurahan Tanjungmas didapatkan bahwa laju penurunan terendah pada wilayah tersebut berada di Kelurahan Bulu Lor sebesar 1,2 cm/tahun, sedangkan untuk laju tertinggi mencapai 12,6 cm / tahun berada di Kelurahan Tanjungmas

Secara garis besar hasil pengukuran penurunan muka tanah dengan pengukuran langsung menunjukkan kecenderungan semakin ke utara laju penurunan muka tanah semakin tinggi. Laju penurunan muka tanah tertinggi berada di wilayah Kecamatan Semarang Utara tersaji pada gambar 11.

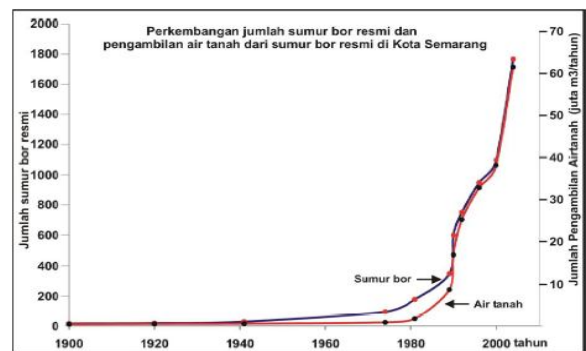


Gambar 11. Peta laju penurunan muka tanah dari pengukuran langsung di Kota Semarang tahun 2012

### Hasil dan Analisa

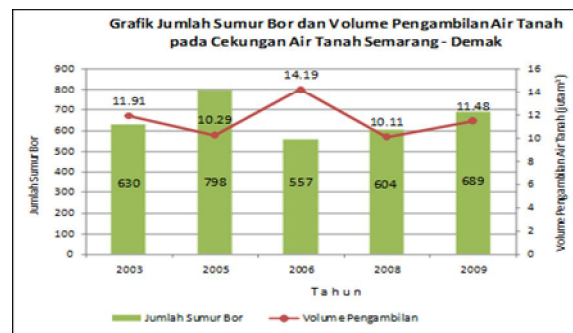
Karakteristik dari laju penurunan muka tanah yang terjadi di Semarang memiliki variasi temporal maupun spasial yang berbeda - beda. Kondisi tersebut terkait dengan faktor - faktor penyebab yang mempengaruhi angka penurunan muka tanah tersebut. Faktor - faktor tersebut antara lain pengambilan air tanah, konsolidasi alamiah, pembebanan dan aktivitas tektonik

Penurunan muka tanah terkait dengan defisit air tanah, berupa pemompaan air tanah yang melebihi kemampuan pengisian kembali (*recharge*) sebagai akibat peningkatan pengambilan air tanah di area perkotaan. Grafik perkembangan jumlah sumur bor resmi dan pengambilan air tanah dari sumur bor di Kota Semarang dapat dilihat pada gambar 12



Gambar 12 Jumlah sumur bor resmi dan pengambilan air tanah (Sihwanto dan Nana, 2000 dalam Dalinta, 2010)

Perkembangan jumlah Sumur Bor dan Volume Pengambilan Air Tanah pada Cekungan Air Tanah Semarang Demak tersaji pada gambar 13



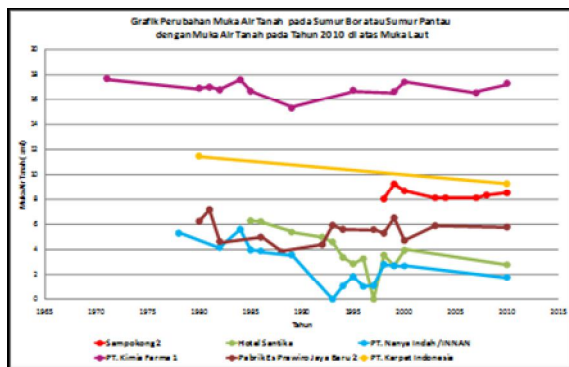
Gambar 13 Grafik Jumlah Sumur Bor dan Volume Pengambilan Air Tanah pada Cekungan Air Tanah Semarang – Demak (Taufiq 2009, dalam Yuwono, 2013)

Lokasi sebaran sumur pantau atau sumur bor sampai dengan tahun 2010 dapat dilihat pada gambar 14



Gambar 14 Lokasi sumur pantau atau sumur bor di Kota Semarang ( Taufiq, 2010)

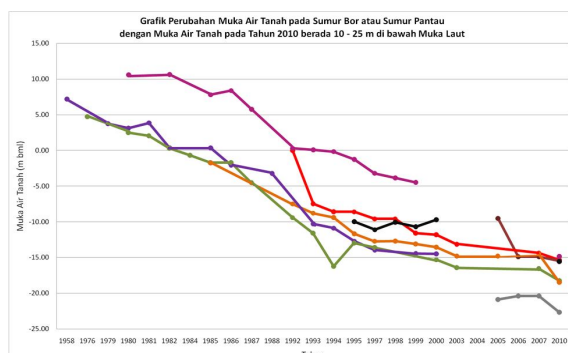
Laju penurunan muka air tanah yang relatif kecil berkisar antara 0,04 - 0,12 m/tahun terjadi pada beberapa sumur pantau yaitu di PT. Nanya Indah (Krapyak), PT. Kimia Farma 1 (Simongan), Sampokong 2 (Simongan), Hotel Santika (Wonodri), Pabrik Es Prawiro Jaya Baru 2 (Purwoyoso) dan PT. Karpet Indonesia (Karanganyar). Pada sumur pantau ter-sebut muka air tanah pada tahun 2010 berada di atas muka laut seperti terlihat pada gambar 15



Gambar 15 Grafik perubahan muka air tanah pada sumur bor atau sumur pantau dengan muka air tanah pada tahun 2010 di atas muka laut (Taufiq, 2010) dalam ( Yuwono, 2013)

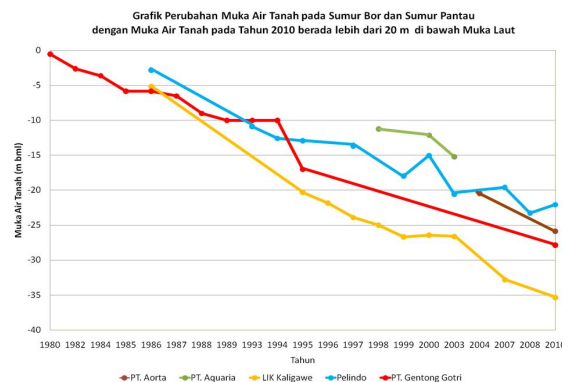
Sumur pantau yang memiliki laju penurunan muka tanah cukup tinggi berkisar 0,3 - 0,8 m/tahun antara adalah Kampung Peres (Panggung Kidul), SMKN 10 (Panggung Kidul), PRPP (Tawang Sari), Madukoro 2 (Tawangmas), Citarum 2 (Bulu Lor), Wot Gandul (Gabahan), Transmigrasi (Gemah) dan PT. Indo Perkasa Utama (Tawang Sari).

Ketinggian muka air tanah sumur pantau tersebut pada tahun 2010 berada 10 - 20 m di bawah muka laut seperti terlihat pada gambar 16



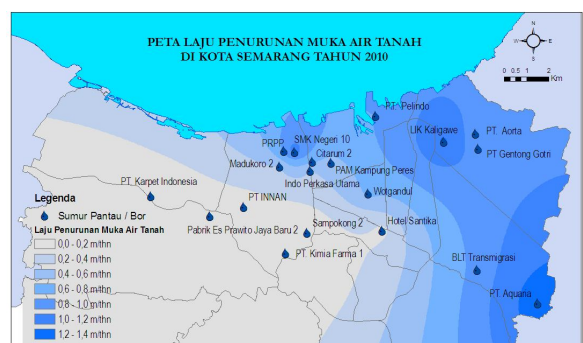
Gambar 16 Grafik perubahan muka air tanah pada sumur bor atau sumur pantau dengan muka air tanah pada tahun 2010 berada 10 - 25 m di bawah muka laut (Taufiq, 2010 dalam Yuwono, 2013)

Beberapa sumur pantau seperti terlihat pada gambar 17 menunjukkan laju penurunan muka air tanah yang tinggi berkisar antara 0,8 - 1,3 m/tahun sehingga pada tahun 2010 muka air tanahnya berada lebih dari 20 m di bawah muka laut yaitu PT. Pelindo (Tanjungmas), PT. Aorta (Terboyo Wetan), LIK Kaligawe (Muk-tiharjo Lor), PT. Aquaria (Plamongansari) dan PT. Gentong Gotri (Gebangsari) Sumur-sumur pantau tersebut terletak di bagian utara timur Kota Semarang.



Gambar 17 Grafik perubahan muka air tanah pada sumur bor atau sumur pantau dengan muka air tanah pada tahun 2010 berada lebih dari 20 m di bawah muka laut (Taufiq, 2010) dalam Yuwono, 2013)

Hasil *plotting* sebarang titik pantau sumur bor dan sumur pantau menunjukkan bahwa laju penurunan muka air tanah meningkat dibagian utara timur Kota Semarang. Laju penurunan muka air tanah yang tinggi antara 1 - 1,2 m/tahun di sekitar sumur pantau LIK gambar 18



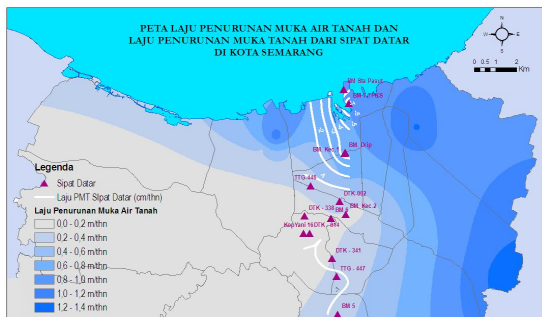
Gambar 18 Peta laju penurunan muka air tanah di Kota Semarang tahun 2010

Korelasi penurunan muka air tanah dengan penurunan muka tanah ( PMT ) dari beberapa metode pengam-aan penurunan tanah adalah sebagai berikut:

1. Korelasi Laju Penurunan Muka Air Tanah terhadap Laju Penurunan Muka Tanah dari Sipat Datar

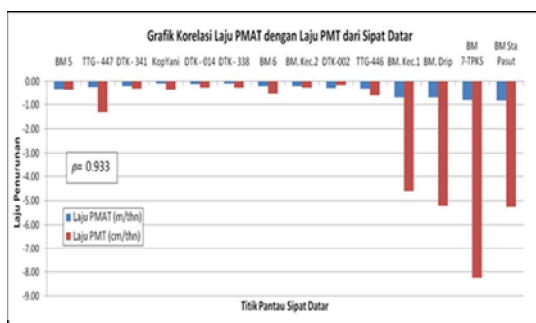
Analisa korelasi antara laju penurunan muka air tanah dengan laju penurunan muka tanah dari sipat datar, menggunakan data pengamatan penurunan

muka tanah yang dilakukan oleh tim Undip pada Februari 2007 - Agustus 2009. Pemantauan dimu-lai dari BM5 Gombel kemudian mengarah ke utara dan berakhir pada BM Pasut di Pelabuhan meliputi BM5, TTG 447, DTK341, Kop Yani 16, DTK 014, BM 6, DTK 338, BM Kec 2, DTK 002, TTG 446, BM Kec 1, BM Drip, BM 7 TPKS dan BM STA Pasut, tersaji pada gambar 19.



Gambar 19 Peta laju penurunan muka air tanah dan laju penurunan muka tanah dari sipat datar di Kota Semarang

Korelasi antara laju penurunan muka air tanah dengan laju penurunan muka tanah dari metode sipat datar dapat dilihat pada gambar 20.



Gambar 20 Korelasi laju penurunan muka air tanah dengan laju penurunan muka tanah dari metode sipat datar

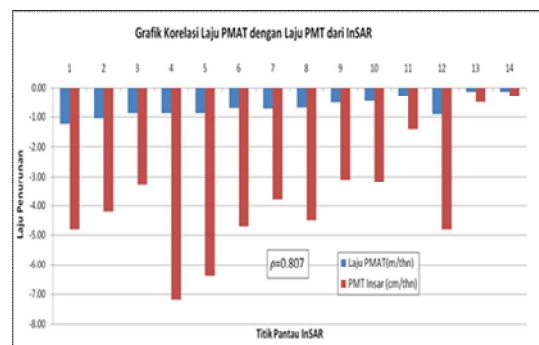
2. Korelasi Laju Penurun Muka Air Tanah terhadap Laju Penurunan Muka Tanah dari InSAR

Untuk mendapatkan nilai korelasi antara laju penurunan muka air tanah dengan laju penurunan muka tanah dari InSAR maka dilakukan ekstrasi nilai penurunan muka tanah dari data hasil kajian InSAR yang dilakukan oleh Teguh pada Oktober 2007 - Desember 2008 pada beberapa lokasi. Penentuan lokasi tersebut didasarkan pada perbe-daan laju penurunan muka air tanah, dimana setiap wilayah yang memiliki nilai laju penurunan muka air tanah yang sama diambil 2 titik ditunjukkan pada gambar 21



Gambar 21 Peta laju penurunan muka air tanah dan laju penurunan muka tanah dari InSAR di Kota Semarang

Korelasi antara laju penurunan muka air tanah dengan laju penurunan muka tanah dapat dilihat pada gambar 22



Gambar 22 Korelasi laju penurunan muka air tanah dengan laju penurunan muka tanah dari metode InSAR

3. Korelasi Laju Penurunan Muka Air Tanah Terhadap Laju Penurunan Muka Tanah dari GPS

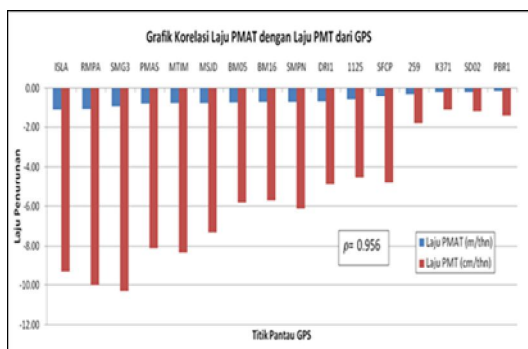
Analisa korelasi antar laju penurunan muka air tanah dan laju penurunan muka tanah dari GPS

menggunakan data pengamatan yang dilakukan oleh KK Geodesi ITB selama tahun 2008 - 2011 pada titik sta GPS yang rentan terhadap penurunan tanah meliputi ISLA, RMPA, SMG3, PMAS, MTIM, MSJD, BM05, BM16, SMPN, DRI1, 1125, SFCP, 259, K371, SD02 dan PBR1, tersaji pada gambar 23



Gambar 23 Peta laju penurunan muka air tanah dan laju penurunan muka tanah dari GPS di Kota Semarang

Dapat dilihat bahwa lokasi yang memiliki penurunan muka tanah yang tinggi berada pada lokasi yang memiliki penurunan muka air tanah tinggi seperti pada SMG3, RMPA dan ISLA. SMG3 berada di Kelurahan Tawangmas, penurunan muka tanah di SMG3 sebesar 10,30 cm/tahun. SMG3 berada di daerah yang memiliki nilai penurunan muka air tanah tinggi yaitu sebesar 0,95 m/tahun. RMPA berada di Kelurahan Kaligawe, penurunan muka tanah di RMPA sebesar 10 cm/tahun berada di lokasi yang memiliki laju penurunan muka air tanah tinggi yaitu sebesar 1,09 m/tahun. ISLA berada di Kelurahan Terboyo Kulon, penurunan muka tanah di ISLA sebesar 9,3 cm/tahun berada di lokasi yang memiliki laju penurunan muka air tanah tinggi yaitu sebesar 1,1 m/tahun



Gambar 24 Grafik Korelasi Laju PMAT dengan Laju PMT dari GPS

Nilai korelasi antara laju penurunan muka air tanah dengan laju penurunan muka tanah dari GPS sebesar 0,956., disajikan pada gambar 24

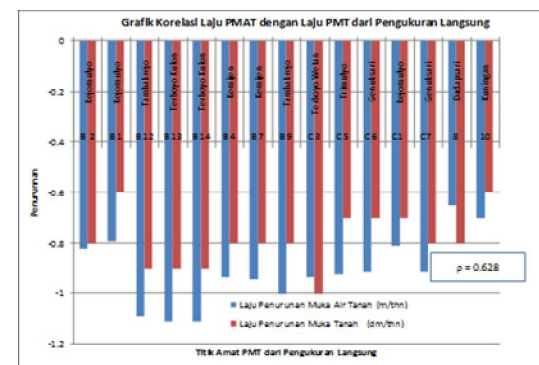
#### 4. Korelasi Laju Penurunan Muka Air Tanah Terhadap Laju Penurunan Muka Tanah dari Pengukuran langsung

Data penurunan muka air tanah pada titik pengukuran langsung di hitung menggunakan inter-polasi dari data yang tersedia. Nilai laju penurunan muka air tanah dan laju penurunan muka tanah dari pengukuran langsung disajikan pada gambar 25. Dari penurunan muka tanah yang terjadi diambil sample dari beberapa lokasi untuk diketahui korelasi terhadap perubahan muka air tanahnya menunjukkan bahwa kecenderungan penurunan yang cukup tinggi berada di bagian utara Semarang.



Gambar 25 Peta laju penurunan muka air tanah dan laju penurunan muka tanah dari pengukuran langsung di Kota Semarang

Sedangkan korelasi antara laju penurunan muka air tanah dengan laju penurunan muka tanah dari pengukuran langsung sebesar 0.628 Grafik korelasinya dapat dilihat pada gambar 26



Gambar 26 Pengamatan penurunan muka tanah dari pengukuran langsung tahun 2012

#### Kesimpulan

1. Karakteristik Penurunan muka tanah ( PMT ) identik terhadap pola penurunan muka air tanah.
2. Pengamatan PMT metode GPS memiliki korelasi yang tinggi terhadap perubahan muka air tanah mencapai 0.956 jika dibandingkan dengan metode pengamatan PMT dengan sipat datar, InSAR dan pengukuran langsung.

10. Taufiq A. Nz., (2010) : *Penyelidikan Konservasi Air Tanah Cekungan Air Tanah Semarang – Demak Provinsi Jawa Tengah*, 145/LAP-BGE. P2K/2010. Kementrian ESDM, Badan Geologi, Pusat Lingkungan Geologi
11. **Yuwono B.D.**, 2013, *Analisa Geospasial Penyebab dan Dampak Penurunan Muka Tanah di Kota Semarang*, Tesis, Magister Geodesi Geomatika Institute Teknologi Bandung

#### Daftar Pustaka

1. Abidin, H.Z. (2007) : *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya. P.T. Pradnya Paramita*, Jakarta. Second edition. ISBN 979-408-377-1. 268 pp.
2. Abidin, H. Z., D. Muhardono, H. Andreas, I. Gumilar, M. Gamal, Sidiq, T.P, Supriyadi, Fukuda (2010) : *Studying Landsubside in Semarang (Indonesia) using Geodetic Methods*. Bandung
3. Dalinta, A. (2010) : *Studi Penurunan Tanah Wilayah Semarang Periode Tahun 2008 – 2009*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Geodesi Geomatika, ITB
4. Fahrudin, Najid (2011) : *Study Of The Piezometric Surface And Hydrocompaction At Confined Aquifer Caused The Land Subsidence In Semarang*, TEKNIK – Vol. 32 No. 1 Tahun 2011, ISSN 0852-1697
5. Gumilar, I., Abidin, H. Z., Andreas, H, L.M. Sabri, Gamal, (2011) : *Status Terkini Penurunan Muka Tanah Di Wilayah Semarang*, FIT Ikatan Surveyor Indonesia dan Seminar Nasional. Semarang, 24 November 2011, ISBN : 978 – 602 – 96012 -1 -3
6. Hadi S., Harnandi D., Susana M (2008) : *Penelitian Hidrogeologi Daerah Imbuhan Air Tanah Dengan Metode Isotop Dan Hidrokimia Di Cekungan Air Tanah Semarang-Demak Provinsi Jawa Tengah*. No. 66 /LAP-BGE.P2K/2008
7. Sarkowi M, Santoso D., dan Kadir W.G.A , 2006. *Determination of Negative Groundwater Withdrawal in Semarang City Area Using Time Lapse Microgravity Analysis*, Proceeding of the 8th SEGJ International Symposium, Sendai Jepang 24-26 November 2006.
8. Sidiq T.P. (2010) : *Pemanfaatan Metode Insar Untuk Pemantauan Deformasi Gunung Api Dan Penurunan Tanah*. Tesis Program Studi Geodesi Geomatika ITB
9. Taufiq A. Nz., (2009) : *Penelitian Hidrogeologi Daerah Imbuhan Air Tanah dengan Metode Isotop dan Hidrokimia di Cekungan Air Tanah Semarang – Demak Provinsi Jawa Tengah*, No. 96/LAP-BGE.P2K/2009, Kementrian ESDM, Badan Geologi, Pusat Lingkungan Geologi