

## PENGAMATAN PENURUNAN MUKA TANAH KOTA SEMARANG TAHUN 2017

Roy Kasfari, Bambang Darmo Yuwono, Moehammad Awaluddin<sup>\*)</sup>

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788  
Email : roykasfari@gmail.com

### ABSTRAK

Penurunan muka tanah merupakan fenomena yang merugikan bagi wilayah yang mengalaminya. Banyak faktor penyebab yang mendukung terjadinya fenomena ini diantaranya jenis tanah, tata guna lahan, penggunaan air tanah, dan sebagainya. Akibat yang ditimbulkan juga bermacam-macam seperti banjir rob serta kerusakan infrastruktur dan fasilitas di wilayah yang mengalami. Kota Semarang sebagai salah satu kota besar di Indonesia sudah mengalami fenomena ini. Dari penelitian yang telah dilakukan sejak tahun 2008 hingga tahun 2016, Kota Semarang telah mengalami laju penurunan muka tanah. Nilai Laju penurunan tanah juga berbeda pada setiap wilayah Kecamatannya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa Kota Semarang mengalami penurunan muka tanah setiap tahun. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya mitigasi. Setelah diketahui bahwa dari tahun 2008-2016 Kota Semarang mengalami penurunan muka tanah, maka pada tahun 2017 tetap dilakukan pengamatan untuk membuktikan apakah pada tahun 2017 Kota Semarang masih mengalami penurunan muka tanah. Mengetahui laju penurunan muka tanah Kota Semarang pada tahun 2017 dilakukan dengan menggunakan teknologi GPS. GPS melakukan pengamatan dan perekaman data pada 7 titik tersebar dan telah ditentukan letaknya di Kota Semarang. Titik tersebut antara lain N259, SP05, SMK3, CTRM, K371, dan KOP8 serta titik T447 sebagai *base*. Selanjutnya data yang diperoleh, diproses pada *software* GAMIT 10,6 (2016) untuk mengetahui nilai laju penurunan muka tanah. Dari penelitian ini, diperoleh nilai laju penurunan muka tanah tertinggi berada pada titik KOP8 yaitu berkisar  $\pm 21,33$  cm. Sementara itu, nilai laju penurunan terendah berada pada titik SMK3 yaitu berkisar  $\pm 2,18$  cm. Nilai laju penurunan muka tanah yang diperoleh merupakan laju penurunan yang dialami Kota Semarang selama kurun waktu empat tahun terakhir (2013-2017). Dan selanjutnya hasil laju penurunan dihubungkan dengan data sekunder seperti tata guna lahan, jumlah penduduk, penggunaan air tanah, dan jenis tanah.

**Kata Kunci :** GPS, Kota Semarang, Laju Penurunan Muka Tanah

### ABSTRACT

*Land subsidence is a phenomenon that giving so many disadvantages to the exposed area. There are so many factors that cause this phenomenon such as land types, landuse, groundwater using, and many others. The various impact would happen, for instance, tidal flood and infrastructure and facility damage in the exposed area above. Semarang city as one of the big city in Indonesia has been experiencing this phenomenon. A research result that has conducted since 2008 until 2016 shows that Semarang city experienced a rate of land subsidence. The rate itself has a differentiation between each of sub-district. Based on those research that shown Semarang city has a rate land subsidence for every year. Therefore it requires a mitigation. After it is known that Semarang city has the rate of land subsidence from the year of 2008 until 2016, then an observing activity on 2017 is still required to know whether Semarang city has a rate of land subsidence or not. To find out the rate of land subsidence in 2017, it would be done by using a GPS. GPS is observing and data recording on seven spread points and the location has been determined in the Semarang city itself. Those seven points are N259, SP05, SMK3, CTRM, K371, KOP8, and the T447 as the base. Furthermore, after all of the data has been gathered, it is proceed by using GAMIT 10,6 (2016) software to finding out the rate of land subsidence. Based on this research it is known that the highest rate of land subsidence is located on point KOP8 which is around  $\pm 21,33$  cm. Meanwhile, the lowest rate of land subsidence is located on SMK3 which is around  $\pm 2,18$  cm. Semarang city has been experiencing rate of land subsidence for the last four years (2013-2017). Furthermore, the rate of land subsidence is connected to secondary data such as landuse, the amount of population, groundwater using, and land types.*

**Keywords :** GPS, Rate of Land Subsidence, Semarang City

<sup>\*)</sup>Penulis, Penanggung Jawab

## I. Pendahuluan

### I.1. Latar Belakang

Penurunan muka tanah (*Land Subsidence*) adalah salah satu peristiwa atau fenomena alam yang merugikan di wilayah yang mengalaminya. Penurunan muka tanah sendiri dapat berlangsung secara mendadak maupun perlahan. Perubahan muka tanah yang bersifat mendadak biasanya diikuti dengan perubahan fisik yang nyata dan dapat diketahui secara langsung besar dan kecepatan penurunannya. Sementara itu, untuk penurunan muka tanah yang bersifat secara perlahan diketahui setelah kejadian yang berlangsung lama, besar penurunannya bisa ditentukan dengan mekanisme secara periodik.

Banyak faktor yang mengakibatkan turunnya suatu permukaan tanah misalnya disebabkan karena faktor alam yang berhubungan dengan kondisi tanah, struktur geologi, dan kesesuaian lahan pembangunan. Selain itu, pemanfaatan air tanah, konsolidasi dan pembebanan yang terjadi di Kota Semarang mempengaruhi penurunan muka tanah secara bersamaan dan simultan (Yuwono et al, 2013).

Penurunan muka tanah telah menjadi masalah yang umum terjadi di kota-kota besar seperti yang terjadi pada Kota Semarang. Kota Semarang adalah ibu kota Provinsi Jawa Tengah, yang terletak di Pesisir Utara Jawa dengan luas sekitar 373,67  $km^2$ , dan berpenduduk sekitar 1,5 juta. Pembangunan perkotaan telah berkembang sangat pesat di bidang perdagangan, industri, *real estate*, dan pemukiman. Hal itu telah menimbulkan beberapa masalah lingkungan salah satunya adalah penurunan muka tanah (Yuwono et al, 2016).

Penurunan muka tanah yang terjadi berbeda-beda nilai lajunya pada masing-masing kecamatan. Jika hal ini terus terjadi tanpa adanya upaya mitigasi akibatnya kerugian dari segi infrastruktur serta penurunan kualitas hidup bisa saja terjadi di Kota Semarang. Oleh sebab itu, penelitian mengenai penurunan muka tanah di Kota Semarang dilanjutkan agar dapat diketahui seberapa besar penurunan yang terjadi dan dapat dibandingkan dengan hasil penurunan yang diperoleh pada penelitian sebelumnya, sehingga penurunan muka tanah di Kota Semarang bisa terus dipantau dan upaya mitigasi bisa dilakukan.

Penentuan nilai penurunan muka tanah dilakukan dengan menggunakan konsep dan metode pengukuran GPS pada titik yang telah ditentukan dan tersebar di Kota Semarang. Data yang telah diperoleh kemudian diproses dengan menggunakan perangkat lunak GAMIT (*GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology*) 10,6 (2016) agar didapat nilai penurunan muka tanah Kota Semarang. Pemilihan metode GPS dalam melakukan penelitian dikarenakan GPS dapat memberikan nilai komponen beda tinggi ellipsoid dengan tingkat presisi sampai beberapa milimeter dan dapat dimanfaatkan secara kontinu tanpa tergantung waktu dan cuaca. Selain dengan metode GPS, penentuan nilai penurunan permukaan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan konsep

pengukuran dan pengamatan dengan *Waterpass (levelling)*, *microgravity* (menggunakan gravimeter), Ps InSAR, DinSAR, dan sebagainya.

### I.2. Perumusan Masalah

Adapun Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Berapa nilai koordinat tinggi dari titik-titik pengamatan yang diukur pada tahun 2017 ?
2. Berapa nilai penurunan muka tanah Kota Semarang pada tahun 2013-2017 ?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan air tanah, tata guna lahan, jenis tanah, dan jumlah penduduk terhadap penurunan muka tanah Kota Semarang ?

### I.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data pengamatan GPS Geodetik di tujuh titik tersebar di Kota Semarang
2. Pengamatan GPS menggunakan metode statik selama kurang lebih 5-8 jam pengamatan
3. Pengolahan data GPS dengan metode radial menggunakan perangkat lunak GAMIT 10,6 (2016)
4. Hasil pengolahan dianalisis bersamaan dengan kondisi lapangan.

### I.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini, adalah:

1. Mengetahui koordinat tinggi titik-titik dari pengamatan penurunan muka tanah Kota Semarang
2. Mengetahui penurunan muka tanah di Kota Semarang pada tahun 2013 – 2017 dengan menggunakan metode GPS
3. Mengetahui hal apa yang paling mempengaruhi penurunan muka tanah di Kota Semarang ditinjau dari segi penggunaan air tanah, tata guna lahan, kepadatan penduduk, dan jenis tanah.

Adapun Manfaat dari penelitian ini, adalah :

1. Dengan melakukan pengamatan secara kontinu, penurunan muka tanah dapat terus dipantau sehingga upaya mitigasi dapat dilakukan.
2. Menjadi referensi untuk penelitian dengan kajian yang sama.

## I. Tinjauan Pustaka

### II.1. Penurunan Muka Tanah

Penurunan muka tanah didefinisikan sebagai penurunan tanah relatif terhadap suatu bidang referensi tertentu yang dianggap stabil. Penurunan muka tanah dapat terjadi secara perlahan ataupun terjadi secara mendadak. Dalam banyak kejadian, penurunan muka tanah berkisar dalam beberapa sentimeter pertahun. Perubahan muka tanah yang bersifat mendadak biasanya diikuti dengan perubahan fisik yang nyata dan dapat diketahui secara langsung besar dan kecepatan penurunannya. Namun, untuk penurunan muka tanah yang bersifat secara perlahan diketahui setelah kejadian yang berlangsung lama, besar

penurunannya bisa ditentukan dengan mekanisme secara periodik (Ardiansyah, 2012).

Berbagai penyebab penurunan muka tanah dapat digolongkan menjadi (Whittaker and Reddish, 1989) :

1. Penurunan muka tanah alami
2. Pengambilan bahan cair di perut bumi (*Groundwater extraction*)
3. Beban berat (*Settlement*)
4. Aktifitas penambangan
5. Sedimentasi daerah Cekungan
6. Adanya rongga bawah tanah yang menyebabkan *Sink Hole*.

Fenomena penurunan muka tanah yang terjadi, mengakibatkan beberapa wilayah yang mengalami terkena dampak yang nyata dari hal tersebut. Tidak hanya kerugian dari segi materi tetapi juga mengakibatkan penurunan kualitas hidup. Dampak yang ditimbulkan diantaranya :

1. Amblesan tanah dan genangan Air
2. Rusaknya infrastruktur
3. Intrusi air laut
4. Menyebabkan banjir rob.

## II.2. Survei GPS Untuk Pengamatan Penurunan Muka Tanah

GPS adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang berbasis pada pengamatan satelit-satelit *Global Positioning System* (Abidin, 2000; Hofmann-Wellenhof et al., 1997). Prinsip studi penurunan tanah dengan metode survei GPS yaitu dengan menempatkan beberapa titik pantau di beberapa lokasi yang dipilih, secara periodik untuk ditentukan koordinatnya secara teliti dengan menggunakan metode survei GPS. Dengan mempelajari pola dan kecepatan perubahan koordinat dari titik-titik tersebut dari survei yang satu ke survei berikutnya, maka karakteristik penurunan tanah akan dapat dihitung dan dipelajari lebih lanjut.

Studi permukaan dengan metode survei GPS mempunyai beberapa keunggulan dan keuntungan, antara lain yaitu (Pribadi, 2014) :

1. GPS memberikan nilai vektor pergerakan tanah dalam tiga dimensi (dua komponen horizontal dan satu komponen vertikal). Jadi, disamping memberikan informasi tentang besarnya penurunan muka tanah, GPS juga sekaligus memberikan informasi tentang pergerakan tanah dalam arah horizontal.
2. GPS memberikan nilai vektor pergerakan dan penurunan tanah dalam suatu sistem koordinat referensi yang tunggal. Dengan itu maka GPS dapat digunakan untuk memantau pergerakan suatu wilayah regional secara efektif dan efisien.
3. GPS dapat memberikan nilai vektor pergerakan dengan tingkat presisi sampai beberapa milimeter, dengan konsistensi yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. Dengan tingkat presisi yang tinggi dan konsisten ini maka diharapkan besarnya

pergerakan dan penurunan tanah yang kecil sekalipun akan dapat terdeteksi dengan baik.

4. GPS dapat dimanfaatkan secara kontinu tanpa tergantung waktu (siang maupun malam), dalam segala kondisi cuaca. Dengan karakteristik semacam ini maka pelaksanaan survei GPS untuk pemantauan pergerakan penurunan muka tanah dapat dilaksanakan secara efektif dan fleksibel.

## II.3. Perangkat Lunak GAMIT/GLOBK

GAMIT adalah paket analisis GPS komprehensif yang dikembangkan di MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) dan SIO (*Scripps Institution of Oceanography*). Perangkat lunak ini digunakan untuk mengestimasi tiga-dimensi posisi relatif stasiun bumi dan orbit satelit. Perangkat lunak ini dirancang untuk berjalan di bawah sistem operasi UNIX mendukung XWindows; sejauh ini MIT telah menerapkan versi untuk Sun (OS/4 dan Solaris2), HP, IBM / RISC, DEC, dan LINUX berbasis Intel workstation. Hasil dari GAMIT adalah solusi parameter estimasi dan kovarian yang dapat diolah di GLOBK untuk memperkirakan posisi stasiun, kecepatan, parameter orbital dan rotasi bumi (Subarya, 2004). Pengolahan pada GAMIT menghasilkan berbagai macam *Output file*. *File* yang digunakan untuk mengecek hasil pengolahan dengan menggunakan GAMIT adalah *Qfile*.

GLOBK (*Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program*) adalah perangkat lunak pemfilter data dengan metode Kalman Filter, yang bertujuan untuk menggabungkan solusi dari pengolahan data primer dari geodesi satelit atau pengukuran terestris. Pengolahan diterima sebagai data (*quasi observation*) yang terkait dengan matrik kovarian untuk koordinat titik, parameter rotasi bumi parameter orbit, dan posisi titik yang dihasilkan dari analisis observasi.

Ada tiga fungsi yang biasa dijalankan didalam GLOBK (GLOBK *reference manual*, 2015) yaitu :

- a. Mengkombinasikan hasil pengolahan harian untuk menghasilkan koordinat sistem rata-rata dari pengamatan yang dilakukan lebih dari satu hari.
- b. Melakukan estimasi koordinat stasiun dari pengamatan harian yang digunakan untuk menggeneralisasikan data runtut waktu (*time series*) dan pengamatan teliti harian atau tahunan.
- c. Mengkombinasikan sesi pengamatan individu dengan koordinat stasiun dianggap stokastik, hasilnya adalah *coordinate repeatabilities* untuk mengevaluasi tingkat ketelitian pengukuran harian atau tahunan.

Proses pengolahan GAMIT dan GLOBK merupakan faktor penting dalam strategi pengolahan GPS.

## II.4 Perangkat Lunak TEQC

TEQC adalah program komprehensif yang digunakan sebelum pemrosesan data GPS untuk melakukan hal-hal berikut:

1. Translation : Membaca *raw data* GPS dari *receiver* dan menerjemahkan data tersebut ke format yang lain
2. *Editing* : ekstraksi metadata, editing, dan/atau koreksi header metadata *RINEX* atau *BINEX*
3. *Quality checking* data GPS dan/atau GLONASS (*file* observasi biner, *BINEX* atau *RINEX*, dengan atau tanpa *file* navigasi dengan *ephemeris*).

Ketiga fungsi diatas dapat dilakukan secara terpisah, berpasangan, atau sekaligus dalam sekali *running program* (Estey, 2013). TEQC adalah perangkat lunak yang memudahkan pengguna untuk memodifikasi hasil pengamatan *RINEX* serta mengecek kualitas *RINEX*.

**II.5 RINEX (Receiver Independent Exchange)**

*Receiver Independen Exchange Format* (*RINEX*) adalah format pertukaran data untuk raw data satelit. Hal ini membuat pengguna dapat melakukan *post-processing* pada data untuk menghasilkan data dengan ketelitian yang lebih tinggi biasanya dengan data lain yang tidak didapatkan dari *receiver*, seperti model jaring dan kondisi atmosfer pada saat pengukuran.

Hasil akhir dari *receiver* navigasi biasanya berupa posisi, atau kecepatannya. Namun, perhitungan jumlah ini didasarkan pada serangkaian pengukuran dari satu atau lebih satelit. Meskipun *receiver* dapat menghitung posisi secara *real time*, namun posisi yang dihasilkan secara *real time* masih mengandung banyak kesalahan, sehingga perlu dilakukan *post processing* untuk hasil yang lebih akurat. *RINEX* memungkinkan pengelolaan dan pembuangan hasil dari *receiver*, serta pengolahan *offline* dengan banyak aplikasi.

**II.6 IGS**

IGS terbentuk dari jaringan stasiun GPS permanen global, pusat data dan analisis, kantor pusat dan pengaturan. Jaringan IGS terdiri dari sekitar 200 stasiun dengan *receivers* GPS *dual-frequency* yang beroperasi secara kontinu. Jaringan IGS digunakan untuk merealisasikan *ITRF*, dimana semua pengamatan GPS dapat dihubungkan. Selain itu, IGS juga menyediakan berbagai macam data diantaranya adalah data satelit *ephemeris*, parameter rotasi bumi, parameter atmosfer, dan data pengamatan GPS dari stasiun IGS. Data semuanya digunakan untuk kepentingan penelitian ilmiah dan kebutuhan penggunaan GPS secara komersial. Persebaran stasiun IGS dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Persebaran Stasiun IGS (www.igs.org/network)

**II.7 Uji Statistik (Uji-t)**

Uji-t dikenal dengan uji parsial, yaitu untuk menguji bagaimana pengaruh masing-masing variabel bebasnya secara sendiri-sendiri terhadap variabel terikatnya. Uji ini dapat dilakukan dengan membandingkan t-hitungan dengan t-tabel atau dengan melihat kolom signifikansi pada masing-masing t-hitungan (Amirrudin, 2014). Uji t digunakan untuk mengetahui koefisien regresi sampel (individual) dari dua perhitungan data dengan metode yang sama namun kurun waktu pengambilan data berbeda.

Uji-t termasuk dalam golongan statistika parametrik. Statistik uji ini digunakan dalam pengujian hipotesis. uji-t digunakan ketika informasi mengenai nilai *variance* (ragam) populasi tidak diketahui. Tujuan dari uji-t adalah untuk menguji keofisien regresi secara individual. uji statistik dilakukan dengan cara menguji variabel titik pergeseran dengan dibandingkan pada pengukuran sebelumnya (tahun 2016) dengan rumus 1 dan 2 berikut (dalam Prasetya, 2017) :

$$t = \frac{P_{ij}}{std P_{ij}} \dots \dots \dots (1)$$

Penurunan dinyatakan signifikan atau hipotesa nol ditolak jika :

$$t > d_{df,\alpha/2} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- t = Besaran yang menunjukkan signifikansi penurunan
- $P_{ij}$  = Penurunan titik Pengamatan (i=2016, j=2017)
- $S_{td}$  = Standar deviasi  $P_{ij}$
- df = derajat kebebasan
- $\alpha$  = level signifikan yang digunakan.

**II. Metodologi Penelitian**

**III.1 Alat dan Bahan Penelitian**

**III.1.1 Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini mencakup perangkat keras dan lunak meliputi :

1. Empat buah *set receiver* GPS *Geodetic dual frequency* yang digunakan untuk mengambil data pengukuran dan data pengamatan titik yang telah ditentukan. GPS yang digunakan berupa GPS dengan merk Topcon diantaranya :
  - a. GPS Topcon Hiper II base dan rover
  - b. GPS Topcon Hiper Gb base dan rover
2. Perangkat Komputer dengan Spesifikasi
  - a. Merek Laptop: ACER Aspire E1-470
  - b. Sistem operasi: Windows 8 Ultimate 64-bit, LINUX Ubuntu
  - c. *Processor* : Intel® Core™ i3-3217U (1.8 Ghz, 3MB L3cache)
  - d. RAM : 2 GB DDR3 L Memory
  - e. HDD : 500 GB HDD
3. Perangkat Lunak:
  - a. Topcon Tools
  - b. GAMIT 10.6
  - c. TEQC

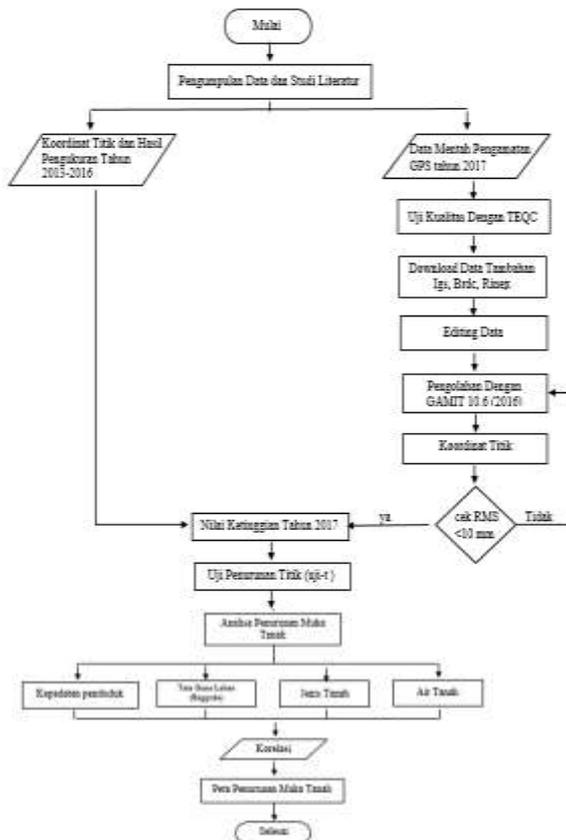
- d. Microsoft Office 2013
- e. ArcGIS 10.0

III.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Data pengamatan GPS di tujuh titik di Kota Semarang tahun 2017 dengan satu titik dipilih sebagai *base* (titik ikat) pengamatan.
2. Data Pengamatan koordinat titik pengamatan pada tahun 2013 – 2016
3. Data titik ikat IGS (.o)
4. Data observasi satelit
5. Data *prechise ephemeris* (.sp3)
6. Data hatanaka file
7. Data navigasi satelit
8. Data pemodelan cuaca, atmosfer, dan pasang surut laut
9. Peta Batas Administrasi Kota Semarang (BAPPEDA)
10. Peta Tutupan Lahan Kota Semarang (BAPPEDA)
11. Data penggunaan air tanah Kota Semarang
12. Data Kepadatan Penduduk Kota Semarang.

III.2 Pelaksanaan Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

III.3 Pelaksanaaa

III.3.1 Data Rinex dan Software TEQC

Dilakukan cek kualitas pada data pengamatan sebelum diolah dengan software GAMIT. Pengecekan

data dilakukan untuk mengetahui waktu mulai dan berakhirnya sebuah pengamatan, nilai *multipath* yang terjadi, interval perekaman, total satelit, dan informasi lainnya yang mana dapat menggunakan software TEQC. Perintah dasar untuk mengetahui kualitas data (*lite quality check*) terhadap file observasi adalah :

**teqc +qc <observation file >**

Sementara itu, untuk memperoleh data Rinex dilakukan pertukaran atau ekstrak raw data satelit. Pengekstrakan data mentah dapat dilakukan pada software pengolahan data GPS seperti topcon tool, GAMIT, dll. Data Rinex yang telah diekstrak terdiri dari 3 jenis file diantaranya :

1. *Observation Data File (GPS measurements)*
2. *GPS Navigation Messagges Files (Ephemeris/Orbit Information)*
3. *Meteorological Data File (Pressure, Temperature, Rellative Humidity, etc).*

III.3.2 Pengolahan Data Dengan GAMIT

Sebelum melakukan pengolahan data pada software GAMIT, dilakukan pengelompokkan jenis data. Tahap selanjutnya yaitu memunculkan folder direktori baru yaitu *tables* dengan melakukan perintah di *command prompt*. Di dalam direktori *tables* terdapat data-data tambahan yang selanjutnya akan dilakukan *edit, update*, serta *control file* data sesuai dengan doy pengamatan. Seperti yang terlihat pada gambar 3. Terdapat berbagai jenis *file* baru, hasil dari menjalankan perintah pada *command prompt*.



Gambar 3. Data yang Terdapat Pada Direktori Tables

III.3.3 Pengolahan Data Dengan GLOBK

H-file dari hasil pengolahan dengan GAMIT berupa *file* ASCII, untuk melakukan perhitungan dengan GLOBK, h-file tersebut harus berupa data biner. Untuk itu perlu dilakukan konversi ke data biner. Cara konversi data dilakukan dengan perintah sebagai berikut :

**htoglb <directory output> <ephemeris file> <input file>**

Perintah dalam pekerjaan ini adalah :

**htoglb glbf tables/ctrm.svs hgamit/h\***

**htoglb glbf tables/ctrm.svs hfiles/h\***

Perintah ini dilakukan pada *directory project*, hgamit untuk konversi h-files hasil pengolahan GAMIT dan hfiles untuk konversi data h-files global. Hasil dari konversi ini adalah *file \*.glr* dan *\*.glx* pada folder /glbf. File \*.glr merupakan resolusi ambiguitas

fase *free* dan *file \*.glx* merupakan resolusi ambiguitas fase *fix*.

Selanjutnya dilakukan konversi data Biner ke *file \*.gdl* karena GLOBK hanya bisa membaca *file* berextensi *\*.gdl*. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menuliskan perintah dibawah ini dan dilakukan pada *folder /gsoln*.  
**ls ../glbf/\*.glx > <nama\_project>.gdl**

Hasil dari perintah ini adalah adanya *file <nama\_project>.gdl* pada *folder /gsoln*. Kemudian *file* ini diedit untuk menambahkan bobot pada stasiun-stasiun IGS sebelum dilakukan pengolahan dengan menggunakan GLOBK. Nilai bobot 1,0 diberikan untuk menunjukkan skala pada diagonal matriks varian – kovarian dalam *file \*.gdl*. *File* tersebut ditambah dengan tanda plus (+) di setiap akhir baris untuk menunjukkan hubungannya sama dalam sesi/hari dengan baris bawahnya (Panuntun, 2012 dalam Safi'i, 2014).

Selanjutnya melakukan *editing* pada *File command*. *File command* yang diedit ada dua yaitu *globk\_comb.cmd* dan *glorg\_comb.cmd*. *File command* *globk\_comb.cmd* berisi perintah-perintah yang merupakan pengaturan dalam menjalankan program GLOBK (Herring, 2011).

Pengolahan data dengan GLOBK dapat dilakukan dengan perintah *glorg\_com.cmd* dan *globk\_comb.cmd*. Hasil dari perhitungan ini adalah *file \*.org* yang merupakan solusi pengolahan posisi menggunakan GLOBK. Hasil terdiri dari pengolahan *log h-files (chi-square)*, koordinat geodetis, geosentrik dan toposentrik, serta standar deviasi yang mengindikasikan ketelitian.

### III.3.4 Pembuatan Peta Penurunan Muka Tanah Sebagai

#### Output Penelitian

Secara bertahap langkah-langkah pemrosesan pengolahan data pada *software* GAMIT dan GLOBK selesai dilakukan. Namun, hasil yang diperoleh berupa hasil dalam bentuk angka sehingga kurang informatif bagi pembaca dalam memahami realisasi terjadinya penurunan muka tanah di Kota Semarang. Oleh sebab itu, dilakukan langkah pembuatan peta penurunan muka tanah. Peta penurunan muka tanah yang akan dibuat merupakan sarana dalam memperjelas kondisi penurunan muka tanah yang terjadi di Kota Semarang yang dapat disampaikan dengan jelas dan infomatif. Selain itu, pembuatan peta juga merupakan *ouput* dari penelitian ini.

### III. Hasil dan Pembahasan

#### IV.I Cek Kualitas Data RINEX Dengan *software* TEQC

Salah satu informasi yang diperoleh pada proses pengolahan *software* TEQC adalah *moving average* MP12 dan *moving average* MP21. *Moving average* menunjukkan efek *multipath* yang terjadi saat pengukuran berlangsung dan juga merupakan sebuah informasi yang dapat dijadikan acuan bagus atau tidaknya sebuah data. Adapun kriteria hasil

pengecekan data dengan TEQC yaitu nilai *moving average* mp12 kurang dari 0.5 m dan nilai *moving average* mp21 kurang dari 0.5 m.

Semakin kecil nilai *moving average* MP12 dan MP21 maka semakin baik pula kualitas data pengukuran tersebut. Berikut ditampilkan nilai *moving average* MP12 dan MP21 dari semua data pengukuran pada tahun 2017 yang telah dikonversi menjadi data *rinex* dan telah dilakukan pengecekan dengan perangkat lunak TEQC.

Tabel 1. Nilai Yang Diperoleh Dari Uji Kualitas Titik Pengamatan

Titik	Moving Average		Alat ukur	DOY
	MP12 (m)	MP21 (m)		
N259	0.278729	0.298533	Hiper II	145
SMK3	0.885596	0.898962	Hiper II	145
SP05	0.454650	0.522071	Hiper GB	145
CTRM	0.391764	0.405995	Hiper II	148
K371	1.072684	1.095209	Hiper II	148
KOP8	0.940543	0.925035	Hiper II	155

Empat titik diketahui melebihi nilai kriteria data yang baik (*moving average* > 0,5) sedangkan tiga titik lainnya memenuhi sebagai standar data yang baik (*moving average* < 0,5). Perbedaan nilai yang diperoleh disebabkan karena hasil perekaman juga tergantung dari obstruksi disekitar daerah titik pengamatan atau dapat diebut dengan adanya perbedaan kondisi masing-masing titik dilapangan.

#### IV.2 Hasil Pengolahan Dengan GAMIT

Pengolahan data yang telah dilakukan pada perangkat lunak GAMIT akan menghasilkan beberapa *file* baru diantaranya yaitu *qfile*, *hfile*, dan *file.summary*. *Qfile*, *hfile*, dan *file.summary* merupakan *file* yang dipakai untuk analisis dan cek kualitas hitungan apakah memenuhi standar yang telah ditentukan. Kualitas data yang baik ataupun standar yang baik, apabila nilai terhadap *postfit nrms*, *prefit nrms*, *wl fixed*, dan *nl fixed* memenuhi persyaratan sebagai berikut (dalam Khoirunnisa, 2015) :

- postfit nrms* yang baik < 0.25 %
- prefit nrms* yang baik < 0.25 %
- WL fixed* yang baik > 90 %
- NL fixed* yang baik > 80 %

Maka, dari pengolahan yang telah dilakukan pada penelitian ini diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 2. *Summary* GAMIT Titik Pengamatan

No	Tahun/DOY	Titik	Metode Radial			
			Nilai nrms		Ambiguitas Phase Fixed (%)	
			<i>prefit</i>	<i>postfit</i>	WL Fixed	NL Fixed
1	2017/145	N259	0,14531	0,19427	92,7	86,4
2	2017/145	SMK3	0,14400	0,19471	93,3	84,7
3	2017/145	SP05	0,14496	0,19562	94,6	87,6
4	2017/148	CTRM	0,18013	0,19127	93,4	86,0
5	2017/148	K371	0,17718	0,19342	93,2	78,2
6	2017/155	KOP8	0,17491	0,19418	97,3	88,0

Dapat dilihat pada tabel 2 bahwa nilai yang diperoleh masing-masing titik berada diatas nilai standar yang ditentukan. Oleh sebab itu, data yang diolah pada perangkat lunak GAMIT dapat dikatakan

baik. Selain itu tidak terdapat adanya *cycle slips*, *noise* pada *pseudorange*, serta adanya kesalahan pada ukuran dan konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, ataupun kondisi atmosfer.

**IV.3 Hasil Pengolahan Dengan GLOBK**

Pengolahan dengan menggunakan perangkat lunak GLOBK adalah untuk memperoleh nilai koordinat. Nilai koordinat diperoleh dari data matriks varian-kovarian yang telah diproses pada GAMIT, dimana data matriks ini berada pada hfiles. Pengolahan dengan GLOBK akan menghasilkan file berkeestensi \*.org yang juga merupakan data file koordinat yang diperoleh dari pengolahan dengan GLOBK. Hasil koordinat yang diperoleh berupa koordinat kartesian 3D (X, Y, Z) dan koordinat toposentrik (n, e, u) yang dapat dilihat pada tabel 3 dan 4

Tabel 3. Nilai Koordinat Kartesian Titik Pengamatan

Tahun/ DOY	Titik	Koordinat		
		X	Y	Z
2017/145	N259	-2207852,11099	5933714,58287	-770355,48318
2017/145	SMK3	-2209972,59008	5932764,74484	-771571,74902
2017/145	SP05	-2209206,90726	5933133,00199	-770940,65416
2017/148	CTRM	-2211284,26884	5932603,73025	-769047,40634
2017/148	K371	-2204480,03516	5935030,45315	-769859,41529
2017/155	KOP8	-2208469,76550	5933630,53645	-769207,85802

Tabel 4 Nilai Koordinat Toposentrik Titik Pengamatan

Tahun/ DOY	Titik	Koordinat		
		n	e	u
2017/145	N259	-777428,74573	12199522,36216	30,98022
2017/145	SMK3	-778662,33446	12201541,66992	29,78119
2017/145	SP05	-778022,26641	12200845,32077	30,24932
2017/148	CTRM	-776102,63277	12203424,91680	27,70472
2017/148	K371	-776925,97274	12196025,67952	28,61365
2017/155	KOP8	-776265,40836	12200429,19126	27,18653

**IV.4 Nilai Penurunan Muka Tanah Tahun 2013-2017**

Dari hasil pengolahan melalui perangkat lunak GLOBK, akan diperoleh nilai ketinggian dari masing-masing titik yang diamati. Koordinat tinggi yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil dari pengamatan pada penelitian sebelumnya (wilayah studi kasus yang sama dengan tahun yang berbeda) agar dapat diidentifikasi besar nilai penurunan muka tanah yang ada di Kota Semarang. Nilai ketinggian yang diperoleh dari titik yang diamati serta nilai ketinggian titik yang telah diperoleh pada penelitian tiga tahun sebelumnya (2013 - 2017) adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai Ketinggian Titik Tahun 2013-2017

Titik	Tinggi (m)			
	2013	2015	2016	2017
N259	31,1291	31,1046	31,0727	30,9802
SMK3	29,8661	29,8213	29,7969	29,7812
SP05	30,3983	30,3529	30,3396	30,2499
CTRM	28,1219	27,8432	27,8369	27,7047
K371	28,8561	28,8395	28,7503	28,6137
KOP8	28,0421	27,8721	27,5223	27,1865

Nilai ketinggian titik yang diperoleh selanjutnya akan diproses agar dapat diketahui berapa nilai laju perubahan penurunan muka tanah yang terjadi pada kurun waktu lima tahun terakhir (2013-2017) dengan cara dilakukan perhitungan menggunakan rumus fungsi linear berikut (dalam Prasetya, 2017) :

$$y = ax + b \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan

- x : waktu (tahun +sesi/365)
- y : data pada waktu ke-t
- a dan b : Nilai yang ditentukan berdasarkan kumpulan data pengamatan

Dari rumus 3 fungsi linear, maka nilai laju penurunan muka tanah pertitik pun dapat ditemukan. Berikut hasil yang diperoleh :

Tabel 6. Hasil Laju Penurunan Muka Tanah Dalam Kurun Waktu 2013-2017

Titik	Tinggi (m)				DOY		Laju PMT (m/4tahun)
	2013	2015	2016	2017	2013	2017	
N259	31,1291	31,1046	31,0727	30,9802	178	145	-0,0344
SMK3	29,8661	29,8213	29,7969	29,7812	181	145	-0,0218
SP05	30,3983	30,3529	30,3396	30,2499	178	145	-0,0338
CTRM	28,1219	27,8432	27,8369	27,7047	181	148	-0,1003
K371	28,8561	28,8395	28,7503	28,6137	181	148	-0,0580
KOP8	28,0421	27,8721	27,5223	27,1865	180	155	-0,2133

Dari hasil laju penurunan yang diperoleh selanjutnya dilakukan pembuatan peta interpolasi IDW yang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. Hasil Interpolasi IDW raster laju penurunan

Dapat diketahui bahwa beberapa lokasi mengalami laju penurunan muka tanah yang sangat terlihat ditandai dengan perbedaan warna coklat gelap yang signifikan. Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa semakin gelap warna yang terlihat maka semakin tinggi laju penurunan tanahnya begitu pula sebaliknya. Pada tahun 2017 diketahui warna yg terdapat pada hasil interpolasi IDW lebih gelap daripada warna dua tahun sebelumnya dimana hal itu berarti pada tahun 2017 telah terjadi penurunan tanah yang signifikan pada setiap lokasi pengamatan.

**IV.5 Analisis Penurunan Dengan Uji Statistik (Uji-t)**

Nilai penurunan muka tanah yang diperoleh kemudian dipastikan apakah benar adanya di lokasi-lokasi sebaran titik pengamatan tersebut telah terjadi penurunan muka tanah. Untuk itu, dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan uji statistik (Uji-t). Uji-t dilakukan dengan membandingkan variabel titik penurunan atau

pergeseran yang telah diperoleh (2017) dengan tahun sebelumnya. Dari Uji-t yang dilakukan, maka diperoleh hasil berikut :

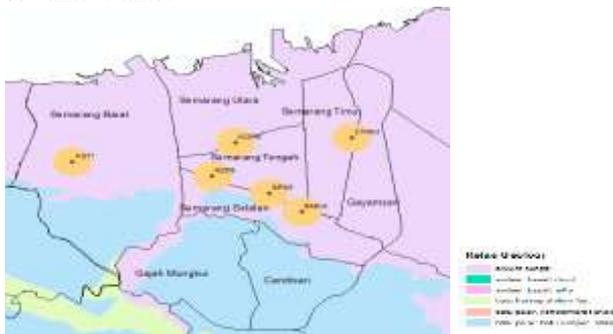
Tabel 7. Hasil Uji-t Data Pengamatan

Titik	Tinggi H (m)		Nilai Pergeseran	Std Pij	t	t-tabel	Terdapat Penurunan ?
	2016	2017					
N259	31,0727	30,9802	-0,0910	0,00480	18,95833	1,960	Ya
SMK3	29,7969	29,7812	-0,0154	0,00498	3,092369		Ya
SP05	30,3396	30,2499	-0,0882	0,00496	17,782258		Ya
CTRM	27,8369	27,7047	-0,1301	0,00483	26,935817		Ya
K371	28,7503	28,6137	-0,1337	0,00500	26,740000		Ya
KOP8	27,5223	27,1865	0,3243	0,00498	65,120481		Ya

**IV.6 Hubungan Laju Penurunan Dengan Jenis Tanah**

Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa Kota Semarang dominan memiliki struktur tanah dengan jenis tanah aluvium sungai dan penurunan tanah tertinggi berada pada titik KOP8 yang terletak di Semarang Utara dengan nilai laju penurunan tanah sebesar 21,33 cm/4tahun. Selain itu, dari keseluruhan titik yang telah dilakukan analisis *buffer* baik yang mengalami penurunan muka tanah tertinggi maupun terendah semuanya memiliki cakupan jenis tanah aluvial yang lebih dominan. Maka dapat dipastikan bahwa hal ini yang mengakibatkan terjadinya penurunan muka tanah (*land subsidence*).

Seperti yang diketahui, jenis tanah alluvial merupakan jenis tanah yang berasal dari materi yang halus akibat dari endapan air sungai. Endapan ini belum terlitifikasi sehingga masih dalam proses konsolidasi dan kompaksi. Sehingga, ketahanan tanah dalam menopang beban di atasnya bisa saja menurun sewaktu-waktu.



Gambar 5. Jenis Tanah dan Analisis *Buffer* Kota Semarang

Pengukuran yang telah dilakukan pada 6 titik yang tersebar menunjukkan bahwa jenis tanah yang terdapat di Kota Semarang adalah sebagai berikut :

Tabel 8 Jenis Tanah dan Laju PMT Titik

Titik	Laju PMT (cm/4tahun)	Jenis Tanah
N259	3,44	Aluvium, Shale
SMK3	2,18	Aluvium
SP05	3,38	Aluvium, Shale
CTRM	10,03	Aluvium
K371	5,80	Aluvium, Shale
KOP8	21,33	Aluvium

**IV.7 Hubungan Laju Penurunan Dengan Tata Guna Lahan**

Dengan menggunakan citra satelit resolusi tinggi dan analisis *buffer*, tata guna lahan didigitasi sesuai dengan kegunaannya. Digitasi difokuskan pada pemukiman atau bangunan. Seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Digitasi dan Penentuan Cakupan Wilayah Pemukiman

Hasil digitasi dengan area *buffer* 500m pada setiap titik memunculkan luas area yang sama sebesar 785191,1732 m<sup>2</sup>. Kemudian menentukan nilai *coverage* atau cakupan tutupan lahan dengan rumus :

$$Coverage\% = \frac{Luas\ Pemukiman\ atau\ Bangunan}{Luas\ Area\ Buffer} \times 100\% \quad (4)$$

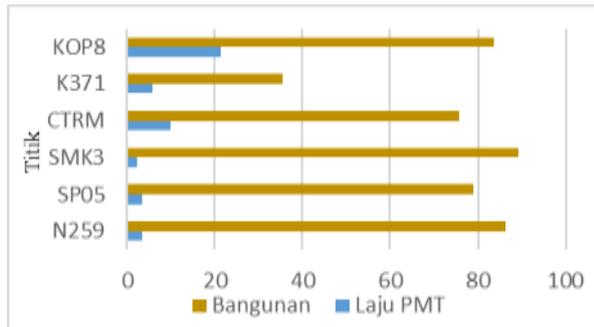
Sehingga diperoleh hasil cakupan bangunan seperti berikut :

Tabel 9. Nilai Cakupan Wilayah Hasil Digitasi

Titik	Luas Area <i>buffer</i> (m <sup>2</sup> )	Luas Pemukiman/ Bangunan (m <sup>2</sup> )	Coverage	Laju PMT (cm/4tahun)
N259	785191,1732	678225,4596	86,38	3,44
SP05	785191,1732	620818,4436	79,06	3,38
SMK3	785191,1732	701412,8843	89,33	2,18
CTRM	785191,1732	595501,9959	75,84	10,03
K371	785191,1732	278403,7163	35,46	5,80
KOP8	785191,1732	657012,2161	83,67	21,33

Hasil interpretasi citra menunjukkan bahwa tidak semua wilayah didominasi oleh kawasan pemukiman seperti pada titik K371 yang terletak pada wilayah Kecamatan Semarang Barat menunjukkan area cakupan lahan yang didominasi oleh tutupan lahan vegetasi, sawah, dan lahan kosong. Tetapi dari hasil yang diperoleh, kawasan ini cukup menimbulkan penurunan muka tanah yang terbilang tinggi yaitu sebesar 5,80 cm/4tahun. Jika ditinjau dari pengamatan lapangan, kawasan ini merupakan kawasan bandara internasional dimana setiap hari merupakan kawasan lalu lalang transportasi udara. Dalam hal ini perlu diperhatikan faktor lain penyebab turunnya muka tanah seperti jenis tanah dan penggunaan air tanah.

Hubungan antara pemukiman dengan laju penurunan muka tanah dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 7 Hubungan Laju PMT dengan Bangunan

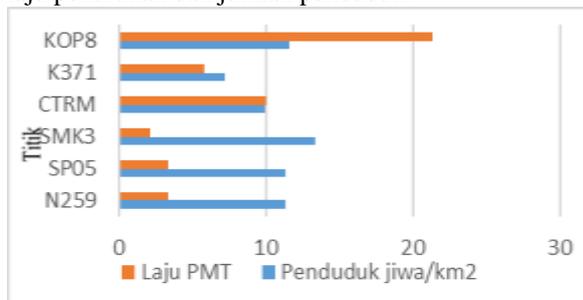
**IV.8 Hubungan Laju Penurunan Dengan Kepadatan Penduduk**

Berikut ditampilkan data kepadatan penduduk dan laju penurunan muka tanah yang diperoleh

Tabel 10. Data Penduduk dan Laju PMT

Titik	N259	SP05	SMK3	CTRM	K371	KOP8
Jumlah Penduduk jiwa/ km <sup>2</sup>	11.353	11.353	11.354	9.994	7.247	11.589
Laju PMT	3,44	3,38	2,18	10,03	5,80	21,33

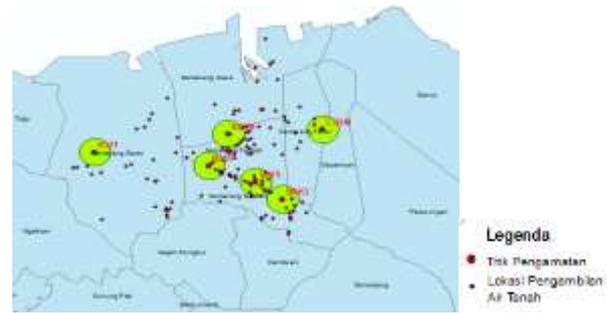
Dari tabel diketahui bahwa banyaknya jumlah penduduk ternyata tidak terlalu mempengaruhi nilai laju penurunan muka tanah. Contohnya yaitu pada titik SMK3, memiliki jumlah penduduk terbanyak ternyata mengalami laju penurunan yang paling kecil yaitu sebesar 2,18 cm/4tahun. Berikut ditampilkan grafik laju penurunan dan jumlah penduduk.



Gambar 8. Grafik Laju Penurunan dan Jumlah Penduduk

**IV.9 Hubungan Laju Penurunan Dengan Penggunaan Air Tanah**

Penggunaan air tanah disinyalir sebagai penyebab adanya penurunan muka tanah. Sesuai data penggunaan air tanah Kota Semarang yang diperoleh dari Badan pendapatan Daerah kemudian di input kedalam software ArcGIS agar diketahui letak persebaran perusahaan yang menggunakan air tanah. Selanjutnya, analisis buffer tetap dilakukan dengan jarak jangkauan dari titik pengamatan sebesar 500m. Maka diperoleh hasil seperti berikut :



Gambar 9. Lokasi Sebaran Titik Pengambilan Air Tanah

Dari data penggunaan air tanah yang diperoleh, total penggunaan air tanah Kota Semarang terhitung dari bulan Januari 2013 hingga Oktober 2017 adalah sebagai berikut :

Tabel 11 Penggunaan Air Tanah dan Laju PMT

Titik	Lokasi	Penggunaan Air Tanah	Laju PMT
N259	Semarang Tengah	2.361.608	3,44
SP05	Semarang Tengah	2.361.608	3,38
SMK3	Semarang Selatan	1.729.121	2,18
CTRM	Semarang Timur	840.797	10,03
K371	Semarang Barat	2.186.490	5,80
KOP*	Semarang Utara	1.996.541	21,33

Dari tabel dapat diketahui bahwa Kawasan Kota Semarang yang paling banyak dalam menggunakan air tanah yaitu berada pada Kecamatan Semarang Tengah. Sebanyak 2.361.608 m<sup>3</sup> air tanah telah digunakan dalam kurun waktu 4 tahun (2013-2017). Sedangkan penggunaan air tanah yang paling kecil berada pada wilayah kecamatan Semarang Timur yaitu sebanyak 840.797 m<sup>3</sup> air tanah telah digunakan.

**IV.10 Hasil Analisis**

Dari masing-masing data sekunder yang telah dikaitkan dengan laju penurunan muka tanah Kota Semarang, maka diperoleh hasil berikut :



Gambar 10. Analisis Laju PMT dengan Data Sekunder

Dapat dilihat pada gambar grafik analisis laju PMT, menunjukkan bahwa pada masing-masing titiknya menunjukkan laju penurunan yang berbeda. Dari grafik dapat diketahui bahwa, meskipun jumlah

penduduk banyak dan area cakupan bangunan luas hal tersebut tidak langsung mempengaruhi laju penurunan tanah yang diperoleh akan tinggi. Contohnya pada titik SMK3, dengan cakupan area bangunan mencapai 83,99% dan jumlah penduduk sebanyak 13.354 jiwa/ $km^2$  hanya mengalami laju penurunan sebesar 2,18 cm/4tahun.

#### IV. Kesimpulan Dan Saran

##### V.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan beberapa hal yang dapat disimpulkan terkait dengan penurunan muka tanah yang terjadi di Kota Semarang adalah sebagai berikut :

1. Pengamatan titik yang telah dilakukan pada 6 titik tersebar di kota Semarang telah memperoleh koordinat tinggi pada masing-masing titik terukur N259, SP05, SMK3, CTRM, K371, KOP8.
2. Berdasarkan penelitian ini, telah diketahui bahwa pada tahun 2017 Kota Semarang mengalami laju penurunan muka tanah. Perhitungan laju penurunan muka tanah yang telah dilakukan, kemudian diperoleh laju penurunan muka tanah pada tahun 2013-2017 sebesar 2,18-21,33 cm/4tahun. Nilai laju penurunan terendah berada pada Kecamatan Semarang Selatan yaitu titik SMK3 sebesar 2,18 cm/4tahun. Sementara itu, nilai laju penurunan muka tanah tertinggi berada pada Kecamatan Semarang Utara yaitu titik KOP8 sebesar 21,33 cm/4tahun. Dengan nilai masing-masing penurunan di setiap titiknya yaitu sebesar 3,44 cm/4tahun berada pada titik N259, 3,38 cm/4tahun pada titik SP05, 10,03 cm/4tahun pada titik CTRM dan 5,80 cm/4tahun pada titik K371.
3. Kaitan hasil laju penurunan dengan data sekunder menunjukkan hasil bahwa, laju penurunan muka tanah akan tetap menurun tiap tahunnya sesuai dengan faktor penyebab yang paling dominan pada setiap lokasi terkait. Tetapi dampak yang paling mendominasi nyatanya tidak selalu menjadi penyebab utama laju penurunan muka tanah.

##### V.2 Saran

Dalam melakukan penelitian ini, terdapat kesulitan dan hambatan. Berikut ditampilkan beberapa saran yang dapat menjadi acuan dalam melakukan penelitian dengan tema yang sama.

1. Penelitian selanjutnya diharapkan memperbanyak jumlah titik pengamatan agar diperoleh peta penurunan muka tanah yang lebih detail.
2. Diharapkan dalam penelitian mengenai penurunan muka tanah selanjutnya agar menggunakan metode pengamatan yang berbeda seperti Dinsar, Insar, Gravimetri, dan lain sebagainya. Hal tersebut dilakukan agar dapat diperoleh nilai ketelitian yang lain terhadap penurunan muka tanah sehingga dapat diketahui metode yang mana lebih teliti.
3. Pengamatan laju penurunan muka tanah harus tetap dilakukan secara kontinu agar dapat diketahui nilai penurunan yang terjadi serta dapat dilakukannya

upaya mitigasi, pengendalian dan pencegahan terhadap faktor-faktor yang menyebabkan terjadi penurunan muka tanah.

4. Mencari dampak lain penyebab turunnya laju penurunan muka tanah dan menghubungkan dengan nilai laju penurunan yang didapat.\

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z., 2001. *Geodesi Satelit*. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha
- Abidin, H.Z.2006. *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. PT Pradnya Paramita: Jakarta
- Akbar, Tengku.2015. *Analisis Dampak Penurunan Muka Tanah Terhadap Tingkat Ekonomi Menggunakan Kombinasi Metode DINSAR dan SIG (Studi Kasus: Kota Semarang)*. Skripsi Teknik Geodesi UNDIP: Semarang
- Ardiansyah,Fauzi.2012. *Analisis Akurasi Hasil Pengolahan Baseline GPS dengan Perangkat Lunak Komersial Untuk Studi Land Subsidence*. Skripsi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro: Semarang
- Estey, Lou and Stuart wier.2014. *Basics of Teqc Use and Teqc Products*. UNAVCO : Boulder, Colorado U.S.A.
- Herring, T.A et al.2015. *GLOBK Reference Manual*. Australian National University
- Hoffman-Wallenhof, B., H Lichtenegger, and J. Collins (1997). *Global Positioning System, Theory and Practice*. Springer-Verlag.fourth.revised edition. Wien.ISBN
- Islam,L.J., Prasetyo, Yudo & Sudarsono, Bambang.2017. *Analisis Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Kota Semarang Menggunakan Citra Sentinel-1 Berdasarkan Metode Dinsar Pada Perangkat Lunak SNAP*. Jurnal Teknik Geodesi Universitas Diponegoro: Semarang.
- Khoirunisa, Risty.2015. *Analisis Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2015 Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10,5*. Skripsi Teknik Geodesi UNDIP: Semarang.
- Kurniawan, Aldika et al. 2013. *Analisis Penurunan Muka Tanah Daerah Semarang Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10,04 Kurun Waktu 2008-2013*. Teknik Geodesi Universitas Diponegoro: Semarang
- Panuntun, H. 2012. *Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global*. Thesis. Program Studi S-2 Teknik Geomatika Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Prasetya, A.B.2017. *Pemantauan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2016 Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10,6*. Skripsi Teknik Geodesi UNDIP: Semarang.
- Pribadi, Wisnu.2014.*Analisis Penurunan Tanah (LandSubsidence) Pada Daerah Semburan Lumpur Sidoarjo Dengan Data Satelit Global*

- Positioning System (gps)*. Thesis Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan: Surabaya
- Saputro, E A et al. 2014. *Deteksi Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Dengan Teknik Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DINSAR) Menggunakan Software ROI\_Pac Berbasis Open Source*. Universitas Diponegoro: Semarang
- SNI 19-6724-2002.2002. *Jaring Kontrol Horizontal*. ICS 13.180.30 : Badan Standarisasi Nasional
- Whitaker, B.N. dan Reddish. (1989). *Subsidence Occurrence, Prediction, and Control*. Elsevier Science Publishing Company INC, Belanda
- Yuwono, B.D., Abidin, H.Z., Andreas, H., Gumilar, I., Awaluddin, M., Najib. 2016. *Development of Static Differential Method GNSS Cors UDIP For Monitoring Land Subsidence in Semarang Demak*. In International Conference on energy, Environment and Information (ICENIS 2016). Volume 23, issue 3, march 217, pages 2207-2210
- Yuwono, B. D., Abidin, H. Z., Gumilar, I., Andreas, H., Awaluddin, M., Haqqi, K.F., & Khoirunisa, R .2016. *Preliminary survey and performance of land subsidence in North Semarang Demak*. AIP Conference Proceedings, Volume 1730, 6 May 2016, Article number 0600045th International Symposium on Earthhazard and Disaster Mitigation 2015, ISEDM 2015; East Hall Institute of Technology Bandung (ITB) Bandung; Indonesia; 19 October 2015 through 20 October 2015; Code 121745
- Yuwono, B.D., Abidin, H.Z., Hilmi, M. 2013. *Analisa Geospasial Penyebab Penurunan Muka Tanah di Kota Semarang*. Universitas Wahid Hasyim : Semarang

#### **Pustaka Dari Internet**

- International GNSS Service.2017.  
<http://www.igs.org/network> diakses pada tanggal 7 Juli 2017
- Panuntun,Hidayat.2014.  
<http://hidayatpanuntun.staff.ugm.ac.id/tutorial-gamit-part-2/> diakses pada tanggal 7 Juli 2017