

Evaluasi Penurunan Tanah Wilayah Kota Surabaya Berdasarkan Data Pengamatan GPS Juli 2011, Oktober 2016, Desember 2016, dan Februari 2017

Rega Hangasta Gienputra dan Akbar Kurniawan

Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: akbar.geodesy@gmail.com

Abstrak—Sebagai kota Metropolitan ke dua terbesar Indonesia, Surabaya mengalami perkembangan yang pesat di banyak sektor. Hal ini yang membuat semakin bertambahnya jumlah penduduk Surabaya di setiap tahunnya. Karena letaknya yang terdapat dikawasan padat penduduk salah satu faktor yang harus diawasi adalah penurunan tanah /land subsidence. Penurunan tanah terjadi secara perlahan sehingga analisis perlu dilakukan secara berkala (fungsi waktu). Pemantauan land subsidence dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya menggunakan Global Navigation Satellite System (GNSS) khususnya Global Positioning System (GPS, satelit milik Amerika Serikat). Selain penggunaan GPS Geodetik dan Stasiun International GNSS Service (IGS) sebagai titik ikat, penelitian ini digunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. Berdasarkan Analisis dari hasil pengolahan data GPS yang diamati dari Juli 2011, Oktober 2016, Desember 2016, dan Februari 2017, didapatkan nilai penurunan terendah adalah -0,001 m pada titik Sbrt dan kenaikan tertinggi adalah 0,074 m pada titik Pusat. Namun, apabila dilihat secara keseluruhan, titik pada penelitian 2017 ini cenderung untuk mengalami penurunan tanah. Hasil uji t-test menunjukkan bahwa terdapat empat titik yang mengalami penurunan tanah secara signifikan dan terdapat tiga titik yang mengalami penurunan tanah bersifat tidak signifikan.

Kata Kunci—GPS, Kota Surabaya, Penurunan Tanah.

I. PENDAHULUAN

SURABAYA merupakan ibukota Propinsi Jawa Timur yang mengalami perkembangan pembangunan dengan pesat. Hal ini dapat dilihat dari sektor perdagangan, perindustrian, perekonomian, pemukiman, dan pariwisata di Surabaya yang membuat masyarakat luar Surabaya berbondong-bondong pindah dan juga bekerja di Surabaya. Karena pertumbuhan kota Surabaya yang begitu pesat, penurunan tanah menjadi salah satu faktor yang harus diawasi dimana adanya perubahan bertahap atau tiba-tiba amblesnya permukaan bumi diakibatkan pergerakan material bumi [1]. Pemantauan *land subsidence* dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya menggunakan GNSS khususnya GPS. Untuk mengetahui posisi di permukaan bumi, perlu menggunakan *receiver* GPS. *Receiver* GPS menawarkan penandaan lokasi dengan ketelitian yang cukup baik (m-cm). Namun, *land subsidence* berubah dengan perlahan sehingga

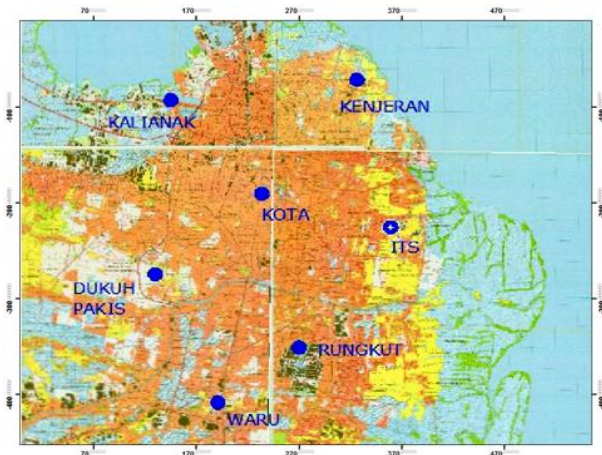
tidak memungkinkan untuk menggunakan *receiver* GPS *handheld*, dikarenakan ketelitian alat yang berkisar hanya sampai satuan meter (m) saja. Penggunaan *receiver* GPS Geodetik yang diikatkan ke *Continuously Operating Receiver Stations* (CORS) dapat meningkatkan ketelitian hingga millimeter (mm), sehingga memungkinkan untuk mendeteksi adanya *land subsidence* [2].

Pemantauan penurunan tanah ini menggunakan GNSS terutama GPS Geodetik yang diikatkan pada Stasiun IGS. Selain penggunaan GPS Geodetik dan Stasiun IGS, penelitian ini menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK. GAMIT/GLOBK sendiri merupakan perangkat lunak pengolah data GPS buatan Massachusetts Institute of Technology (MIT) berbasis *scientific*. Penelitian ini dilaksanakan di wilayah kota Surabaya dalam kurun waktu Juli 2011, Oktober 2016, Desember 2016 dan Februari 2017.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di wilayah kota Surabaya Jawa Timur. Adapun geografis lokasi penelitian ini terletak di 7° 09' 00" LS dan 112° 36' 00" BT hingga 7° 21' 00" LS dan 112° 54' 00" BT. Pengamatan dilakukan sebanyak empat kala, yakni bulan Juli 2011, Oktober 2016, Desember 2016, dan Februari 2017. Adapun titik pengamatan penelitian telah ada sebelum penelitian ini direncanakan, ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian.

B. Data dan Peralatan

1. Data

Data yang digunakan adalah data pengamatan langsung di wilayah kota Surabaya menggunakan GPS geodetik. Titik GPS yang digunakan sebanyak tujuh titik pengamatan. Data yang GPS yang didapat dalam format RINEX secara keseluruhan berjumlah 64 data, dengan rincian 16 data (data pengamatan langsung dan data Stasiun IGS) dalam empat kala (Juli 2011, Oktober 2016, Desember 2016, dan Februari 2017).

2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dibagi menjadi dua, yakni perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras terdiri dari GPS geodetik TOPCON HiperPro, komputer, *notebook*, dan *printer*. Perangkat lunak terdiri dari sistem operasi Windows 10 dan Ubuntu 15.04, perangkat lunak TOPCON TOOL, perangkat lunak pembuat dokumen, perangkat lunak pengolah data, dan perangkat lunak GAMIT/GLOBK.

C. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir penelitian seperti pada Gambar 2.

1. Pengambilan data menggunakan GPS geodetik

Pengambilan data merupakan tahap awal dalam penelitian ini. Pengambilan data dilakukan di kota Surabaya pada bulan Juli 2011, Oktober 2016, Desember 2016, dan Februari 2017. Pengukuran dilakukan selama kurang lebih 12 jam, menggunakan metode jaring dengan Stasiun IGS (Bako, Cnmr, Coco, Darw, Guam, Karr, Nnor, Pimo, Xmis) sebagai titik ikat. Data pengamatan diubah untuk menghasilkan data RINEX yang digunakan pada pengolahan data GAMIT/GLOBK.

2. Pengolahan menggunakan GAMIT/GLOBK

Tahap pertama pada pengolahan data RINEX adalah dengan melakukan proses GAMIT. GAMIT menggabungkan algoritma kuadrat terkecil gaya berat untuk mengestimasi posisi relatif dari sekumpulan stasiun, orbital dan parameter rotasi Bumi, jeda zenith, dan ambiguitas fase dengan mencocokkan ke pengamatan fase diferensiasi. Dibantu dengan data *Ephemeris* dan Navigasi

yang juga digunakan untuk menentukan posisi satelit.

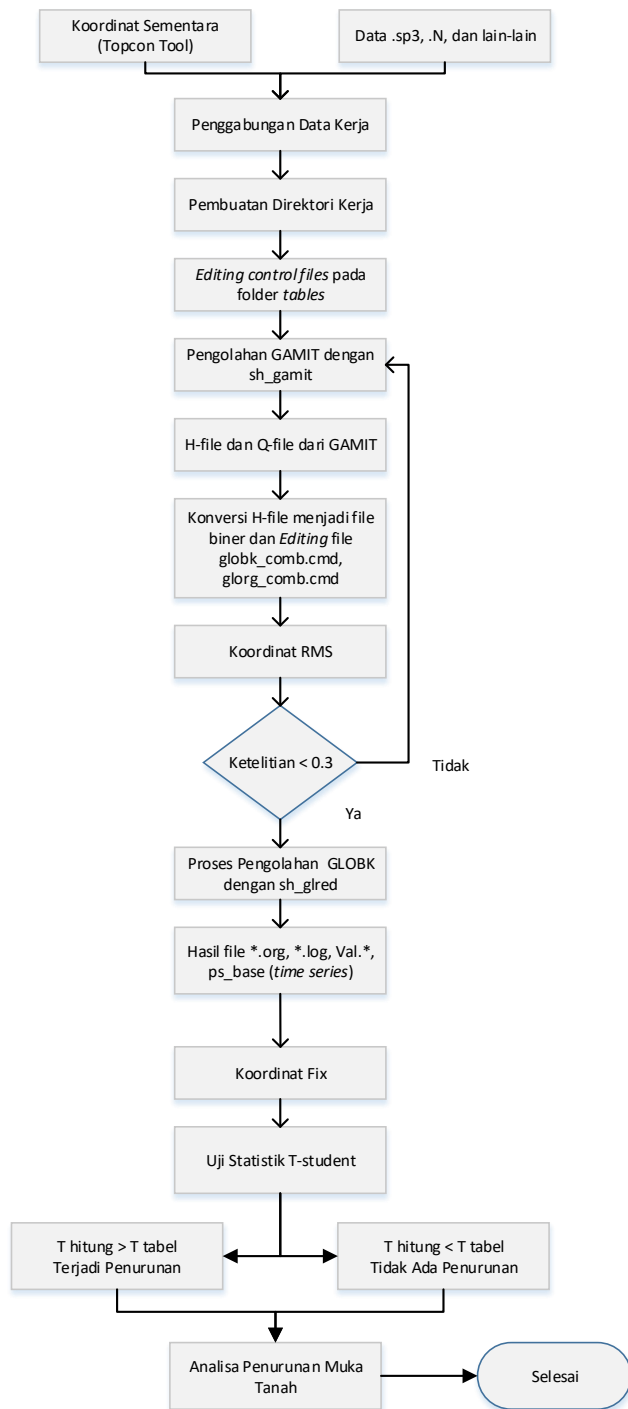
Tahap kedua adalah dengan menjalankan proses pengolahan GLOBK yang digunakan untuk menggabungkan solusi dari pengolahan data primer dari geodesi satelit atau pengukuran terestris. Pengolahan diterima sebagai data yang terkait dengan matriks kovarian untuk koordinat titik, parameter rotasi bumi, parameter orbit, dan posisi titik yang dihasilkan dari analisis observasi. [3].

3. Uji statistik berupa *t-test*

Setelah koordinat estimasi dan laju pergeseran secara time-series didapat, perlu dilakukannya uji hipotesis. Hipotesis dapat disebut sebagai hipotesis statistik, dimana hipotesis statistik adalah suatu anggapan atau pernyataan, yang mungkin benar atau tidak, mengenai satu populasi atau lebih [4]. Uji statistik dengan *t-test* dilakukan untuk mengetahui tingkat signifikansi pada hasil pengamatan. Hasil dari uji statistik dinyatakan dengan pernyataan signifikan atau tidak signifikan.

4. Analisis penurunan tanah

Dari hasil pengolahan perangkat lunak GAMIT/GLOBK dan uji statistik, dilakukan analisis penurunan tanah. Analisis penurunan tanah dilakukan dengan melihat hasil pengolahan berupa melihat koordinat vertikal estimasi, hasil uji statistik, dan laju penurunan tanah. Untuk menyimpulkan bagaimana penurunan tanah pada titik pengamatan di wilayah kota Surabaya, perlu diamatinya bagaimana hasil tersebut berada.



Gambar 2. Diagram Tahap Pengolahan Data.

III. HASIL DAN ANALISIS

A. Hasil Pengolahan Data GPS

Pengolahan data RINEX GPS dilakukan menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK, pengolahan dilakukan untuk mendapatkan koordinat estimasi khususnya koordinat vertikal beserta besar pergeseran vertikal dari titik pengamatan di wilayah kota Surabaya pada kurun waktu Juli 2011, Oktober 2016, Desember 2016, dan Februari 2017. Pengolahan dilakukan menggunakan perangkat lunak GAMIT,

didapatkanlah solusi berupa h-file sebanyak DOY yang diteliti. Setelah didapatkan solusi dari proses pengolahan GAMIT, tahapan pengolahan dilanjutkan menggunakan perangkat lunak GLOBK untuk mendapatkan koordinat estimasi titik pengamatan per kala. Tabel 1 berikut ini adalah koordinat hasil pengolahan GLOBK per kala.

Tabel 1.
Koordinat Vertikal Estimasi

NO	Titik	Koordinat Vertikal Estimasi			
		Kala 1 (m)	Kala 2 (m)	Kala 3 (m)	Kala 4 (m)
1	Rungkut		33,008	32,99	32,987
2	Sbrt	43,349	43,348	43,348	43,348
3	ITS	32,096	32,046	32,044	32,042
4	Waru	34,999	34,933	34,931	34,928
5	Pusat	33,586	33,518	33,515	33,512
6	Kenjeran	32,046	32,023	32,022	32,022
7	Kalianak	31,898	31,825	31,822	31,82

B. Penaikan/Penurunan Antar Kala Penelitian Juli 2011, Oktober 2016, Desember 2016, dan Februari 2017

Setelah didapatkan koordinat estimasi fix dari pengolahan GLOBK, dilakukan pengamatan pada semua kala khususnya vertikal. Pengamatan antar kala bertujuan untuk melihat apakah ada penaikan maupun penurunan antara satu kala dengan kala lainnya, dengan kata lain melihat adanya vektor pergeseran vertikal. Adapun hasil penaikan/penurunan tanah antar kala tertuang pada Tabel 2 yakni:

Tabel 2.
Penaikan/Penurunan Antar Kala

NO	Titik	Penaikan/Penurunan		
		Kala 1-2 (m)	Kala 2-3 (m)	Kala 3-4 (m)
1	Rungkut		-0,018	-0,003
2	Sbrt	-0,001	0	0
3	ITS	-0,05	-0,002	-0,002
4	Waru	0,066	-0,002	-0,003
5	Pusat	-0,068	-0,003	-0,003
6	Kenjeran	-0,023	-0,001	0
7	Kalianak	-0,073	-0,003	-0,002

Terdapat hasil penaikan dan penurunan tanah pada keseluruhan antar kala. Pada kala 1-2, penurunan terkecil adalah -0,001 m pada Sbrt dan penurunan terbesar adalah -0,073 m pada Kalianak. Pada kala 2-3, penurunan terkecil adalah -0,001 m pada Kenjeran dan terbesar adalah -0,018 m pada Rungkut, sedangkan terdapat satu titik pada Sbrt yang tidak mengalami penurunan. Pada kala 3-4, penurunan terkecil adalah -0,002 m pada titik ITS dan Kalianak dan terbesar adalah -0,003 m pada Rungkut, Waru dan Pusat, juga terdapat dua titik yang tidak mengalami pergeseran vertikal yaitu titik Sbrt dan Kenjeran.

Selain antar kala, pengamatan vektor pergeseran vertikal juga dilakukan pada seluruh kala (Juli 2011, Oktober 2016,

Desember 2016, dan Februari 2017). Adapun hasil penaikan/penurunan tanah seluruh kala dalam velo.org pada Tabel 3 yakni:

Tabel 3.
Penaikan/Penurunan Keseluruhan Kala

NO	Titik	Penurunan Keseluruhan (m)
1	Sbrt	-0,001
2	ITS	-0,054
3	Waru	-0,071
4	Pusat	-0,074
5	Kenjeran	-0,024
6	Kalianak	-0,078
7	Rungkut	-0,021

Dari data diatas, terdapat hasil penurunan tanah pada seluruh kala (Juli 2011, Oktober 2016, Desember 2016, dan Februari 2017). Penurunan tanah terkecil adalah -0,001 m pada Sbrt dan terbesar adalah -0,078 m pada Kalianak. Hasil tersebut mengindikasikan adanya kecenderungan terhadap penurunan tanah pada penelitian ini.

C. Uji Statistik

Setelah mengetahui variabel pergeseran vertikal titik pengamatan di wilayah kota Surabaya, maka perlu pengujian statistik untuk melihat hasil pergeseran vertikal, apakah titik tersebut benar-benar mengalami pergeseran atau hanya bergeser secara numeris. Uji statistik yang digunakan adalah uji-t student. Uji statistik dilakukan dengan menguji variabel pergeseran titik (P_{xy}) dari kala pengamatan x ke kala pengamatan y yang nilainya dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P_{xy} = \sqrt{(du_{xy})^2} \tag{1}$$

Untuk standar deviasi dari setiap titik pengamatan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Std P_{xy} = \sqrt{(sd du_{xy})^2} \tag{2}$$

Hipotesis nol yang dilakukan pada uji statistik ini adalah titik pengamatan tidak bergeser dalam selang waktu x dan y, sehingga:

Hipotesis nol $H_0 : P_{xy} = 0$

Hipotesis alternatif $H_1 : P_{xy} \neq 0$

Kemudian dilakukan pengujian pergeseran vertikal titik pengamatan seperti berikut:

$$T = P_{xy}/Std P_{xy} \tag{3}$$

Pergeseran dinyatakan signifikan jika [5]

$$T > t_{df}, \alpha/2$$

df (degree of freedom) adalah 3, karena df merupakan jumlah n dikurangi dengan satu. Dengan selang kepercayaan 90% dan melihat pada tabel t-distribution, nilai dari uji hipotesis signifikan adalah sebesar 2,35 [6]. Tabel 4 berikut merupakan hasil uji statistik pada titik-titik pengamatan.

Tabel 4.
Uji Statistik

Titik	P _{xy}	std P _{xy}	T	T>t _{df}
Kenjeran	0,024	0,010256	2,34007	Tidak

Kalianak	0,078	0,032812	2,37711	Iya
Pusat	0,074	0,030817	2,40127	Iya
Sbrt	0,001	0,000433	2,3094	Tidak
Waru	0,071	0,029642	2,39519	Iya
ITS	0,054	0,022561	2,3935	Iya
Rungkut	0,021	0,008273	2,26448	Tidak

D. Analisis Penurunan Tanah

Uji statistik yang telah dilakukan, menghasilkan empat titik yang bergeser secara signifikan dan tiga titik yang tidak bergeser secara signifikan/bergeser numeris. Terdapat tiga titik yang tidak bergeser secara signifikan, dikarenakan nilai uji tidak memenuhi nilai pada tabel t-distribution. Tabel 5 berikut adalah titik yang tidak bergeser secara signifikan.

Tabel 5.
Hasil Uji Statistik Tidak Signifikan

Titik	Pu	std Pu	T	T>tdf
Kenjeran	0,024	0,010256	2,34007	Tidak
Sbrt	0,001	0,000433	2,3094	Tidak
Rungkut	0,021	0,008273	2,26448	Tidak

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun hal-hal yang dapat disimpulkan dari penelitian ini adalah:

1. Hasil pengamatan di lapangan pada bulan Juli 2011, Oktober dan Desember 2016 juga Februari 2017 terlihat adanya penurunan. Secara keseluruhan kota Surabaya mengalami penurunan dilihat pada titik Sbrt yang mengalami perubahan vertikal -0,001 m, ITS sebesar -0.054 m, Waru sebesar -0.071, Pusat sebesar -0.074 m, Kenjeran sebesar -0.024 m dan kalianak sebesar -0.078 m. Selain itu titik Rungkut berdasarkan pengamatan Oktober 2016, Desember 2016 dan Februari 2016 mengalami penurunan sebesar -0.021.
2. Terdapat empat titik dimana pergeseran vertikalnya bersifat signifikan dan tiga titik dimana pergeseran vertikalnya bersifat tidak signifikan.

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu adanya penambahan kala secara konsisten mengingat berbanding terbaliknya hasil percepatan pertahun dan trendline yang terjadi pada titik Sbrt dikarenakan kurangnya data. Semakin banyak data semakin baik
2. Perlu adanya pengikatan ke titik ikat yang lebih dekat seperti CORS BIG (ajukan data minimal 3 bulan sebelum penelitan)
3. Selain pengamatan GPS perlu adanya metode yang dapat di integrasikan dengan penelitian ini untuk mendapatkan ketelitian yang lebih akurat. Beberapa metode penunjang tersebut adalah pengukuran dengan waterpass dan radargrametri.

4. Pengamatan sebaiknya dilakukan lebih dari 12 jam guna menghasilkan data residual yang tidak sebanyak dibawahnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fulton, *Land subsidence: What Is It and Why Is It an Important Aspect of Groundwater Management*. California Department of Water Resources, 2008.
- [2] A. Kurniawan, "Evaluasi Penurunan Muka Tanah Di Wilayah Kota Surabaya dari Data Pengamatan Global Positioning System dengan GAMIT/GLOBK.," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2011.
- [3] S. C. King, R. W., Herring, T. A., McClusky, "GAMIT Reference Manual, Release," Massachusetts Institute of Technology, 2010.
- [4] R. E. Myers, R. H. & Walpole, *Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 1995.
- [5] P. R. dan D. G. Wolf, *Adjustment Computations Spatial Data Analysis*. New Jersey: John Wiley, 2006.
- [6] G. Mikhail, E. M. & Gracie, *Analysis & Adjustment of Survey Measurement*. New York: Van Nonstrand Reinhold Company, 1981.