

## ANALISA GEOSPASIAL PENYEBAB PENURUNAN MUKA TANAH DI KOTA SEMARANG

**Bambang Darmo Yuwono<sup>1</sup>, Hasanuddin Z.Abidin<sup>2</sup>, Muhammad Hilmi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof H.Sudarto, SH, Kampus Undip Tembalang.

<sup>2</sup>Program Studi Geodesi Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknik Kebumihan  
Jl. Ganesha No.10, Bandung 4013.

<sup>3</sup>Program Oceanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Jl. Prof Dr Sudarto, SH, Kampus Undip Tembalang.

Email: <sup>1</sup>bbgdy@yahoo.com, <sup>2</sup>hzabidin@itb.ac.id, <sup>3</sup>hilmi@waindo.com

### Abstrak

*Penurunan muka tanah merupakan permasalahan yang umum terjadi di kota - kota besar termasuk di Kota Semarang. Kondisi geologi serta aktifitas manusia ditengarai menjadi faktor penyebab penurunan muka tanah. Penurunan muka tanah memiliki karakteristik yang bervariasi secara spasial maupun temporal diakibatkan oleh faktor penyebab yang berbeda. Karakteristik dari penurunan tanah perlu diketahui untuk keperluan perencanaan dan penataan kota maupun tindakan dalam melakukan antisipasi dan mitigasi terhadap dampak yang ditimbulkan. Untuk mendapatkan karakteristik penurunan muka tanah dilakukan penggabungan hasil pengukuran penurunan muka tanah dari berbagai metoda yaitu sipat datar, GPS, pengukuran langsung dan InSAR. Analisa geospasial didasarkan pada hubungan spasial antara karakteristik penurunan muka tanah terhadap faktor - faktor penyebab penurunan muka tanah maupun terhadap kondisi tutupan lahannya. Penurunan muka tanah yang terjadi di Kota Semarang memiliki laju yang bervariasi antara 0 - 13 cm/tahun dengan kecenderungan meningkat ke arah utara timur (timur laut) Kota Semarang. Daerah yang memiliki laju penurunan muka tanah tinggi antara 9 - 13 cm/tahun antara lain adalah PRPP (Pekan Raya Promosi dan Pembangunan), Tanjungmas, Terboyo dan Kaligawe. Penelitian ini mengkaji tentang faktor yang berpengaruh terhadap penurunan muka tanah menggunakan analisis geospasial terkait dengan faktor - faktor antara lain perubahan muka air tanah, pembebanan dan konsolidasi. Hasil penelitian menunjukkan di lokasi Semarang bagian Utara memiliki perubahan muka air tanah yang cukup tinggi antara 1.2 – 1.4 m per tahun, dengan nilai indeks kompresibilitas berkisar antara 0.6 – 0.9 dimana skala pembebanan berkisar 3 – 4.*

**Kata kunci:** : GPS, InSAR, muka air tanah, skala pembebanan, indeks kompresibilitas,

## I. PENDAHULUAN

Penurunan muka tanah (PMT) merupakan permasalahan yang umum terjadi di kota - kota besar. Penurunan tanah merupakan hal yang serius terutama apabila penurunan 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 konservasi, 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 ke dalam besaran penurunan muka tanah (Fahrudin dkk., 2009), metode geoteknik (Tobing dkk.,

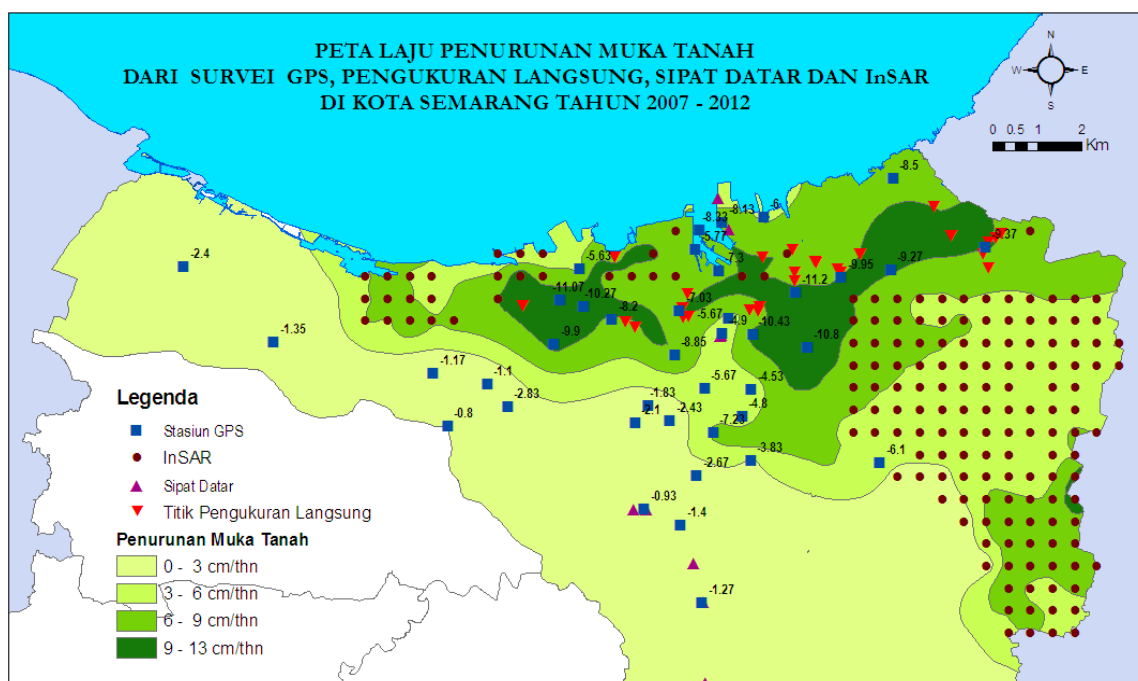
2000), maupun metode - metode geodetik seperti survei sipat datar (leveling), survei gaya berat mikro (Sarkowi, 2007), survei GPS (Global Positioning System) dan InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) (Abidin dkk., 2001, 2004, 2008)

Tujuan penelitian adalah :

1. Menganalisa karakteristik dari penurunan muka tanah di Semarang dari gabungan pengamatan sipat datar, GPS, InSAR dan pengukuran langsung .
2. Melakukan analisa terhadap faktor penyebab penurunan muka tanah tersebut ditinjau dari aspek geospasial.

### Pengamatan Penurunan Tanah

Identifikasi dari area penurunan muka tanah dapat diketahui dari nilai laju penurunan tanah yang terjadi di Kota Semarang. Nilai laju penurunan muka tanah tersebut diperoleh dari hasil penurunan muka tanah (PMT) yang merupakan hasil kombinasi dari pengolahan dari beberapa metode antara lain dari metode sipat datar periode 2007 sd 2009 ( Dalinta, 2010), Insar periode thn 2007 sd 2008 ( Sidiq, 2010), GPS periode thn 2008 sd 2011 ( Gumilar, 2011) dan Pengukuran langsung yang dilakukan pada tahun 2012. Peta laju penurunan muka tanah ( PMT) tersaji dalam Gambar 1.



Gambar 1. Pengamatan PMT dari Survey GPS dan Pengukuran Langsung

Dari peta laju penurunan muka tanah ( PMT ) menunjukkan bahwa laju penurunan muka tanah yang tinggi antara 9 - 13 cm/tahun berada di sebagian wilayah Kelurahan Tawang Sari dan Tawangmas (Kecamatan Semarang Tengah), Panggung Lor, Panggung Kidul, Plombokan, Purwosari, Kuningan, Bandarharjo dan Tanjungmas (Kecamatan Semarang Utara), Kemijen, Rejomulyo, Mlati Baru, Mlatiharjo, Bugangan, Purwodinatan dan Rejosari (Kecamatan Semarang Timur), Tambakrejo, Kaligawe, Sawah Besar dan Sambirejo (Kecamatan Gayamsari), Muktiharjo Lor, Terboyo Kulon, Terboyo Wetan dan Trimulyo (Kecamatan Genuk). Daerah yang memiliki laju penurunan muka tanah tinggi antara 9 - 13 cm/tahun sebagian besar berada di wilayah Semarang bagian utara.

## II. PENYEBAB PENURUNAN MUKA TANAH

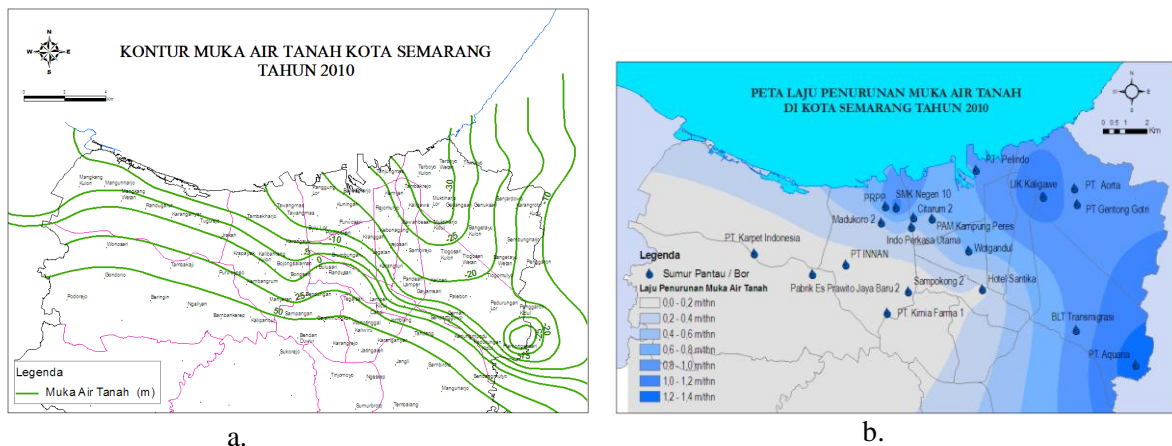
Penurunan tanah dapat terjadi baik secara lokal maupun regional. Kondisi tersebut dikarenakan oleh beberapa faktor penyebab, antara lain sebagai berikut (Whittaker and Reddish, 1989 ):

1. Penurunan muka tanah alami (natural subsidence) yang disebabkan oleh proses-proses geologi seperti aktifitas vulkanik dan tektonik, siklus geologi, adanya rongga di bawah permukaan tanah dan sebagainya.
2. Penurunan muka tanah yang disebabkan oleh pengambilan bahan cair dari dalam tanah seperti air tanah atau minyak bumi.
3. Penurunan muka tanah yang disebabkan oleh adanya beban-beban berat di atasnya seperti struktur bangunan sehingga lapisan-lapisan tanah dibawahnya mengalami kompaksi/konsolidasi. Penurunan muka tanah ini sering juga disebut dengan settlement.
4. Penurunan muka tanah akibat pengambilan bahan padat dari tanah (aktifitas penambangan).

Pada penelitian ini tinjauan terhadap faktor penyebab penurunan tanah dilakukan terhadap perubahan muka air tanah, kondisi tutupan lahan terkait dengan beban bangunan dan tingkat konsolidasi yang terjadi.

### II.1 Kondisi Muka Air Tanah

Kondisi muka air tanah Kota Semarang diperoleh dari peta kontur muka air tanah Kota Semarang. Kerucut penurunan muka air tanah mengarah ke timur berada di daerah Kaligawe dan Mukti Harjo tersaji pada Gambar 2a. Ditinjau dari perubahan muka air tanah pertanah Wilayah yang memiliki laju penurunan muka air tanah tinggi berkisar antara 1,2 - 1,4 m/tahun berada di sekitar sumur pantau Madukoro 2, LIK Kaligawe dan PT. Aquaria dimana tutupan lahan disekitar sumur pantau tersebut merupakan kawasan industri dapat dilihat pada Gambar 2b. Penggunaan air tanah pada kawasan industri relatif tinggi bila dibandingkan dengan kegiatan domestik atau pendidikan

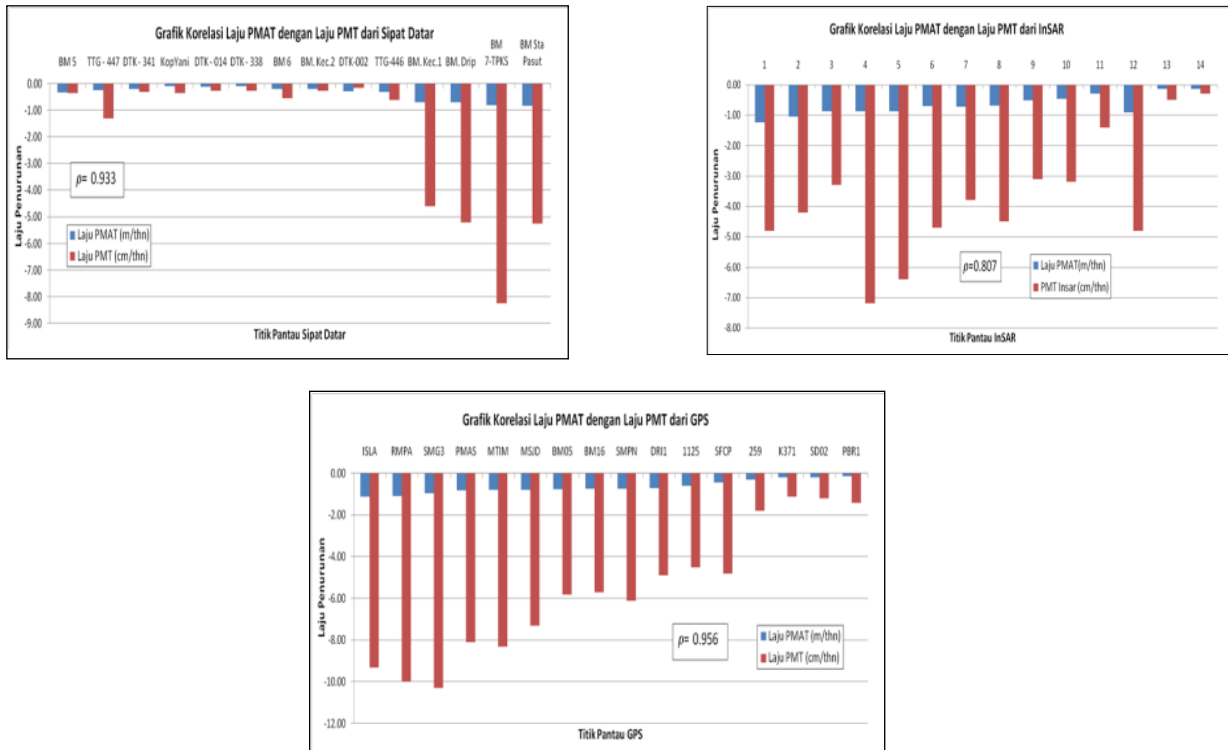


Gambar 2a. Kontur muka air tanah di Kota Semarang tahun 2010 (digambar ulang dari PLG Badan Geologi, 2010) 2b. Kontur laju penurunan muka air tanah di Kota Semarang Tahun 2010 (Sumber data: Taufiq, 2010)

#### II.1.1 Korelasi Laju Penurunan Muka Air Tanah dengan laju Penurunan Muka Tanah

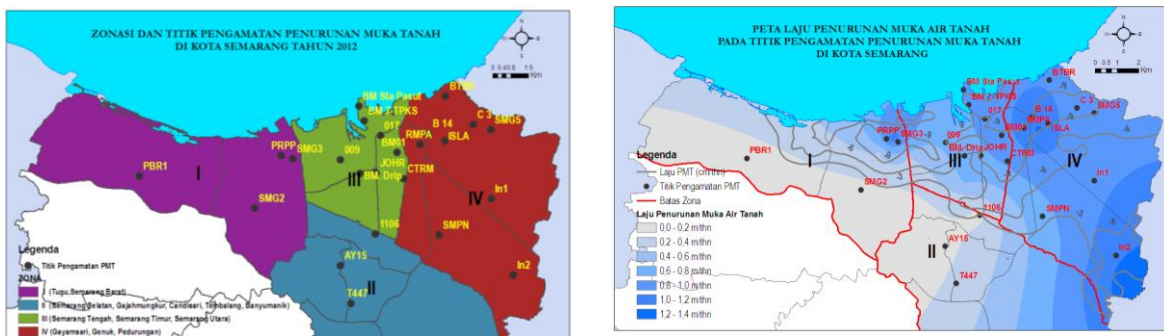
Analisa korelasi antara laju penurunan muka air tanah dengan laju penurunan muka tanah dari sipat datar, menggunakan data pengamatan penurunan muka tanah yang dilakukan oleh tim Undip pada Februari 2007 - Agustus 2009. Pemantauan dimulai dari BM5 Gombel kemudian mengarah ke utara dan berakhir pada BM 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 dengan nilai korelasi sebesar 0.933. Korelasi dari Sampel laju penurunan dari pengamatan InSAR terhadap laju penurunan muka air tanah mencapai 0.807. Korelasi yang cukup tinggi juga dijumpai dari laju penurunan muka air tanah terhadap hasil pengamatan GPS di titik ISLA, RMPA, PMAS, MTIM, MSJD, BM05, BM16, SMPN, DRI1, 1125, SFCP, K371, SD02, PBR1 hingga mencapai 0.956.



Gambar 3 Korelasi PMAT dengan PMT dari beberapa Metode PMT

Faktor penyebab penurunan muka tanah di Kota Semarang dilakukan per zona dimana ada 4 zona yang dibagi berdasarkan wilayah. Tiap - tiap zona diwakili oleh beberapa titik pengamatan penurunan muka tanah dari 4 metode pengukuran muka tanah yaitu survei GPS, pengukuran langsung, sipat datar dan InSAR.



Gambar 4 Zonasi titik pengamatan PMT dan laju PMAT pada titik pengamatan PMT

Lima titik yang memiliki laju penurunan permukaan muka tanah rendah (Zona I bagian selatan dan Zona II) yaitu PBR1 (laju PMT 1,35 cm/tahun), SMG2 (laju PMT 2,83 cm/tahun), 1106 (laju PMT 3,83 cm/tahun), AY15 (laju PMT 1,4 cm/tahun) dan T447 (laju PMT 1,27

cm/tahun) berada pada wilayah dengan laju penurunan rendah muka air tanah yang di bawah 0,4 m/tahun.

Titik yang berada di sekitar daerah yang memiliki laju penurunan muka air tanah tinggi antara 1 - 1,2 m/tahun adalah ISLA (laju PMT 9,27 cm/tahun), RMPA (laju PMT 9,95 cm/tahun) dan B14 (laju PMT 9 cm/tahun).

Titik BM 7 TPKS (laju PMT 8,25 cm/tahun) dan Sta PASUT (laju PMT 5,25 cm/tahun) yang berada di Kelurahan Tanjungmas terletak pada daerah yang memiliki laju penurunan muka air tanah 0,8 - 1,0 m/tahun.

Titik yang mengalami penurunan muka tanah tinggi tidak hanya berada pada lokasi yang memiliki laju penurunan muka air tanah tinggi. Seperti ditunjukkan pada titik 017 (laju PMT 12 cm/tahun), BM01 (laju PMT 11,2 cm/tahun) dan PRPP (laju PMT 11,07 cm/tahun). Hal ini menunjukkan bahwa selain penurunan muka air tanah ada faktor lain yang berpengaruh terhadap penurunan muka tanah.

Korelasi yang tinggi antara laju penurunan muka tanah dengan laju penurunan muka air tanah ditunjukkan oleh titik - titik pengamatan yang berada di daerah Semarang bagian tengah meliputi titik BM01, CTRM, JOHR dan 009 yaitu sebesar 0,999

## II.2 Pengaruh Konsolidasi

Tinjauan terhadap pengaruh konsolidasi dilakukan dengan menggunakan nilai indeks kompresibilitas. Peta diperoleh dari hasil penelitian dari DGTL Badan Geologi tahun 2001. Semakin besar nilai Indeks kompresibilitas semakin mudah daerah tersebut mengalami pemampatan yang mengakibatkan terjadinya penurunan tanah.

### II.2.1 Indeks Kompresibilitas

Daerah yang memiliki indeks kompresibilitas tinggi berada di bagian utara Kota Semarang dengan kecenderungan meningkat ke arah timur dan di bagian tenggara Kota Semarang.

Titik yang berada di daerah dengan indeks kompresibilitas tinggi 0,6 yaitu C3 (laju PMT 10 cm/tahun), B14 (laju PMT 9 cm/tahun), 017 (laju PMT 12 cm/tahun) dan In2 (laju PMT 6,34 cm/tahun). Beberapa titik yang berada pada daerah dengan indeks kompresibilitas rendah kurang dari 0,2 adalah SMG2 (laju PMT 2,83 cm/tahun), AY15 (laju PMT 1,4 cm/tahun), T447 (laju PMT 1,27 cm/tahun), 1106 (laju PMT 3,83 cm/tahun), SMPN (laju PMT 6,10 cm/tahun) dan CTRM (laju PMT 10,8 cm/tahun). Meskipun titik SMPN dan CTRM berada pada daerah yang rendah namun penurunan muka tanah yang terjadi cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa ada faktor lain yang berpengaruh terhadap penurunan muka tanah



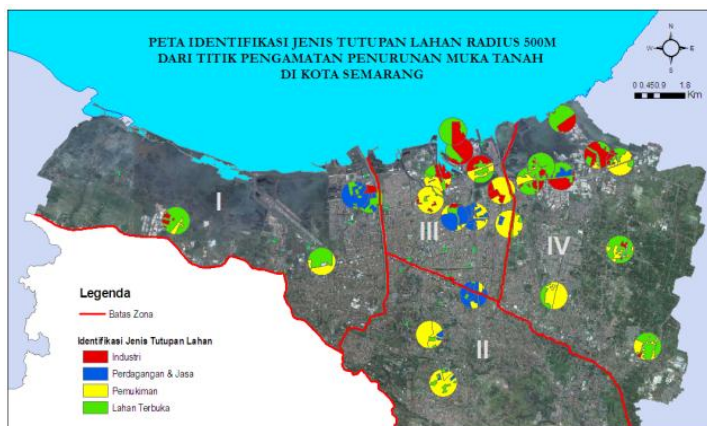
Gambar 5 Indeks kompresibilitas pada titik pengamatan penurunan muka tanah di Kota Semarang, dimodifikasi dari DGTL (2000)

### III. Pengaruh Beban Bangunan.

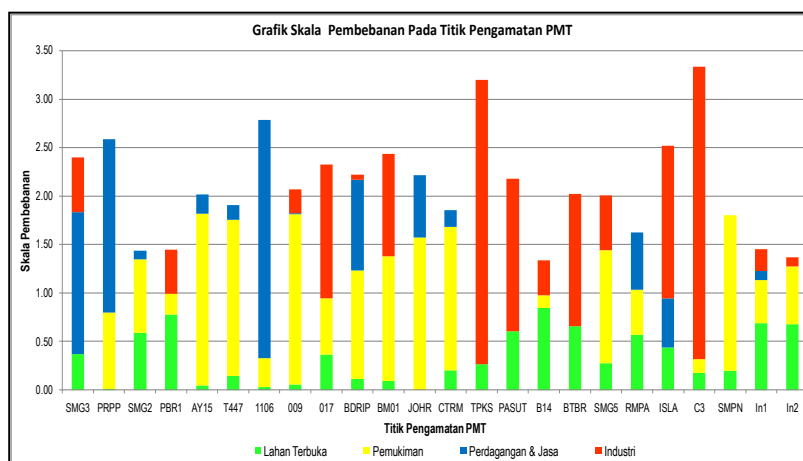
Tinjauan pengaruh beban bangunan terhadap laju penurunan tanah dilakukan dengan melakukan analisa geospasial terhadap kondisi tutupan lahan. Untuk memberikan penilaian terhadap pengaruh beban bangunan terhadap penurunan muka tanah maka perlu ditetapkan suatu nilai sebagai skala pembebanan

Dalam menghitung skala pembebanan langkah - langkah yang dilakukan adalah :

1. Melakukan identifikasi tutupan lahan dalam radius 500 m dari titik pantau penurunan muka tanah sebagai berikut :
  - a. Industri terdiri dari kawasan industri, pelabuhan, terminal, dan lahan penumpukan;
  - b. Perdagangan dan jasa terdiri dari perkantoran, ruko, pertokoan, fasilitas pendidikan dan olahraga, fasilitas kesehatan dan perumahan mewah;
  - c. Pemukiman;
  - d. Lahan terbuka terdiri dari rawa/tambak, lahan kosong, dan laut.
2. Memberikan bobot nilai dari masing - masing jenis tutupan lahan yang sudah ditentukan yaitu industri = 4, perdagangan dan jasa = 3, pemukiman = 2 dan lahan kosong = 1
3. Menentukan persentase luasan lahan dari masing masing jenis tutupan lahan.
4. Menghitung skala pembebanan dari masing - masing jenis tutupan lahan yaitu dengan mengalikan persentase luasan lahan dengan bobot nilai.
5. Skala pembebanan total dihitung dengan menjumlahkan skala pembebanan dari masing - masing jenis tutupan lahan. Skala pembebanan dibagi menjadi 3 yaitu rendah (skala 1 - 2), sedang (skala 2 - 3) dan tinggi (skala 3 - 4) tersaji pada gambar 6a dan 6b



Gambar 6 a. Peta Identifikasi Jenis tutupan lahan radius 500m dari titik PMT,



Gambar 6b. Grafis skala pembebanan pada titik PMT

#### IV. Hasil

Laju penurunan muka tanah yang tinggi berkisar 6 – 12 cm dititik pantau ( BM Pasut, BM TKPS, 017, 009, BM1 ) yang berada di sebelah utara zona III dan titik pengamatan penurunan tanah ( BTBR, C3, SMG5, ISLA, RMPA ) yang berada di sebelah utara Zona IV.

Hasil analisa geospasial ditunjukkan pada gambar 7 di titik titik pemantauan penurunan tanah yang berada di Zona IV dan Zona III menunjukkan nilai sebagai berikut

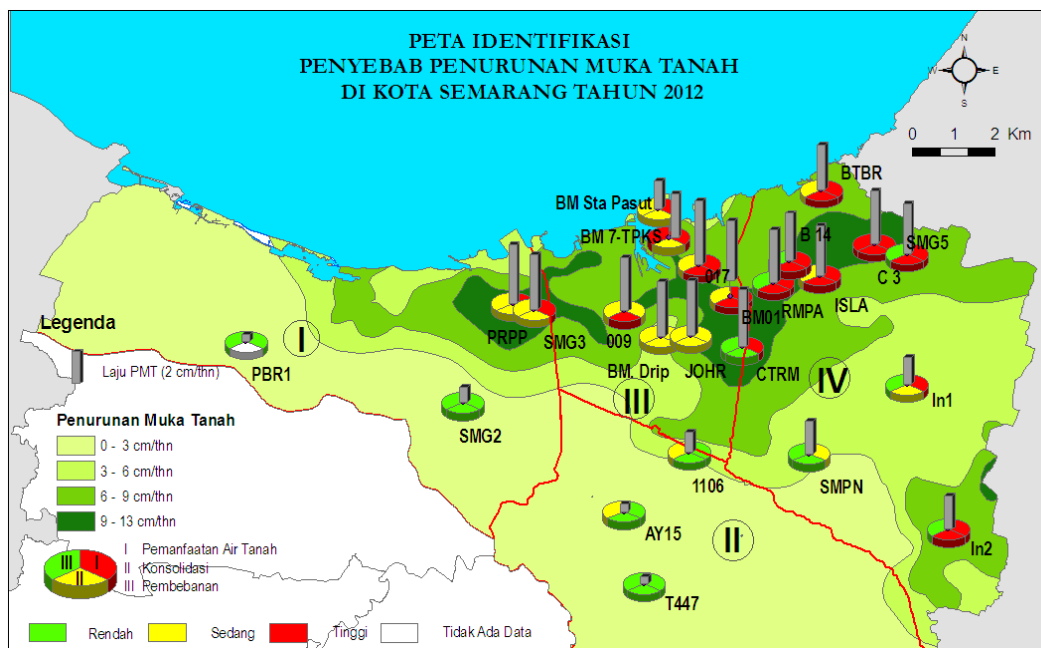
1. Perubahan muka air tanah yang cukup tinggi antara 1.2 – 1.4 m per tahun
2. Nilai Indek Kompresibilitas berkisar 0.6 sd 0.9
3. Skala Pembebanan mencapai 3 – 4.

Sedangkan laju penurunan muka tanah rendah berkisar 0 – 3 cm per tahun dijumpai dititik pantau ( PBR1, SMG2, 1106, AY5 dan T447 ) yang berada di zona I dan zona II, dengan nilai sebagai berikut ;

1. Perubahan muka air tanah rendah 0.00 – 0.20 m per tahun
2. Nilai Indek Kompresibilitas berkisar < 0.2 sd 0.3
3. Skala pembebanan mencapai 1 - 2

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dilihat bahwa daerah yang memiliki laju penurunan muka tanah tinggi antara 9 - 13 cm/tahun berada di sekitar lokasi titik - titik pengamatan penurunan muka tanah dengan skala faktor penyebab tinggi dijumpai di sebelah utara zona IV dan zona III, begitu pula dengan daerah yang memiliki laju penurunan muka tanah rendah antara 0 - 3 cm/tahun berada di sekitar lokasi titik - titik pengamatan penurunan muka tanah dengan skala faktor penyebab rendah dijumpai di titik pengamatan penurunan muka tanah yang berada di zone I dan zona II.

Hal tersebut menggambarkan bahwa terdapat korelasi yang positif antara pemanfaatan air tanah, konsolidasi dan pembebanan terhadap penurunan muka tanah yang terjadi di Kota Semarang. Ketiga faktor tersebut mempengaruhi penurunan muka tanah secara bersama - sama dan simultan.



Gambar 7 Peta identifikasi penyebab penurunan muka tanah di Kota Semarang tahun 2012

#### Referensi

Abidin, H.Z. (2007) : *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. P.T. Pradnya Paramita, Jakarta. Second edition. ISBN 979-408-377-1. 268 pp

- Dalinta, A. (2010) : Studi Penurunan Tanah Wilayah Semarang Periode Tahun 2008 – 2009, Tugas Akhir , Program Studi Teknik Geodesi Geomatika, ITB
- 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
- Sidiq T.P. (2010) : *Pemanfaatan Metode Insar Untuk Pemantauan Deformasi Gunung Api Dan Penurunan Tanah*. Tesis Program Studi Geodesi Geomatika ITB
- 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
- Tobing Tigor MHL, Syarief E.A., Murdohardono D (2000) : *Penyelidikan Geologi Teknik Amblesan Tanah Daerah Semarang dan Sekitarnya*, Propinsi Jawa Tengah, No. : 19/LAP-PGTTLTD/2000, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Ditjen Geologi Sumberdaya Mineral, Departemen ESDM