

## MODEL ESTIMASI *UPLIFT* DAN *SUBSIDENCE* DARI HASIL UKURAN GPS MENGGUNAKAN METODE POLINOMIAL DI AREA LUMPUR SIDOARJO

**Imam Bukhori, Eko Yuli Handoko**

Program Studi Teknik Geomatika FTSP-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

Email : gm0737@geodesy.its.ac.id

### Abstrak

Pada penelitian terdahulu oleh Abidin,dkk (2010) dijelaskan bahwa letusan gunung lumpur Sidoarjo telah memicu pergerakan tanah baik vertikal maupun horisontal, sehingga diadakan penelitian dengan menggunakan GPS untuk meneliti pergerakan tanah tersebut. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi *subsidence* sebesar 0,4 cm/hari hingga 4 cm/hari.

Pada penelitian ini, dilakukan dengan menggunakan metode polinomial untuk menggambarkan bentuk *uplift* dan *subsidence*. Data yang digunakan adalah data pengamatan. Dalam penelitian ini dilakukan analisa data setiap kala dengan menggunakan analisa regresi linier dan polinomial orde dua dan tiga.

Dari hasil analisa tersebut didapatkan nilai penurunan tanah terbesar adalah sebesar -0,018 m yang berada di titik BT03 dan nilai kenaikan tanah terbesar adalah sebesar 0,012 m di titik 1304. Sedangkan nilai rata-rata penurunan tanah sebesar -0,012 m dan kenaikan tanah sebesar 0,006 m. Dengan menggunakan analisa korelasi dan determinasi, didapatkan rata-rata terbesar nilai korelasi dan determinasi terbesar pada regresi polinomial ordo 3 yaitu dengan nilai korelasi rata-rata sebesar 0,893 dan nilai determinasi sebesar 0,810. Dari hasil tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa polinomial ordo 3 merupakan bentuk regresi yang paling sesuai untuk menggambarkan model estimasi *uplift* maupun *subsidence*.

Kata Kunci : Lumpur Panas Sidoarjo, GPS, *Subsidence*, *Uplift*.

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Bencana Lumpur Lapindo yang terjadi di Kecamatan Porong sejak tahun 2006 lalu mengakibatkan banyak timbulnya dampak negatif bagi lingkungan sekitar terutama masyarakat sekitar kecamatan tersebut. Pada awalnya, semburan lumpur terjadi pada tanggal 27 Mei 2006 di dekat sumur bor Banjar Panji milik PT Lapindo Brantas Inc., Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. Namun pada tanggal 1 Juni 2006, muncul sumber baru di rumah penduduk Balong Nongo. Beberapa sumber telah berhenti, tetapi ada satu yang masih menyemburkan lumpur hingga sekarang yaitu di dekat sumur bor.

Sampai saat ini semburan Lumpur Lapindo tersebut belum dapat dihentikan, sehingga daerah yang tergenang lumpur semakin meluas dan dampak yang ditimbulkannya pun semakin besar. Volume keluarnya lumpur mencapai 150.000 m<sup>3</sup> per hari. Akibatnya, berbagai permasalahan muncul, diantaranya tenggelamnya

pemukiman masyarakat, persawahan, jalan raya, areal industri, jaringan listrik, jaringan telekomunikasi, sehingga masyarakat harus mengungsi ke daerah yang tidak tergenang lumpur.

Salah satu dampak yang ditimbulkan oleh luapan lumpur Sidoarjo adalah terjadinya *land subsidence* (penurunan tanah). *Land subsidence* didefinisikan sebagai penurunan muka tanah sebagai fungsi dari waktu, atau dapat juga disebut deformasi vertikal, yang artinya perubahan kedudukan vertikal dari permukaan tanah terhadap bidang referensi yang dianggap tetap (Hamdani 2004, lihat juga pada Cahyono 2010). Adapun penyebab *land subsidence* adalah pengambilan air tanah yang berlebihan (*groundwater over exploitation*), keluarnya gas dan lumpur secara *massive* dari dalam tanah ke permukaan, penurunan karena beban bangunan, penurunan karena adanya konsolidasi alamiah dari lapisan-lapisan tanah, serta penurunan karena gaya-gaya tektonik (Cahyono, 2010).

Kebanyakan penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) terjadi secara perlahan, sehingga dalam analisisnya perlu dilakukan secara berkala (fungsi waktu). Pemantauan *Land subsidence* dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya adalah dengan *Global Positioning System* (GPS). Dengan dilakukannya pemantauan *land subsidence* tersebut diharapkan dapat mengetahui seberapa besar penurunan tanah yang ada disekitar semburan lumpur.

### Perumusan Masalah

Perumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengetahui kenaikan maupun penurunan tanah (*land uplift dan land subsidence*) dengan memanfaatkan teknologi GPS.
2. Bagaimana membuat model estimasi dengan menggunakan metode polinomial.

### Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data diambil dengan menggunakan GPS di sekitar area lumpur Lapindo dengan jumlah lokasi ada 18 titik yang dilakukan selama 5 kala yaitu mulai bulan Mei sampai bulan September 2011.
2. Pengolahan data dengan menggunakan software TOPCON TOOLS.
3. Dari penelitian tersebut yang diambil adalah data elevasi setiap lokasi untuk mengetahui seberapa besar kenaikan maupun penurunan tanah.
4. Metode yang digunakan dalam pengolahan datanya ini adalah metode polinomial.

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menentukan besarnya penurunan tanah dan kenaikan tanah (*land uplift dan land subsidence*) dari data GPS di daerah terdampak Lumpur Lapindo Kabupaten Sidoarjo.
2. Melakukan pengolahan maupun analisis terhadap hasil pengukuran dengan menggunakan metode polinomial.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi yang menjadi obyek dari penelitian ini adalah area sekitar semburan lumpur panas Lapindo yang terletak di Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo dengan radius sekitar 5 km dari pusat semburan yang meliputi Kecamatan Porong, Kecamatan Jabon, dan Kecamatan Tanggulangin di Kabupaten Sidoarjo serta Kecamatan Gempol di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur.

### Data Dan Peralatan

#### - Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengamatan dengan menggunakan GPS pada 18 lokasi Benchmark yang tersebar di wilayah Kecamatan Porong, Kecamatan Jabon, dan Kecamatan Tanggulangin di Kabupaten Sidoarjo serta Kecamatan Gempol di Kabupaten Pasuruan. Pengamatan ini dilakukan selama 5 kala yang diambil setiap 1 bulan sekali mulai dari bulan Mei – September 2011 dengan lama pengamatan setiap titiknya adalah 6 jam. Waktu pengamatan setiap kala antara lain:

1. Kala 1 dilakukan pada tanggal 28 – 30 Mei 2011,
2. Kala 2 dilakukan pada tanggal 3 – 8 Juli 2011,
3. Kala 3 dilakukan pada tanggal 2 – 6 Agustus 2011,
4. Kala 4 dilakukan pada tanggal 22 – 24 Agustus 2011,
5. Kala 5 dilakukan pada tanggal September 2011.

➤ Data pengamatan GPS global. Stasiun yang digunakan adalah yang terletak di Teknik Geomatika ITS.

➤ Data precise epemeris tiap pengukuran yang didownload dari <http://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/product/>

#### - Peralatan

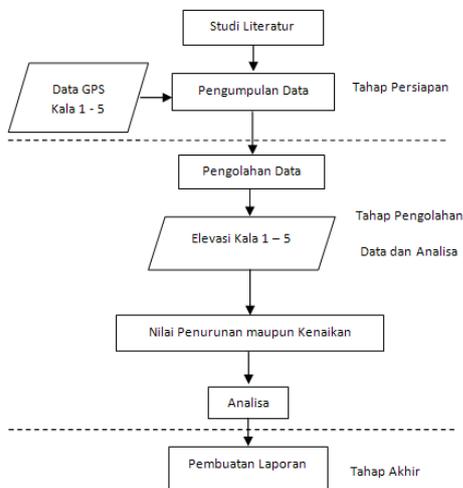
Alat yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu :

1. *Hardware*

- a. *Personal Computer (PC)*
  - b. *Receiver GPS Geodetic - Topcon Hiper Pro Dual Frequency* yang digunakan untuk pengambilan data di 18 titik pengamatan.
2. *Software*  
*Software* yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:
- a. Sistem Operasi *Windows XP*.
  - b. *Topcon Tools*, untuk pengolahan data GPS.

### Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini sebagai berikut:



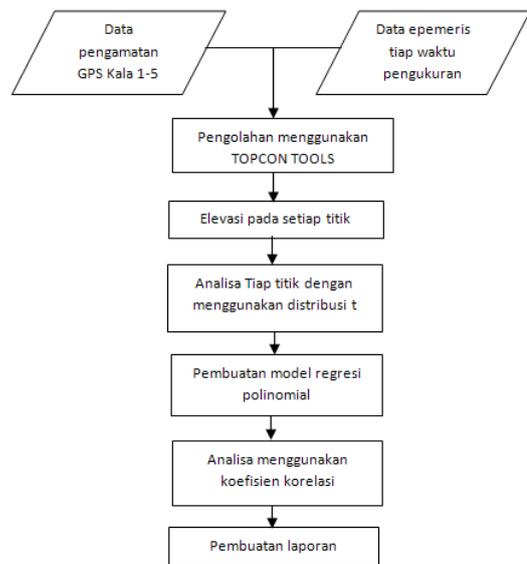
**Gambar 1. Diagram Tahap Penelitian**

Berikut adalah penjelasan diagram alir metode penelitian:

1. Tahap Persiapan  
 Pada tahap ini, kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah:
  - Studi Literatur  
 Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan Lumpur Lapindo, pemantauan deformasi vertikal, teknologi GPS, kemudian studi literatur tentang model perhitungan parameter geometrik yaitu untuk mengetahui besarnya perpindahan posisi titik pantau yang mendukung dalam penulisan pemanfaatan teknologi GPS untuk pemantauan *land subsidence* dan *land uplift*.
  - Pengumpulan Data  
 Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan *receiver GPS geodetic* yang dilakukan di sekitar semburan lumpur

- Lapindo dengan jumlah lokasi sebanyak 18 titik yang diukur selama 5 kala mulai bulan Mei sampai September 2011.
2. Tahap Pengolahan data  
 Pada tahapan ini dilakukan pengolahan dari data-data yang telah diambil dari lapangan dengan menggunakan software *TOPCON TOOLS* sehingga didapatkan elevasi dari setiap lokasi pada masing-masing kala.
3. Tahap Analisa  
 Data yang telah diolah kemudian dianalisa sedemikian rupa sehingga didapatkan suatu hasil dan kesimpulan yang nantinya digunakan untuk menyusun laporan penelitian.
4. Penyusunan Laporan  
 Penyusunan laporan merupakan tahap akhir dari penelitian- penelitian ini.

### Diagram Alir Pengolahan Data



**Gambar 2. Diagram Tahap Pengolahan Data**

Berikut adalah penjelasan diagram alir pengolahan data:

1. Mempersiapkan Data
  - a. Data yang telah diukur dari lapangan didownload dengan menggunakan software *PCCDU*
  - b. Data epemeris didapatkan dari website <http://igscb.jpl.nasa.gov/igscb/product/>.
2. Pengolahan data

Data yang telah didownload diolah dengan menggunakan software TOPCON TOOLS. Data-data yang dimasukkan antara lain data hasil ukuran GPS titik-titik di sekitar semburan lumpur Sidoarjo, titik base line yaitu titik itss yang berada di gedung Teknik Geomatika ITS, dan data precise ephemeris. Data-data tersebut diolah sehingga didapatkan koordinat masing-masing titik. Dari koordinat tersebut, yang digunakan adalah data elevasi setiap titik. Data ini digunakan untuk menentukan seberapa besar tingkat penurunan tanah di sekitar semburan lumpur sidoarjo.

3. Analisa elevasi tiap titik menggunakan analisa *t-student*  
 Dari hasil pengolahan, dilakukan uji *t-student* untuk menguji nilai kebenaran penurunan tanah. Dari hasil uji masing-masing beda tinggi dibandingkan dengan tabel distribusi t yang sesuai.
4. Pembuatan Model Regresi Polinomial  
 Elevasi setiap titik digambarkan dengan model regresi polinomial ordo satu, dua, dan tiga. Model ini digunakan untuk memprediksi apakah titik pengukuran mengalami penurunan atau kenaikan tanah. Setelah modelnya dibuat, dilakukan analisa menggunakan koefisien korelasi. Analisa ini digunakan untuk menilai apakah model regresi yang digunakan untuk memodelkan *uplift* dan *subsidence* baik atau tidak baik.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Nilai Uplift dan Subsidence**

Data yang diambil dari lapangan diolah dengan menggunakan software TOPCON TOOLS. Seluruh data yang telah diolah dapat dilihat dalam tabel berikut:

**Tabel 1. Hasil Pengolahan Data Ketinggian**

Titik	Tinggi (m)				
	Kala 1	Kala 2	Kala 3	Kala 4	Kala 5
1304	43.632	43.709	43.703	43.688	43.7
1305	39.341	39.409	39.414	39.392	39.38
1307	32.807	32.801	32.802	32.791	32.796
1322	35.337	35.431	35.047	35.33	35.397
BT01	32.842	32.836	32.779	32.828	32.764
BT03	33.082	33.09	33.074	33.03	33.021
BW08	31.689	31.67	31.66	31.639	31.646
BW13	33.924	33.995	33.983	33.93	33.95
ESDM	33.466	33.463	33.544	33.447	33.392
PLNG	31.951	32.034	31.983	32.029	32.011
PT01	32.22	32.272	32.229	32.222	32.294
PT02	32.266	32.291	32.32	32.276	32.295
PT06	31.045	31.051	31.043	31.023	31.078
PT08	33.74	33.733	33.73	33.743	33.742
PT11	34.621	34.649	34.674	34.598	34.644
VK09	32.146	32.131	32.148	32.114	32.076
VK13	38.248	38.264	38.299	38.276	38.259
VK14	36.993	36.995	36.976	36.947	36.948

Dari pengolahan data pengukuran GPS didapatkan nilai *uplift* dan *subsidence* sebagai berikut:

**Tabel 2. Nilai Beda Tinggi Antar Kala Pengukuran**

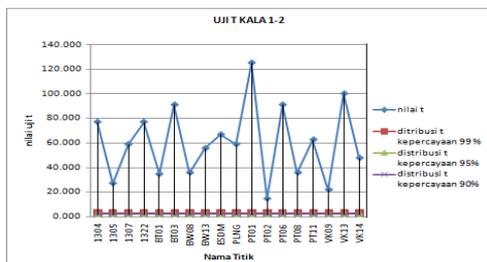
Nama Titik	Beda Tinggi (m)			
	Kala 1-2	Kala 2-3	Kala 3-4	Kala 4-5
1304	0.077	-0.006	-0.015	0.012
1305	0.068	0.005	-0.022	-0.012
1307	-0.006	0.001	-0.011	0.005
1322	0.094	-0.384	0.283	0.067
BT01	-0.006	-0.057	0.049	-0.064
BT03	0.008	-0.016	-0.044	-0.009
BW08	-0.019	-0.01	-0.021	0.007
BW13	0.071	-0.012	-0.053	0.02
ESDM	-0.003	0.081	-0.097	-0.055
PLNG	0.083	-0.051	0.046	-0.018
PT01	0.052	-0.043	-0.007	0.072
PT02	0.025	0.029	-0.044	0.019
PT06	0.006	-0.008	-0.02	0.055
PT08	-0.007	-0.003	0.013	-0.001
PT11	0.028	0.025	-0.076	0.046
VK09	-0.015	0.017	-0.034	-0.038
VK13	0.016	0.035	-0.023	-0.017
VK14	0.002	-0.019	-0.029	0.001

Pada tabel di atas, nilai negatif (-) menunjukkan bahwa lokasi tersebut mengalami penurunan tanah (*land subsidence*), sedangkan nilai positif (+) menunjukkan bahwa daerah tersebut mengalami *kenaikan* tanah (*land uplift*). Dari hasil pengolahan tersebut didapatkan daerah yang mengalami *subsidence* terbesar adalah di titik 1322 pada kala 2-3 sebesar -0.384 dan uplift terbesar juga terdapat di titik 1322 pada kala 3-4 sebesar 0.283. Hasil yang didapatkan tersebut sangat diragukan karena dalam satu lokasi terjadi *uplift* dan *subsidence* yang sama-sama besar dan berurutan. Selain itu, titik tersebut masih jauh dari lokasi semburan dengan radius sekitar 3 km. Hal ini disebabkan karena masalah teknis yaitu kesalahan pada pencatatan ketinggian alat hingga perbedaan sebesar 1,5 cm. Jadi titik yang dapat dikatakan mengalami *uplift* terbesar adalah titik 1322 pada kala 1-2 sebesar 0.094 dan *subsidence* terbesar adalah titik ESDM sebesar -0.097.

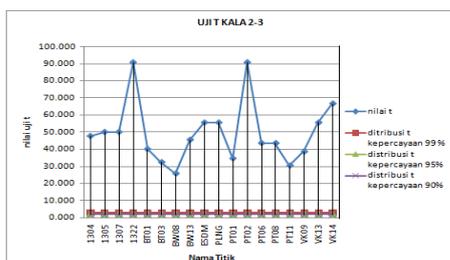
### Uji T-Student

Pada pengujian statistik ini digunakan pengujian dengan tingkat kepercayaan 90% ( $\alpha = 10\%$ ), 95% ( $\alpha = 5\%$ ), dan 99% ( $\alpha = 1\%$ ). Dari masing-masing tingkat kepercayaan tersebut secara berurutan didapatkan nilai  $t_{df,0,05}$  sebesar 1,740,  $t_{df,0,025}$  sebesar 2,110, dan  $t_{df,0,005}$  sebesar 2.898.

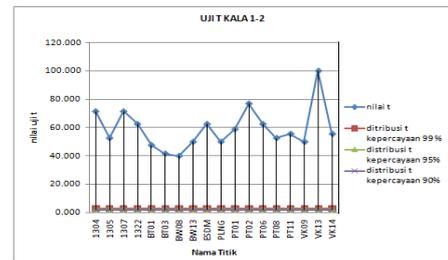
Dengan menggunakan persamaan  $t = \frac{\Delta dh_{ij}}{\sigma(\Delta dh_{ij})}$ , maka didapatkan hasil uji *t-student test* masing-masing *subsidence* sebagai berikut:



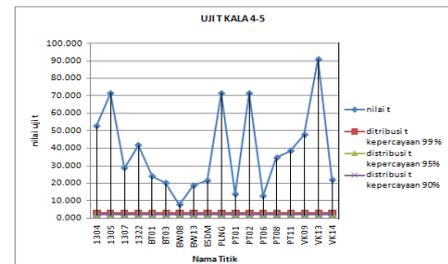
Gambar 4. Bagan Uji T Pada Kala 1 Dan 2



Gambar 5. Bagan Uji T Pada Kala 2 Dan 3



Gambar 6. Bagan Uji T Pada Kala 3 Dan 4



Gambar 7. Bagan Uji T Pada Kala 4 Dan 5

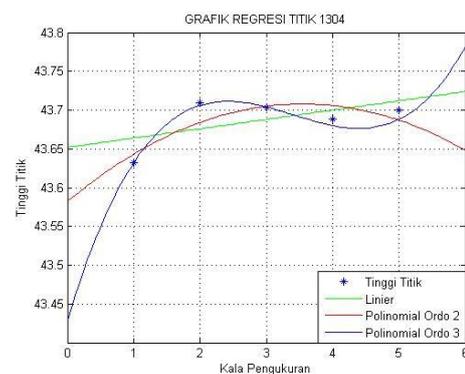
Pada gambar grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa hipotesa nol pada semua titik ditolak. Artinya semua titik mengalami *subsidence* atau *uplift*.

### Pemodelan *Subsidence* dan *Uplift* dengan Analisa Regresi

Untuk mengetahui bahwa suatu lokasi mengalami *subsidence* atau *uplift*, maka dilakukan analisa regresi. Analisa ini bertujuan untuk memprediksi tingkat *subsidence* di suatu lokasi dengan parameter waktu dan ketinggian setiap kala. Analisa regresi yang dilakukan adalah dengan model linier, polinomial ordo dua dan tiga.

Berikut adalah diagram dari *subsidence* dan *uplift* setiap lokasi berdasarkan regresi linier dan polinomial.

#### 1. Titik 1304

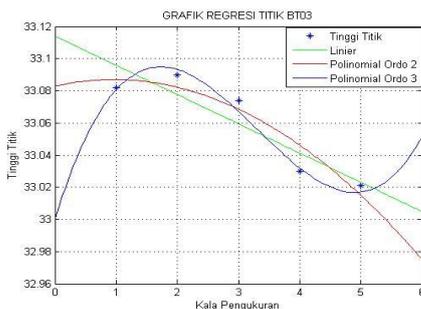


Gambar 8. Grafik Regresi Titik 1304

- Linier  
 $y = 0.0115x + 43.652$   
 $R = 0.579828$   
 $R^2 = 0.3362$
- Polinomial Ordo 2  
 $y = -0.0099x^2 + 0.0711x + 43.582$   
 $R = 0.8289$   
 $R^2 = 0.6871$
- Polinomial Ordo 3  
 $y = 0.0092x^3 - 0.0924x^2 + 0.2874x + 43.428$   
 $R = 0.9974$   
 $R^2 = 0.9948$

Dari diagram di atas dapat dilihat bahwa pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *uplift*. Namun nilai  $R = 0,580$  dan  $R^2 = 0,336$ , Hal ini disebabkan karena pada pengukuran kala pertama, nilai tingginya sangat jauh berbeda dengan kala berikutnya. Pada kala pertama mengalami *uplift* yang curam dan pada kala berikutnya mengalami *subsidence* tidak curam dan hampir datar sehingga menyebabkan kurva regresi linier naik dan nilai korelasinya sangat kecil. Akan tetapi, jika dilihat dari banyaknya data maupun bentuk grafiknya, maka titik tersebut mengalami *subsidence*. Hal ini dapat dilihat pada pengukuran kala 2 hingga kala 4 yang mengalami *subsidence*. Namun apabila menggunakan diagram dari regresi polinomial ordo 2 dan 3, nilai korelasinya cukup baik yaitu pada ordo 2 nilai  $R = 0,829$  dan  $R^2 = 0,687$  serta pada ordo 3 nilai  $R = 0,997$  dan  $R^2 = 0,995$ . Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan analisa regresi yang paling baik adalah dengan regresi polinomial ordo 3 dengan nilai  $R^2 = 0,995$ . Namun secara umum, analisa regresi polinomial ordo 2 dan 3 sangat baik digunakan karena memiliki nilai koefisien determinasi lebih dari 0,5 atau 50 %.

2. Titik BT03

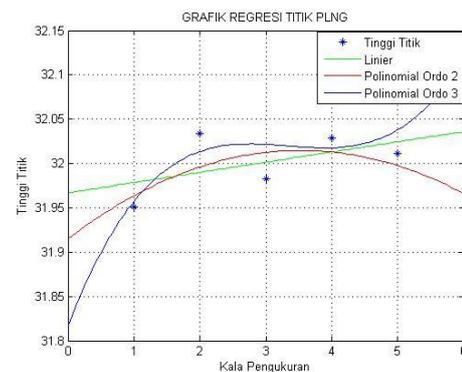


Gambar 9. Grafik Regresi Titik BT03

- Linier  
 $y = -0.0182x + 33.114$   
 $R = 0.9101$   
 $R^2 = 0.8283$
- Polinomial Ordo 2  
 $y = -0.0044x^2 + 0.0084x + 33.083$   
 $R = 0.9470$   
 $R^2 = 0.8969$
- Polinomial Ordo 3  
 $y = 0.0049x^3 - 0.0487x^2 + 0.1244x + 33$   
 $R = 0.992$   
 $R^2 = 0.984$

Dari diagram di atas dapat dilihat bahwa pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Apabila dilihat dari nilai  $R = 0.9101$  dan  $R^2 = 0.8283$ , maka regresi ini dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence* atau *uplift*. Pada penggunaan diagram dari regresi polinomial ordo 2 dan 3, nilai  $R$  dan  $R^2$  cukup baik yaitu pada ordo 2 nilai  $R = 0.9470$  dan  $R^2 = 0.8969$  dan pada ordo 3 nilai  $R = 0.992$  dan  $R^2 = 0.984$ . Secara umum dapat disimpulkan bahwa semua regresi dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* maupun *uplift* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50%.

3. Titik PLNG



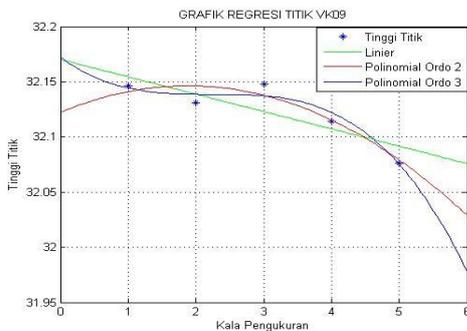
Gambar 10. Grafik Regresi Titik PLNG

- Linier  
 $y = 0.0115x + 31.967$   
 $R = 0.5252$   
 $R^2 = 0.2758$
- Polinomial Ordo 2  
 $y = -0.0075x^2 + 0.0565x + 31.915$   
 $R = 0.6633$   
 $R^2 = 0.44$
- Polinomial Ordo 3  
 $y = 0.0058x^3 - 0.06x^2 + 0.1942x + 31.817$

$R = 0.7363$   
 $R^2 = 0.5422$

Dari diagram di atas dapat dilihat bahwa pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *uplift*. Namun nilai korelasi dan determinasi sangat kecil yaitu nilai  $R = 0,525$  dan  $R^2 = 0,276$ . Namun pada pengukuran ini hasilnya tidak beraturan sehingga sangat sulit untuk diprediksi apakah terjadi *uplift* atau *subsidence*. Apabila diambil rata-rata yaitu dari regresi linier, maka lokasi tersebut mengalami *uplift*. Apabila menggunakan diagram dari regresi polinomial ordo 2, nilai  $R = 0,663$  dan  $R^2 = 0,440$ , Namun apabila menggunakan diagram dari regresi polinomial ordo 3, nilai koefisien korelasinya sebesar 0,736 dan nilai determinasi sebesar 0,542. nilai determinasi ini sudah di atas 0,5, namun nilai tersebut masih sangat jelek jika digunakan untuk menggambarkan bentuk regresinya. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan penggunaan regresi linier, regresi polinomial ordo 2 maupun ordo 3 sangat buruk digunakan untuk menggambarkan tingkat *uplift* maupun *subsidence*.

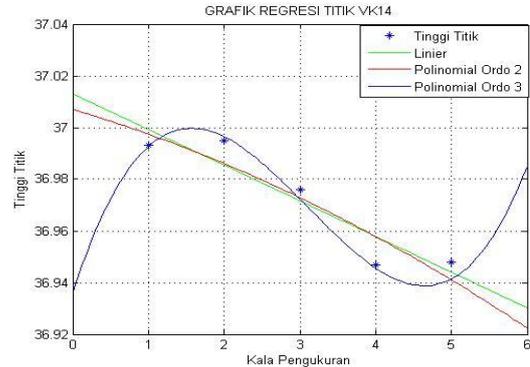
4. Titik VK09



Gambar 11. Grafik Regresi Titik VK09

- Linier
  - $y = -0,0157x + 32,17$
  - $R = 0,838$
  - $R^2 = 0,703$
- Polinomial Ordo 2
  - $y = -0,0069x^2 + 0,0259x + 32,122$
  - $R = 0,946$
  - $R^2 = 0,894$
- Polinomial Ordo 3
  - $y = -0,003x^3 + 0,0201x^2 - 0,0449x + 32,172$
  - $R = 0,965$
  - $R^2 = 0,931$

5. Titik VK14



Gambar 12. Grafik Regresi Titik VK14

- Linier
  - $y = -0.0138x + 37.013$
  - $R = 0.9332$
  - $R^2 = 0.8709$
- Polinomial Ordo 2
  - $y = -0.0009x^2 - 0.0087x + 37.007$
  - $R = 0.9357$
  - $R^2 = 0.8756$
- Polinomial Ordo 3
  - $y = 0.0042x^3 - 0.0391x^2 + 0.0916x + 36.936$
  - $R = 0.9972$
  - $R^2 = 0.9945$

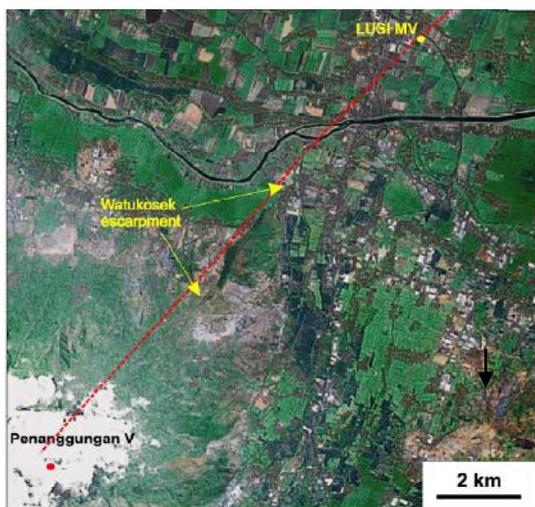
Dari diagram di atas dapat dilihat bahwa pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Dan apabila dilihat dari nilai koefisien korelasi sebesar 0,933 dan nilai determinasinya yang sebesar 0,871, maka regresi ini dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi *uplift* atau *subsidence*. Pada penggunaan diagram dari regresi polinomial ordo 2 dan 3, nilai korelasi dan determinasinya cukup baik yaitu pada ordo 2 nilai  $R = 0,936$  dan  $R^2 = 0,876$  serta pada ordo 3 nilai  $R = 0,997$  dan  $R^2 = 0,994$ . Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa semua regresi dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* maupun *uplift* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5.

Dari hasil pengolahan data di atas dapat disimpulkan bahwa ada daerah yang mengalami *subsidence* dan ada yang mengalami *uplift*. Untuk menentukan kecepatan *uplift* maupun *subsidence* dapat diambilkan dari hasil analisa regresi linier. Dari perhitungan menggunakan analisa regresi linier, titik yang mengalami kecepatan *subsidence* terbesar adalah titik BT03 sebesar -0.018 m/bulan

dan kecepatan *uplift* terbesar adalah titik 1304 sebesar 0.012 m/bulan dan titik PLNG sebesar 0.012. namun titik PLNG tidak dapat dijadikan acuan karena titik tersebut berada didekat semburan yang seharusnya mengalami *subsidence*. Hal ini disebabkan karena titik PLNG terletak di pinggir jalan raya Porong dan dipersimpangan jalan tol Porong-Surabaya yang selalu dilewati kendaraan-kendaraan besar sehingga alat menjadi tidak stabil pada saat berdiri. Daerah yang mengalami *subsidence* maupun *uplift* dapat digambarkan pada peta berikut ini:



**Gambar 13. Peta Lokasi Yang Mengalami *Uplift* Dan *Subsidence* Dari Hasil Penelitian**



**Gambar 14. Sesar Watukosek**

Dari pemetaan diatas lokasi yang berdekatan dengan semburan lumpur dengan radius kurang

dari 2 km mengalami *subsidence*, sedangkan daerah yang agak berjauhan dengan radius lebih dari 2 km rata-rata mengalami *uplift*. Namun dari lokasi tersebut ada titik yang mengalami *subsidence* yaitu arah barat daya dari semburan / pada titik 1304 dan 1305. Ini disebabkan karena titik tersebut merupakan kawasan dari jalur sesar watukosek. Hal ini dapat dilihat pada gambar 29. Menurut Mazzini (2009), Situasi LUSI pada busur belakang berjarak 10 km arah timur laut dari gunung Penanggungan. Penampang seismik dan pengamatan lapangan menunjukkan adanya sesar regional (yang dimaksud adalah Sesar Watukosek) melalui daerah Lusi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Penelitian tentang Estimasi *Uplift* dan *Subsidence* di area lumpur Sidoarjo ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Dari penelitian ini membuktikan bahwa ada daerah yang mengalami *uplift* maupun *subsidence*.
- Titik yang rata-ratanya mengalami *uplift* antara lain PT08, PT11, PLNG, PT01, PT06, 1322, VK13 dan PT02, sedangkan titik yang rata-ratanya mengalami *subsidence* antara lain BT01, BT03, 1307, ESDM, 1304, 1305, VK14, BW08, VK09 dan BW13.
- Nilai penurunan tanah terbesar adalah sebesar -0.0182 m yang berada di titik BT03 dan nilai kenaikan tanah terbesar adalah sebesar 0.0115 m di titik 1304. sedangkan nilai rata-rata penurunan tanah sebesar -0.012 m dan kenaikan tanah sebesar 0.006 m.

### Saran

- Diperlukan penelitian lanjutan yang bersifat berkala dan lebih lama agar dapat memprediksi bentuk penurunan maupun kenaikan tanahnya.
- Penentuan titik pengamatan dicari daerah yang tidak banyak gangguan seperti pepohonan, banyak rumah, maupun banyak kendaraan besar yang bisa mengakibatkan ketidak stabilan receiver GPS.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin,H.Z., Andreas,H., Kusuma,M.A., Sumintadireja,P., Gumilar,I. 2010. *Ground Displacements around LUSI Mud Volcano Indonesia as Inferred from GPS Surveys*. FIG Congress : Sydney,Australia.
- Abidin,H.Z., Davies, R. J., Kusuma,M.A., Andreas,H., Deguchi,T. 2008. *Subsidence and uplift of Sidoarjo (East Java) due to the eruption of the Lusi mud volcano (2006–present)*.
- Abidin,H.Z., Jones, A., Kahar, J. 1995. *Survey dengan GPS*. Jakarta:PT Pradnya Paramita.
- Cahyono, A.E. 2010. *Evaluasi Hasil Pemantauan Land Subsidence Di Area Sekitar Tanggul Lumpur Sidoarjo Dengan Teknologi SIG*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Geomatika, ITS.
- Davies, R.J., Brumm,M., Manga,M., Rubiandini,R., Swarbrick,R., Tingay,M. 2008. *The East Java mud volcano (2006 to present): An earthquake or drilling trigger?.* : Earth and Planetary Science Letters.
- [http://eprints.undip.ac.id/4454/1/Argo\\_Mulyanto](http://eprints.undip.ac.id/4454/1/Argo_Mulyanto) dikunjungi pada tanggal 23 Maret 2011 jam 10.00 WIB.
- <http://www.jakartawater.org/images/stories/waterlos> dikunjungi pada tanggal 23 Maret 2011 jam 10.00 WIB.
- [http://www.penataanruang.net/taru/upload/nspk/pedoman/Pengendalian\\_PR\\_Kaw\\_RBBanjir](http://www.penataanruang.net/taru/upload/nspk/pedoman/Pengendalian_PR_Kaw_RBBanjir) dikunjungi pada tanggal 23 Maret 2011 jam 10.00 WIB.
- Kurniawan,A. 2011. *Evaluasi PenurunanMuka Tanah Di Wilayah Kota Surabaya Dari Pengamata Global Positioning System Dengan GAMIT/GLOBK*. Program Studi Teknik Geomatika, ITS.
- Kurniawan, D. 2008. *Regresi Linier*. Vienna, Austria: R Development Core Team.
- Mazzini,A., Nermoen,A., Krotkiewski,M., Podladchikov,Y., Planke,S., Svensen,H. 2009. *Strike-slip faulting as a trigger mechanism for overpressure release through piercement structures. Implications for the Lusi mud volcano, Indonesia* :Earth and Planetary Science Letters.
- Mazzini,A., Svensen,H., Akhmanov,G.G., Aloisi,G., Planke,S., Sorensen,A.M., Istiadi,B. 2007. *Triggering and dynamic evolution of the LUSI mud volcano, Indonesia* :Earth and Planetary Science Letters.
- Prawoko,A,A. 2008 *Pemantauan Land Subsidence untuk Daerah Sekitar Semburan Lumpur Sidoarjo dengan Menggunakan GPS*, Program Studi Teknik Geomatika, ITS.
- Satrio dan Pratikno, B. *Studi Air Tanah pada Area Semburan Lumpur Lapindo Sidoarjo Menggunakan Isotop Alam*. Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi&BATAN.
- Sembiring,R.K. 2003. *Analisa Regresi Edisi Ke 2*. Penerbit ITB:Bandung.
- Suharyadi. 2006. *Pengantar Geologi Teknik*. Yogyakarta: Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.
- Sudarsono, U dan Sudjarwo, I.B. 2008. *Aspek Geologi Teknik Lumpur Sidoarjo, Jawa Timur*. Bandung : Pusat Lingkungan Geologi.
- Verhoef,H.M.E, dan de Heus H,M. 1994. *On The Estimation of Polynomial Breakpoints in The Subsidence of The Groningen Gasfield*. Belanda.
- Walpole,R.E. 1995. *Pengantar Statistika Edisi Ke 3*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- Widodo, A. 2007. *Memahami Bencana Gunung Lumpur kasus Lumpur Sidoarjo*. Surabaya: itspress.