



**TUGAS AKHIR – RG 141536**

**STUDI PENURUNAN TANAH PADA JEMBATAN  
MERR II-C SURABAYA DENGAN TEKNOLOGI  
GPS**

ACHMAD FRANDIK  
NRP 3511 100 049

Dosen Pembimbing  
Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, MSc

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015



**FINAL ASSIGNMENT – RG 141536**

**STUDY OF LAND SUBSIDENCE ON MERR II-C  
SURABAYA BRIDGE USING GPS TECHNOLOGY**

ACHMAD FRANDIK  
NRP 3511 100 049

Supervisor  
Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, MSc

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2015

**STUDI PENURUNAN TANAH PADA JEMBATAN  
MERR II-C SURABAYA DENGAN TEKNOLOGI  
GPS**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**pada**

**Jurusan S-1 Teknik Geomatika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:**

**ACHMAD FRANDIK**

**NRP. 3511100049**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Teguh Hariyanto, MSc.

NIP. 19590819 198502 1001

**SURABAYA, JANUARI 2016**

## **STUDI PENURUNAN TANAH PADA JEMBATAN MERR II-C SURABAYA DENGAN TEKNOLOGI GPS**

**Nama Mahasiswa** : Achmad Frandik  
**NRP** : 3511 100 049  
**Jurusan** : Teknik Geomatika FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, MSc

### **Abstrak**

Jembatan MERR II-C atau Jalan Middle East Ring Road II-C (MERR II-C) dibangun sebagai penunjang fungsi sarana transportasi yang cukup besar dan vital bagi kehidupan khususnya daerah Surabaya. Berdasarkan hasil pengujian tanah di daerah sekitar jembatan (sumber: data pengujian tanah di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Jurusan Teknik Sipil, FTSP – ITS, Surabaya), jenis tanah sekitar adalah tanah lempung lunak. Pada tanah lempung lunak, masalah yang akan dijumpai bilamana harus mengkonstruksikan bangunan di atasnya adalah daya dukung tanah yang rendah serta kemampuan tanah yang relatif tinggi (Wirawan,2011).

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa mengenai penurunan tanah pada daerah sekitar Jembatan MERR II-C, dengan menggunakan metode GPS untuk mendapatkan nilai penurunan tanah di sekitar jembatan. Titik – titik kontrol yang diamati ada 12 titik yang tersebar di area sekitar jembatan.

Pengamatan dilakukan 3 kala yaitu pada bulan September, Oktober dan November 2015. Hasil dari pengamatan 3 kala tersebut diperoleh nilai titik yang mengalami penurunan tanah terbesar adalah pada titik 8 sebesar 23 mm dan kenaikan tanah terbesar adalah 4 mm pada titik 4.

**Kata kunci** :GPS, Penurunan Tanah, Jembatan MERR II-C

# STUDY OF LAND SUBSIDENCE ON MERR II-C SURABAYA BRIDGE USING GPS TECHNOLOGY

**Name** : Achmad Frandik  
**NRP** : 3511 100 049  
**Department** : Geomatics Engineering FTSP-ITS  
**Supervisor** : Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, MSc

## Abstrak

*MERR II-C bridge or road Middle East Ring Road II-C (MERR II-C) constructed as a support function sizeable transportation and vital to life, especially the area of Surabaya. Based on the results of soil testing in the area around the bridge (source: soil testing data on Soil and Rock Mechanics Laboratory, Department of Civil Engineering, FTSP - ITS, Surabaya), the type of soil surrounding is soft clay. In the soft clay soil, the problem will be found when the need to construct buildings on it are low soil bearing capacity and congestion relatively high ground (Wirawan, 2011).*

*In this study will be an analysis of land subsidence in the area around the bridge MERR II-C, using a GPS to get a reduction in the value of the land around the bridge. Point - the point being observed there are 12 control points scattered in the area around the bridge.*

*Observations were made 3 time is in September, October and November 2015. Output of observations obtained when the point value of land is the biggest decline 23 mm at point 8 and the largest land rise is 4 mm at point 4.*

**Keywords:** *GPS, Land Subsidence, MERR II-C Bridge*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan nikmat dan rahmat-Nya yang berupa keimanan, kemudahan dan pertolongan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Penurunan Tanah Pada Jembatan MERR II-C Surabaya dengan teknologi GPS”.

Selesainya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, karena itu penulis sampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu selesainya tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua yang sudah memberikan bantuan dan dukungannya baik secara moril maupun materiil yang tak pernah putus.
2. Bapak M. Nurcahyadi, ST, MSc, PhD selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika yang sudah memberi ijin untuk melaksanakan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ing. Ir. Teguh Hariyanto, MSc selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis. Terimakasih atas kesempatan, bimbingan serta dukungan hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Bapak Khomsin, ST, MT selaku koordinator Tugas Akhir
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Teknik Geomatika ITS, yang telah memberikan semangat, harapan, dukungan, ilmu dan bimbingannya.
6. Pihak laboran yang telah membantu dalam peminjaman alat, terutama Bapak Basofi dan seluruh staff Teknik Geomatika ITS yang telah membantu dalam proses administrasi tugas akhir.
7. Bapak Akbar Kurniawan ST, MT yang telah membagi ilmunya, membantu dalam pengurusan pengambilan data dan telah membantu dalam pengolahan data
8. Tim surveyor yang turun langsung ke lapangan.

9. Semua pihak yang telah membantu , yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu

Dengan segala keterbatasan, Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun penulis harapkan untuk pebaikan di masa yang akan datang.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan diterima sebagai sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penurunan Tanah ( <i>Land Subsidence</i> ).....	5
2.2 Pemantauan Penurunan Tanah dengan GPS.....	6
2.3 <i>GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)</i> .....	9
2.3.1 Pengamatan GPS.....	9
2.3.2 Penentuan Posisi dengan GPS.....	10
2.3.3 Penentuan Tinggi dengan GPS.....	12
2.3.4 Kesalahan dan Bias.....	13
2.3.4.1 Kesalahan Ephemeris (Orbit).....	14
2.3.4.2 Bias Ionosfer.....	17
2.3.4.3 Bias Troposfer.....	17
2.3.4.4 <i>Multipath</i> .....	18
2.4 Pengamatan Metode Radial.....	20
2.5 CORS (Continuously Operating Reference Stations)....	21
2.6 Uji T-Student.....	22
2.8 Regresi Linear.....	23
2.9 Penelitian Sebelumnya.....	25

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Lokasi Penelitian .....	27
3.2 Data dan Peralatan .....	28
3.2.1 Data.....	28
3.2.2 Peralatan .....	28
3.3 Metodologi Penelitian .....	28
3.3.1 Tahap Penelitian .....	28
3.3.1.1 Tahap Persiapan .....	30
3.3.1.2 Tahap pengambilan dan Pengolahan Data...	30
3.4 Tahap Analisa dan Hasil .....	32

### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Pengolahan Data GPS.....	33
4.2 Uji T-Student .....	35
4.3 Analisis Pada Setiap Pengukuran .....	38

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	53
5.1 Saran .....	53

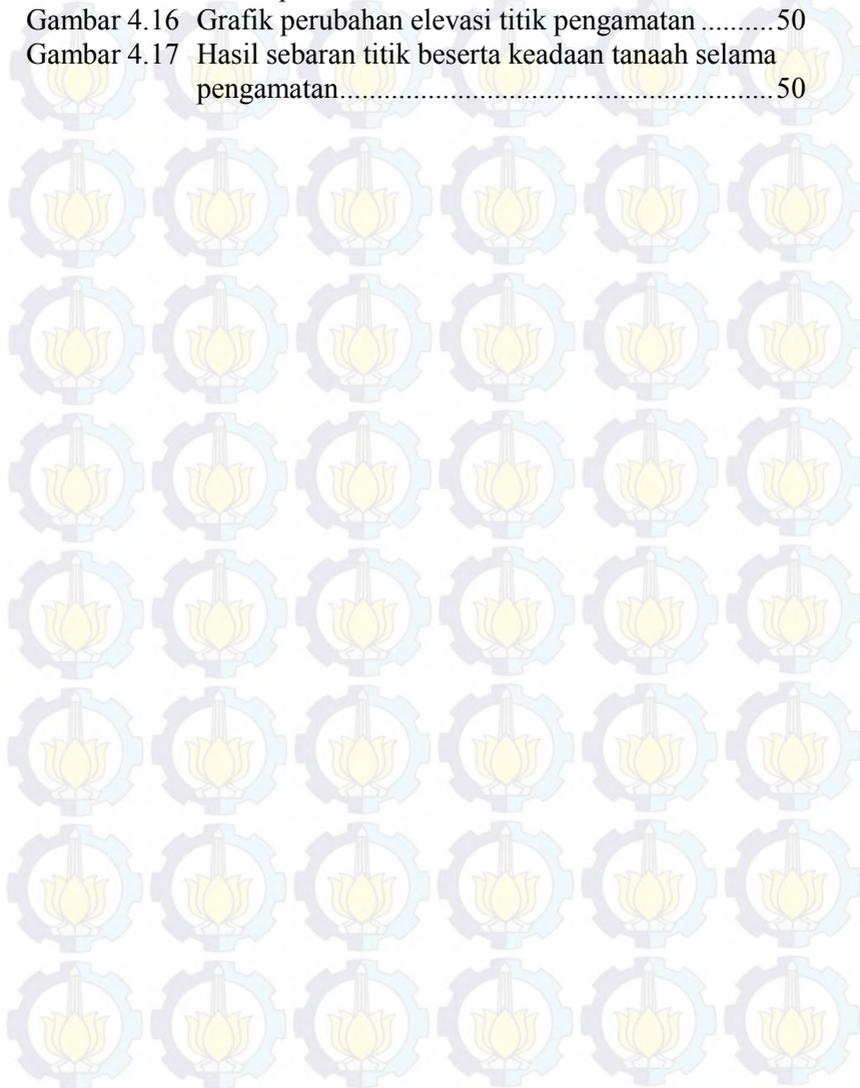
### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

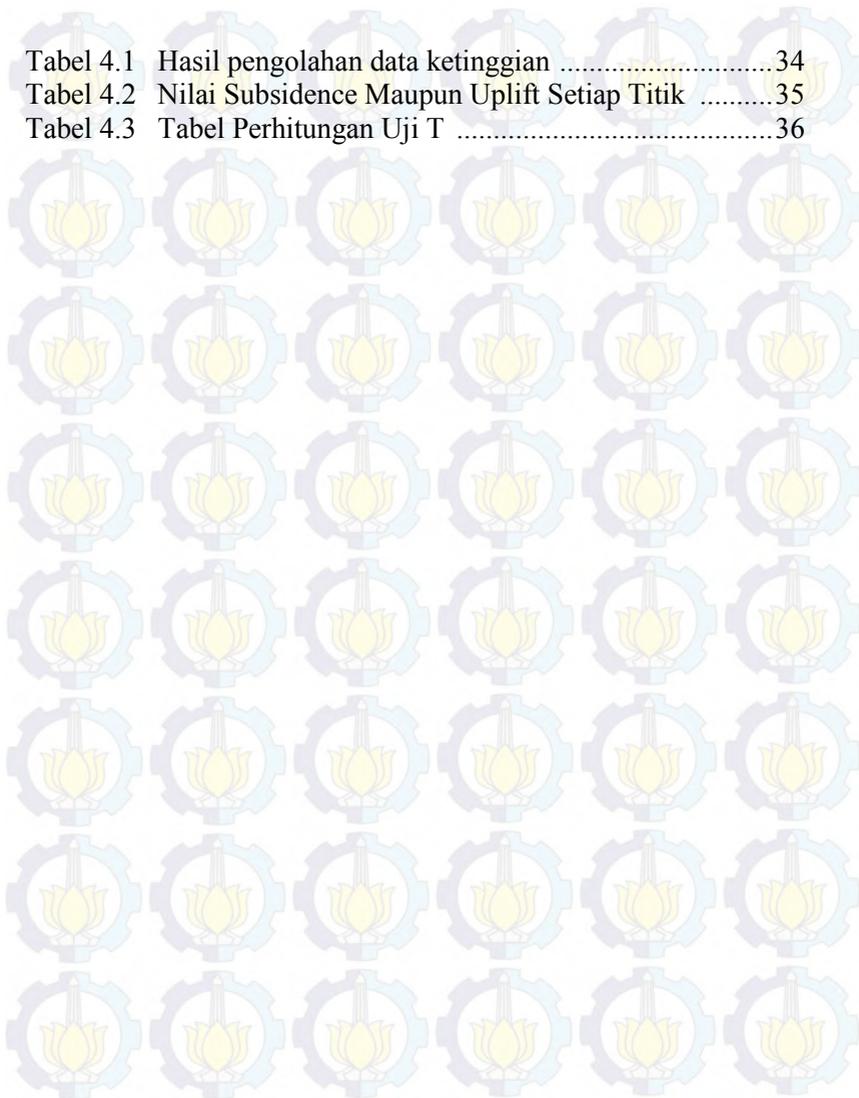
Gambar 1.1	Kondisi Jembatan Merr IIC Surabaya .....	2
Gambar 2.1	Prinsip Studi Gerakan Tanah dengan GPS .....	7
Gambar 2.2	Pengamatan Penurunan Tanah Menggunakan GPS .....	8
Gambar 2.3	Prinsip Dasar Penentuan Posisi Satelit GPS .....	11
Gambar 2.4	Sistem tinggi .....	13
Gambar 2.5	Kesalahan ephemeris .....	15
Gambar 2.6	Prinsip Dasar Penentuan Posisi .....	16
Gambar 2.7	Efek Troposfer terhadap sinyal GPS .....	18
Gambar 2.8	Kesalahan Multipath .....	19
Gambar 2.9	Contoh Geometri Jaring Model Radial .....	20
Gambar 2.10	Ilustrasi Metode Differential GPS Positioning CORS .....	22
Gambar 2.11	Grafik untuk b positif.....	24
Gambar 2.11	Grafik untuk b negatif.....	25
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian.....	27
Gambar 3.2	Diagram Alir Tahapan Penelitian .....	29
Gambar 3.3	Diagram Alir Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data .....	31
Gambar 4.1	Sebaran titik pengamatan .....	33
Gambar 4.2	Bagan uji t pada kala 1 dan 2 .....	37
Gambar 4.3	Bagan uji t pada kala 2 dan 3 .....	37
Gambar 4.4	Grafik perubahan elevasi di titik 1 .....	38
Gambar 4.5	Grafik perubahan elevasi di titik 2 .....	39
Gambar 4.6	Grafik perubahan elevasi di titik 3 .....	40
Gambar 4.7	Grafik perubahan elevasi di titik .....	41
Gambar 4.8	Grafik perubahan elevasi di titik 5 .....	42
Gambar 4.9	Grafik perubahan elevasi di titik 6 .....	43
Gambar 4.10	Grafik perubahan elevasi di titik 7 .....	44
Gambar 4.11	Grafik perubahan elevasi di titik 8 .....	45
Gambar 4.12	Grafik perubahan elevasi di titik 9 .....	46
Gambar 4.13	Grafik perubahan elevasi di titik 10 .....	47

Gambar 4.14	Grafik perubahan elevasi di titik 11 .....	48
Gambar 4.15	Grafik perubahan elevasi di titik 12.....	49
Gambar 4.16	Grafik perubahan elevasi titik pengamatan .....	50
Gambar 4.17	Hasil sebaran titik beserta keadaan tanah selama pengamatan.....	50



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil pengolahan data ketinggian .....	34
Tabel 4.2	Nilai Subsidence Maupun Uplift Setiap Titik .....	35
Tabel 4.3	Tabel Perhitungan Uji T .....	36

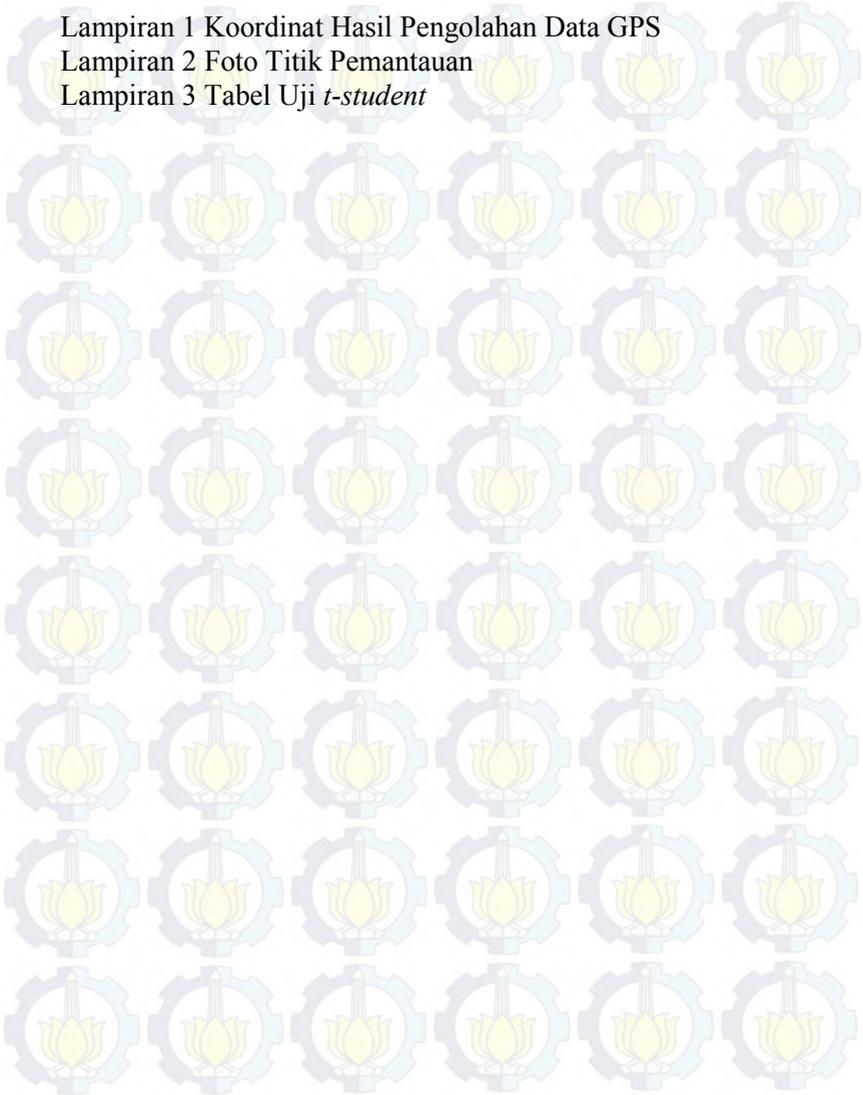


## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Koordinat Hasil Pengolahan Data GPS

Lampiran 2 Foto Titik Pemantauan

Lampiran 3 Tabel Uji *t-student*





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

# BAB 1

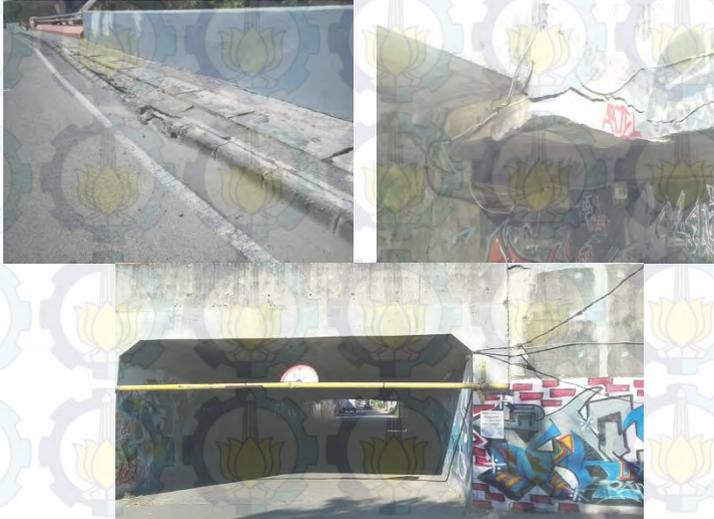
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan suatu bagian dari jalanraya yang berfungsi untuk menghubungkan jalan yang terputus karena adanya rintangan seperti sungai, danau, lembah, jurang, dan lain sebagainya. Jembatan MERR II-C atau Jalan *Middle East Ring Road II-C* (MERR II-C) dibangun sebagai penunjang fungsi sarana transportasi yang cukup besar dan vital bagi kehidupan khususnya daerah Surabaya. Berdasarkan hasil pengujian tanah di daerah sekitar jembatan (sumber: data pengujian tanah di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Jurusan Teknik Sipil, FTSP – ITS, Surabaya), jenis tanah sekitar adalah tanah lempung lunak. Pada tanah lempung lunak, masalah yang akan dijumpai bilamana harus mengkonstruksikan bangunan di atasnya adalah daya dukung tanah yang rendah serta kemampuan tanah yang relatif tinggi (Wirawan,2011).

Pada Jembatan MERR II-C terdapat 2 *box culvert* di sisi Utara sungai, *Box culvert* tersebut melintang di bawah oprit jembatan dan menghubungkan jalan perumahan-perumahan dibawah jembatan. Kedua *box culvert* tersebut mengalami kerusakan, namun yang terlihat lebih buruk kerusakannya adalah *box culvert* Utara. Berdasarkan pengamatan visual di lapangan, Jembatan MERR II-C mengalami *land subsidence* (penurunan tanah). *Land subsidence* sendiri 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). *Land subsidence* ini diperkirakan dapat terjadi sebagai akibat dari penetrasi beban lalu lintas yang berlebih dan ditambah lagi kondisi tanah yang

kompresibel. Penurunan tanah ini akan menyebabkan ketidaknyamanan para pengguna jalan.



Gambar 1.1 Kondisi Jembatan Merr IIC Surabaya

Penurunan tanah (*land subsidence*) terjadi secara perlahan, sehingga analisisnya perlu dilakukan secara berkala (fungsi waktu). Pemantauan *land subsidence* dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya dengan *Global Positioning System* (GPS). Pada tugas akhir ini akan dilakukan analisa terhadap penurunan tanah di sekitar jembatan untuk mengetahui besar penurunan yang akan terjadi dengan menggunakan metode GPS untuk mendapatkan nilai penurunan tanah di sekitar jembatan MERR II-C

## **1.2 Rumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar penurunan tanah yang terjadi pada Jembatan MERR II-C
2. Apakah hasil pemantauan penurunan tanah tersebut merupakan penurunan tanah yang signifikan

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu :

1. Pengambilan data dengan GPS di sekitar Jembatan MERR II-C selama 3 kala
2. Data primer yang digunakan adalah data pengamatan GPS pada titik kontrol / pengamatan penurunan tanah sekitar Jembatan MERR II-C
3. Pengolahan data dengan menggunakan *software* TOPCON TOOLS untuk mendapatkan data koordinat tiap titik.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai penurunan tanah yang terjadi di titik pengamatan dari data pengamatan pada titik-titik pengamatan dengan menggunakan metode GPS.
2. Mengetahui analisis data penurunan tanah dengan tingkat kepercayaan yang signifikan dari hasil pemantauan yang dilakukan

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian penurunan tanah ini adalah:

1. Memberikan informasi perubahan penurunan tanah yang terbaru dengan data pengamatan GPS.
2. Memberikan informasi analisis ada tidaknya penurunan tanah di daerah sekitar Jembatan MERR II-C dalam kurun waktu 3 kala untuk berbagai keperluan semisal penelitian dan keperluan rencana pembangunan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penurunan Tanah (*Land Subsidence*)**

Penurunan tanah (*land subsidence*) merupakan salah satu fenomena deformasi permukaan bumi secara vertikal disamping terjadi fenomena uplift. Penurunan tanah merupakan suatu fenomena alam yang banyak terjadi di kota - kota besar. *Land subsidence* sendiri 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 dalam Prawoko,2008)

Beberapa hal yang menyebabkan penurunan tanah antara lain (Abidin, 2006) sebagai berikut:

1. Pengambilan air tanah yang berlebihan
2. Penurunan karena beban bangunan (*settlement*)
3. Penurunan karena adanya konsolidasi alamiah dari lapisan-lapisan tanah
4. Penurunan karena gaya-gaya tektonik

Karena penurunan tanah berhubungan dengan fenomena-fenomena alam lainnya seperti banjir, intrusi air laut keamanan bangunan-bangunan gedung, keamanan sarana perhubungan darat, perubahan aliran sungai, dan lain sebagainya yang nota bene bersifat destruktif; maka sudah sewajarnya bahwa informasi tentang karakteristik penurunan tanah di suatu wilayah dapat diketahui dengan sebaik-baiknya dan kalau bisa sedini mungkin. (Abidin, 2006)

Untuk mengetahui terjadinya penurunan tanah pada suatu tempat diperlukan suatu survei, yaitu survei deformasi dan geodinamika. Survei deformasi dan geodinamika sendiri adalah survei geodetik yang dilakukan untuk mempelajari fenomena-fenomena deformasi dan geodinamika. Fenomena-fenomena tersebut terbagi atas 2, yaitu fenomena alam

seperti pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung api, dan lain-lain. Fenomena yang lain adalah fenomena manusia seperti bangunan, jembatan, bendungan, permukaan tanah, dan sebagainya. Survei deformasi dan geodinamika itu sendiri bisa bermacam-macam metodenya. Dengan metode konvensional bisa dilakukan juga, contohnya dengan menggunakan theodolite ataupun sipat datar. Dengan kemajuan teknologi muncul metode baru dalam survei deformasi dan geodinamika, yaitu metode satelit. Dengan metode satelit dapat dilakukan dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) ataupun dengan menggunakan penginderaan jauh. (Abidin dkk, 2008)

Karena data dan informasi tentang penurunan muka tanah akan sangat bermanfaat bagi aspek-aspek pembangunan seperti untuk perencanaan tata ruang (di atas maupun di bawah permukaan tanah), perencanaan pembangunan sarana / prasarana, pelestarian lingkungan, pengendalian dan pengambilan air tanah, pengendalian intrusi air laut serta perlindungan masyarakat (linmas) dari dampak penurunan tanah (seperti terjadinya banjir), maka sudah sewajarnya bahwa informasi tentang karakteristik penurunan tanah ini perlu diketahui dengan sebaikbaiknya dengan pemantauan secara berkesinambungan (Bakti, 2010)

## **2.2. Pemantauan Penurunan Tanah dengan GPS**

Prinsip studi penurunan tanah dengan metode survei GPS adalah dengan membandingkan koordinat dari beberapa titik pada daerah rawan gerakan tanah yang diperoleh dari beberapa survei GPS yang dilakukan dengan selang waktu tertentu. Karakteristik gerakan tanah diperoleh dengan melakukan analisa pergeseran terhadap perbedaan koordinat titik-titik GPS yang diperoleh tersebut.



Gambar 2.1 Prinsip Studi Gerakan Tanah dengan GPS

Sumber : Abidin, H.Z, 2007

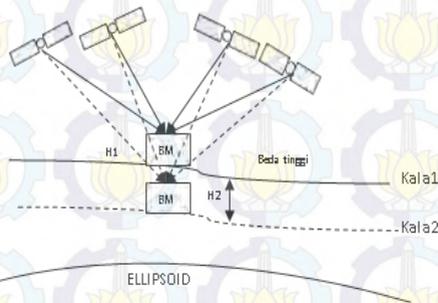
Pengaplikasian GPS untuk pengamatan penurunan tanah dapat menggunakan GPS tipe Geodetik. Penggunaan GPS tipe Geodetik dimaksudkan untuk mendapatkan nilai perbedaan koordinat yang lebih baik hingga mm. Lama pengamatan tergantung dengan jarak antar titik pengamatan. Semakin jauh, maka semakin lama waktu yang diperlukan. Untuk jarak baseline antar titik kurang dari 5 km, pengamatan dilakukan selama 2-3 jam untuk mendapatkan tingkat ketelitian beberapa mm. (Abidin, 2006). Bila lebih dari itu antara 6-12 jam untuk mendapat hasil yang sama. Studi penurunan tanah dengan metode GPS ini mempunyai beberapa keunggulan dan keuntungan (Abidin 2006), yaitu antara lain:

1. GPS memberikan nilai penurunan tanah dalam suatu sistem koordinat referensi yang tunggal, sehingga dapat digunakan untuk memantau fenomena penurunan tanah di suatu wilayah yang relatif luas secara efektif dan efisien.
2. GPS dapat memberikan komponen beda tinggi *ellipsoid* dengan tingkat presisi sampai beberapa mm, dengan

konsistensi yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. Dengan tingkat presisi yang tinggi dan konsistensi ini maka fenomena penurunan tanah yang kecil sekalipun akan terdeteksi dengan baik.

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

Survei GPS yang dilakukan dalam pemantauan gerakan tanah ini adalah dengan metode statik. Penentuan posisi secara statik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam). Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial, dengan menggunakan data pseudorange dan / atau data fase.



Gambar 2.2 Pengamatan Penurunan Tanah Menggunakan GPS

Sumber : Bukhori, 2011

Untuk mendapatkan nilai penurunan tanah adalah dengan menentukan beda tinggi masing – masing pengukuran. Persamaan yang digunakan adalah:

$$\Delta H = H_{n+1} - H_n \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

$\Delta H$  : beda tinggi antar kala

$H_{n+1}$  : tinggi titik pada kala ke  $n+1$

$H_n$  : tinggi titik pada kala ke  $n$

### **2.3. Global Positioning System (GPS)**

GPS merupakan suatu metode penentuan posisi dengan menggunakan satelit GPS yang dikelola oleh Amerika Serikat (Abidin, 1995). Sistem ini sudah mulai banyak digunakan banyak kalangan baik untuk keperluan navigasi maupun untuk penentuan posisi dan bisa digunakan dalam kondisi segala cuaca maupun waktu. Penentuan posisi dengan GPS dilakukan oleh 24 satelit dengan ketinggian 20.000 km di atas permukaan bumi. Ini menyebabkan GPS dapat meliputi wilayah yang cukup luas, dimana penentuan posisi ini didukung oleh tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, segmen sistem kontrol (*control system segment*) dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS.

#### **2.3.1 Pengamatan GPS**

Pengamatan yang digunakan dalam penentuan posisi antara lain menggunakan *pseudorange* dan *carrier phase*. *Pseudorange* merupakan jarak antara satelit dengan *receiver* pada epok tertentu yang didapatkan dari penerimaan sinyal dari satelit GPS. Persamaan pada data pengamatan GPS melalui jarak semu (*pseudorange*) dan jarak fase (*phase range*) (Abidin, 2006) :

$$P_i = \rho + d\rho + d_{trop} + d_{ion_i} + (dt - dT) + MP_i \quad (2)$$

$$L_i = \rho + d\rho + d_{trop} - d_{ion_i} + (dt - dT) + MC_i - \lambda_i.N_i + \vartheta PC_i \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

$P_i$  : pseudorange pada frekuensi  $f_i$  (m), ( $i=1,2$ )

$L_i$  : jarak fase pada frekuensi  $f_i$  (m), ( $i=1,2$ )

$\rho$  : jarak geometris antara pengamat dengan satelit

$c$  : cepat rambat gelombang

$\lambda$  : panjang gelombang

$d\rho$  : kesalahan jarak yang diakibatkan kesalahan orbit

$d_{trop}$  : bias yang disebabkan oleh refraksi troposfer (m)

$d_{ion}$  : bias yang disebabkan oleh refraksi ionosfer (m)

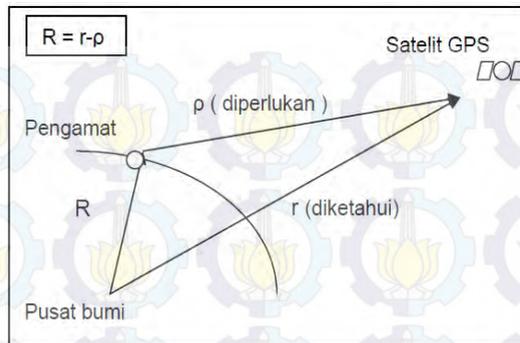
$dt, dT$  : kesalahan pada jam *receiver* dan jam satelit (m)

$M P_i, M C_i$  : efek *multipath* pada hasil pengamatan  $P_i$  dan  $L_i$ (m)

$N_1, N_2$  : *ambiguitas fase* dari sinyal L1 dan L2(dalam jumlah gelombang)

### 2.3.2 Penentuan Posisi dengan GPS

Pada dasarnya, konsep penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinat satelitnya telah diketahui. Secara vektor, prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS diperlihatkan oleh gambar 2.3. Dalam hal ini, parameter yang akan ditentukan adalah vektor posisi geosentrik pengamat ( $R$ ). Untuk itu, karena vektor posisi geosentrik satelit GPS ( $r$ ) telah diketahui, maka yang perlu ditentukan adalah vektor posisi toposentris satelit terhadap pengamat ( $\rho$ ).



Gambar 2.3 Prinsip Dasar Penentuan Posisi Satelit GPS  
Sumber : Abidin, H.Z, 2007

Pada pengamatan dengan GPS, yang bisa diukur hanyalah jarak antara pengamat dengan satelit dan bukan vektor-nya. Oleh sebab itu, rumus yang tercantum pada Gambar 2.3 tidak dapat diterapkan. Untuk mengatasi hal ini, penentuan posisi pengamat dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap beberapa satelit sekaligus secara simultan, dan tidak hanya terdapat satu satelit, seperti yang ditunjukkan pada gambar tersebut.

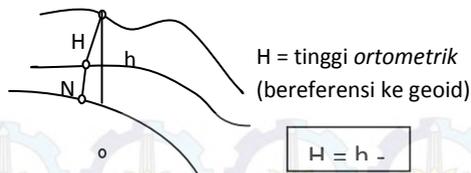
Pada dasarnya penentuan posisi dengan GPS adalah pengukuran jarak secara bersama-sama ke beberapa satelit (yang koordinatnya telah diketahui) sekaligus. Untuk menentukan suatu koordinat suatu titik di bumi, *receiver* setidaknya membutuhkan 4 satelit yang dapat ditangkap sinyalnya dengan baik. Secara *default* posisi atau koordinat yang diperoleh bereferensi ke global datum yaitu *World Geodetic System 1984* atau disingkat *WGS '84*. Secara garis besar penentuan posisi dengan GPS ini dibagi menjadi dua metode yaitu metode absolut dan relatif.

1. Metode absolut atau juga dikenal dengan *point positioning*, merupakan metode untuk menentukan posisi hanya berdasarkan pada satu pesawat penerima (*receiver*) saja dan tipe *receiver* yang digunakan untuk keperluan ini adalah tipe navigasi. Ketelitian posisi yang diperoleh sangat tergantung pada tingkat ketelitian data serta geometri satelit. Metode ini tidak digunakan untuk penentuan posisi yang teliti. Aplikasi utama metode ini adalah untuk keperluan navigasi atau aplikasi-aplikasi lain yang memerlukan informasi posisi yang tidak perlu terlalu teliti tetapi tersediasecara instan (*real time*), seperti untuk keperluan *reconnaissance* (orientasi lapangan) dan *ground trothing* (pengecekan lapangan).

2. Metode relatif atau sering disebut *differential positioning*, merupakan metode untuk menentukan posisi dengan menggunakan lebih dari sebuah *receiver*. Satu GPS dipasang pada lokasi tertentu di muka bumi dan secara terus menerus menerima sinyal satelit dalam jangka waktu tertentu dijadikan sebagai referensi bagi yang lainnya. Metode ini menghasilkan posisi berketelitian tinggi dan diaplikasikan untuk keperluan survey Geodesi ataupun pemetaan yang memerlukan ketelitian tinggi.

### 2.3.3 Penentuan Tinggi dengan GPS

Ketinggian titik yang diberikan GPS adalah ketinggian titik di atas permukaan *ellipsoid*, yaitu *ellipsoid* WGS '84. Tinggi *ellipsoid* ( $h$ ) tidak sama dengan dengan tinggi *orthometrik*. Tinggi *orthometrik* suatu titik adalah tinggi tersebut diatas *geoid* diukur sepanjang garis gaya berat yang melalui titik tersebut, sedangkan tinggi *ellipsoid* suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas *ellipsoid* dihitung sepanjang garis normal ellipsoid yang melalui titik tersebut (Abidin, 2006).



Gambar 2.4 Sistem tinggi

Sumber : Hofmann-Wellenhof, et al., 2006

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketelitian komponen tinggi GPS umumnya 2-3 kali lebih rendah dibandingkan ketelitian komponen horisontalnya. Misalkan saat ini ketelitian horisontal sudah dapat mencapai 2 milimeter, maka komponen tingginya menjadi 3 kali lipatnya, yaitu mencapai 6 milimeter. Ada dua penyebab utama dalam hal ini, yaitu (Abidin, 2007):

- a. Satelit-satelit GPS yang bisa diamati hanya yang berada di atas horison (*one-sided geometry*). Pada dasarnya hal ini secara geometrik tidak optimal, juga karena tidak ada satelit di atas dan di bawah pengamat, maka tidak akan ada efek pengeliminasian kesalahan seperti halnya dalam kasus komponen horisontal. Pada komponen horisontal, adanya satelit di sebelah barat dan timur ataupun di utara dan selatan dari pengamat akan memungkinkan adanya pengeliminasian tersebut.
- b. Efek kesalahan dan bias (ionosfer, troposfer, dan orbit) umumnya adalah pada jarak, yaitu menyebabkan jarak menjadi semakin panjang atau dapat juga menjadi semakin pendek. Dalam hal ini maka yang paling terpengaruh adalah komponen tinggi

#### 2.3.4 Kesalahan dan Bias

Pada saat pengambilan data menggunakan GPS, sinyal satelit akan dipengaruhi oleh beberapa kesalahan

dan bias. Kesalahan dan bias pada dasarnya dapat dikelompokkan menjadi:

1. Satelit , seperti kesalahan *ephemeris*, jam satelit, dan *selective availability* (SA)
2. Medium propagansi, seperti bias ionosfer dan bias troposfer
3. *Receiver* GPS, seperti kesalahan jam *receiver*, kesalahan yang terkait dengan antenna, dan *noise*
4. Data pengamatan, *ambiguitas fase* dan *cycle slips*
5. Lingkungan sekitar GPS *receiver* seperti *multipath* dan *imaging*

Kesalahan dan bias GPS harus diperhitungkan secara benar dan baik, karena besar dan karakteristik dari kesalahan dan bias tersebut akan mempengaruhi ketelitian informasi (posisi, kecepatan, percepatan, waktu) yang diperoleh serta proses penentuan ambiguitas fase dari sinyal GPS. Berikut ini karakteristik dari sebagian kesalahan dan bias akan dijelaskan secara umum. (Abidin, 2007).

#### 2.3.4.1 Kesalahan Ephemeris (Orbit)

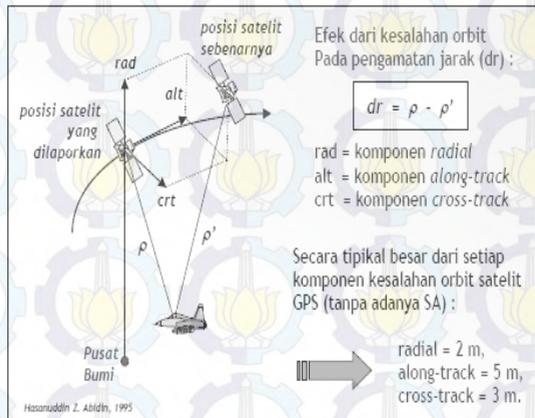
Kesalahan *Ephemeris* (orbit) adalah kesalahan dimana orbit satelit yang dilaporkan oleh *ephemeris* satelit tidak sama dengan orbit satelit yang sebenarnya. Dengan kata lain, posisi satelit yang dilaporkan tidak sama dengan posisi yang sebenarnya. Penyebab kesalahan *ephemeris* diantaranya:

1. Proses perhitungan orbit satelit oleh stasiun-stasiun pengontrol yang tidak teliti
2. Kesalahan pada saat memprediksi orbit untuk periode waktu setelah *record* (perekaman) ke satelit

Ada beberapa cara untuk mengatasi efek kesalahan ini antara lain:

- a. Menerapkan metode *differensial positioning*

- b. Memperpendek panjang *baseline*
- c. Memperpanjang waktu pengamatan
- d. Tentukan parameter kesalahan orbit dalam proses estimasi
- e. Menggunakan informasi orbit yang lebih teliti seperti *precise ephemeris*



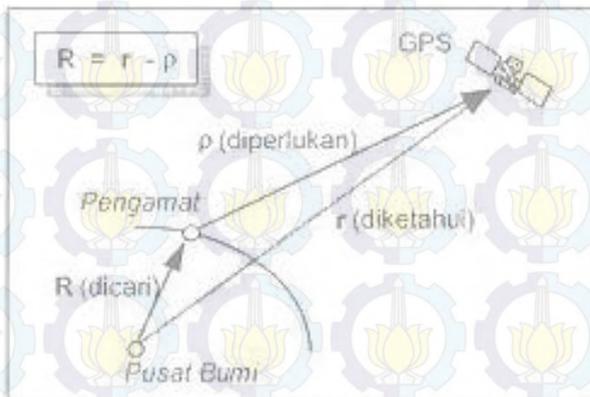
Gambar 2.5 Kesalahan *ephemeris*

Sumber : Abidin, 2001

Pada dasarnya, konsep penentuan posisi dengan GPS adalah pengikatan ke belakang, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang diketahui koordinatnya. Dalam hal ini receiver GPS harus mempunyai 2 data utama yaitu:

1. Jarak antara receiver GPS dengan setiap satelit GPS yang diamati.
2. Posisi/koordinat dari setiap satelit GPS yang diamati. Posisi yang diberikan GPS adalah posisi tiga dimensi yang dinyatakan dalam Datum WGS 1984, selain itu GPS juga

memberikan informasi waktu ( $t$ ). Secara vektor, prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS diperlihatkan oleh gambar 2.6. Dalam hal ini, parameter yang akan ditentukan adalah vektor posisi geosentrik pengamat ( $R$ ). Untuk itu, karena vektor posisi satelit GPS ( $r$ ) telah diketahui, maka yang perlu ditentukan adalah vektor posisi toposentris satelit terhadap pengamat ( $\rho$ ).



Gambar 2.6 Prinsip Dasar Penentuan Posisi Satelit GPS Sumber : Abidin, 2007

Jarak dari receiver GPS ke satelit GPS dapat dihitung dari sinyal yang diterima dari satelit GPS. Sedangkan koordinat satelit GPS diperoleh dari informasi yang dikirimkan oleh satelit GPS tersebut bersama dengan sinyal yang diterima oleh receiver GPS. Untuk dapat menghitung koordinat receiver GPS, paling sedikit harus ada 4 satelit yang teramati. Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi 3 dimensi.

#### 2.3.4.2 Bias Ionosfer

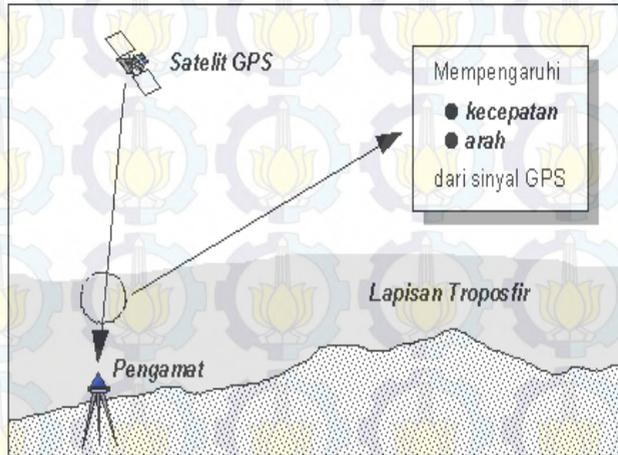
Ionosfer merupakan bagian dari lapisan atas atmosfer dimana terdapat sejumlah elektron dan ion bebas yang mempengaruhi perambatan gelombang radio. Sinyal GPS memancarkan sinyalnya ke *receiver* melewati ionosfer, akibatnya ion-ion tersebut akan mempengaruhi propagasi sinyal satelit terutama pada kecepatan sinyal. Untuk mereduksi kesalahan bias ionosfer, hal-hal yang dilakukan adalah:

- Menggunakan data GPS dari dua frekuensi, L1 dan L2
- Melakukan pengurangan (*differencing*) data pengamatan
- Memperpendek panjang *baseline*
- Melakukan pengamatan pada pagi atau malam hari
- Menggunakan model ionosfer (model *Bent* atau *Klobuchar*)
- Menggunakan parameter koreksi yang dikirimkan oleh sistem WADGPS (*Wide Area Differential GPS*)

#### 2.3.4.3 Bias Troposfer

Sinyal dari satelit GPS untuk sampai ke antenna harus melalui lapisan troposfer, yaitu lapisan atmosfer netral yang berbatasan dengan permukaan bumi dimana temperatur menurun dengan membesarkan ketinggian. Lapisan troposfer mempunyai ketebalan sekitar 9 sampai 16 km, tergantung dengan tempat dan waktu. Ketika melalui troposfer sinyal GPS akan mengalami refraksi, yang menyebabkan perubahan pada kecepatan dan arah sinyal GPS. Efek utama dari troposfer berpengaruh pada

kecepatan, atau dengan kata lain terhadap hasil ukuran jarak.



Gambar 2.7 Efek Troposfer terhadap sinyal GPS  
Sumber : Abidin, 2006

Pada Gambar 2.7 terlihat adanya lapisan troposfer dimana mempengaruhi kecepatan dan arah dari sinyal GPS yang ditangkap receiver. Akibatnya adanya data yang mengganggu dan mengurangi ketelitian.

#### 2.3.4.4 Multipath

Multipath adalah fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antenna GPS melalui dua atau lebih lintasa yang berbeda. Dalam hal ini satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antenna, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda di sekitar antenna sebelum tiba di antenna. Beberapa benda yang bisa memantulkan sinyal GPS antara lain adalah jalan

raya, gedung, danau dan kendaraan. Bidang-bidang pantulan bisa berupa bidang horizontal, vertikal, maupun bidang miring. Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di antenna yang pada akhirnya menyebabkan kesalahan pada hasil pengamatan.



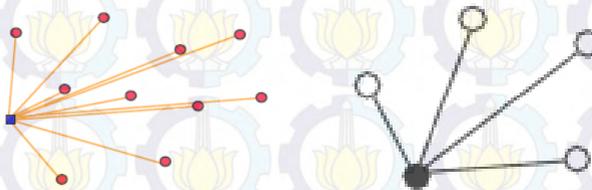
Gambar 2.8 Kesalahan Multipath  
Sumber : Abidin, 2006

Dalam gambar 2.8 terlihat adanya sinyal “*pengganggu*” yang direkam oleh receiver sehingga hal ini menambah jumlah data yang masuk dan dianggap baik oleh receiver. Kesalahan ini tidak bisa direduksi begitu saja oleh receiver, tetapi bisa dilihat ketika waktu pengolahan data.

#### **2.4 Pengamatan Metode Radial**

Pengamatan GPS radial adalah di mana setiap titik diukur secara diferensial dengan satu titik sebagai titik referensinya. Titik referensi tersebut telah diketahui koordinatnya sehingga semua titik ditentukan koordinatnya dengan menggunakan koordinat titik referensi tersebut. Pada penelitian ini difokuskan dalam hal penentuan beda tinggi

geodetik yang teliti. Untuk mendapatkan nilai beda tinggi geodetik yang baik, maka pada penelitian ini dilakukan penentuan beda tinggi geodetik dilakukan menggunakan metoda GPS diferensial dengan moda radial. Pengamatan GPS diferensial menggunakan moda radial dianggap lebih efektif dan efisien daripada penggunaan moda jaring. Dengan kemampuan perangkat lunak yang semakin baik dan canggih, serta semakin baiknya informasi orbit dan informasi pendukung lainnya, maka pengolahan vektor *baseline* menggunakan moda radial saat ini menjadi lebih baik. Sedangkan pada pengolahan data moda jaring, akan terdapat kekurangan ketika terdapat satu *baseline* yang memiliki kesalahan yang cukup besar maka akan mempengaruhi *baseline* lainnya yang memiliki kesalahan yang kecil. Hal ini disebabkan karena pada pengolahan data moda jaring menggunakan prinsip perataan dimana kesalahan dibagi rata pada semua *baseline* (Abidin, 2002). Gambar di bawah menunjukkan pengukuran GPS mode radial. Pengolahan data dari setiap baseline GPS pada dasarnya adalah bertujuan menentukan nilai estimasi vektor baseline atau koordinat relatif. Gambar mode radial yang digunakan dalam pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 2.9 di bawah ini:



Gambar 2.9 Contoh Geometri Jaring Model Radial

Sumber :Hasanuddin,1999

Karakteristik model Jaring Radial:

- 4 base line bebas.

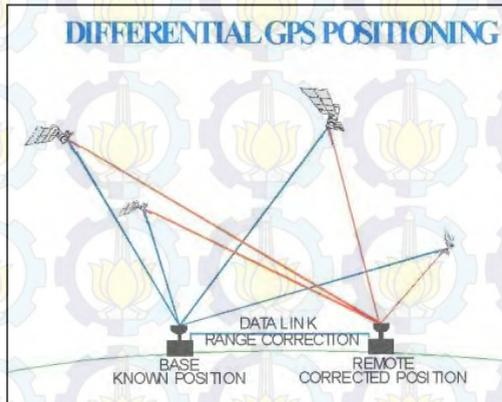
- Geometri untuk penentuan posisi relatif lebih lemah.
- Ketelitian posisi yang diperoleh relatif akan lebih rendah.
- Waktu pengumpulan dan pengolahan data relatif akan lebih cepat.
- Jumlah *receiver* dan/atau sesi pengamatan yang diperlukan relatif lebih sedikit.
- Biaya untuk logistik, transportasi, dan akomodasi relatif akan lebih murah.
- Kontrol kualitas relatif lemah.

### **2.5 CORS (*Continuously Operating Reference Stations*)**

CORS (*Continuously Operating Reference Stations*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS (*Global Navigation Satellite System*) yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetic yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinu selama 24 jam per hari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna (*users*) memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara *post processing* maupun secara *real time*. (*Guidelines for New and Existing Continuously Operating Reference Stations (CORS)*).

Jurusan Teknik Geomatika memiliki GPS CORS ini yang digunakan selama 24 jam merekam data tanpa henti dimana tipe receiver yang digunakan adalah PG-A1 dari TOPCON. *Receiver* GNSS geodetic yang digunakan adalah *rover receiver* GNSS yang mempunyai tipe *dual frequency*, sehingga dalam pengamatannya dapat menerima data pengamatan satelit-satelit GNSS berupa data *code* dan data *phase*. Selain itu, *rover receiver* GNSS yang digunakan tersebut juga harus memiliki teknologi komunikasi, dapat menggunakan teknologi radio/ GSM/ GPRS/ CDMA, sehingga dapat berhubungan dengan stasiun referensi atau

pusat kontrol JRSP (Jaringan Referensi Satelit Pertanahan) untuk mengirimkan dan atau menerima koreksi data koordinat posisi. Dengan adanya stasiun referensi-stasiun referensi yang bekerja di bawah kendali server JRSP, maka dapat diperoleh koordinat atau posisi suatu titik dengan ketelitian yang sangat tinggi (akurasi 1-5cm). (Direktorat Pengukuran Dasar BPN, 2011).



Gambar 2.10 Ilustrasi Metode *Differential GPS Positioning* CORS

Sumber : Morehead State University

Metode yang digunakan dalam penelitian ini tampak seperti gambar 2.10 diatas. Dimana *Base known* position disini adalah CORS ITS dan *Remote Corrected Position* adalah titik pengamatan pada jembatan merr surabaya.

## 2.6 Uji *T-student*

Uji T-student termasuk dalam golongan statistika parametrik.Statistik uji ini digunakan dalam pengujian hipotesis.Uji-t digunakan ketika informasi mengenai nilai varian (ragam) populasi tidak diketahui.

Asumsi pengambilan uji t pada penelitian ini antara lain:

1. Datanya berdistribusi normal

2. Data kurang dari 30 sampel
3. Kedua kelompok data dependen (berpasangan)
4. Variabel yang dihubungkan berbentuk numerik dan kategorik (dengan hanya 2 kelompok).

Untuk menguji kebenaran nilai penurunan yang didapatkan, dilakukan uji dengan menggunakan *general linear hypothesis*. Uji hipotesa tersebut antara lain:

$$\text{Hipotesa nol : } H_0 : \Delta H_{i-j} = 0$$

$$\text{Hipotesa tandingan : } H_a : \Delta H_{i-j} \neq 0$$

$$\text{Uji statistik : } t = \frac{\Delta d h_{ij}}{\hat{\sigma}(\Delta d h_{ij})} \dots \dots \dots (1)$$

$H_0$  = titik tidak mengalami penurunan

$H_a$  = titik mengalami penurunan

Uji statistik dilakukan dengan *student-t test*, hipotesa nol akan ditolak bila

$$|t| > t_{df, \frac{\alpha}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana  $df$  merupakan derajat kebebasan, dan  $\alpha$  adalah derajat kesalahan.

$H_0$  diterima, jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$

$H_0$  ditolak, jika  $t_{hitung} \leq t_{tabel}$

Dari uji tersebut,  $H_0$  diterima jika nilai  $t$  hitung lebih kecil dari pada nilai distribusi  $t$  pada tabel sehingga dari pernyataan ini, titik tersebut tidak mengalami penurunan maupun kenaikan.  $H_0$  ditolak jika nilai uji  $t$  lebih besar dari nilai distribusi  $t$  pada tabel sehingga dari pernyataan ini, titik tersebut mengalami penurunan ataupun kenaikan. (Abidin 2010 dalam Bukhori 2011)

## **2.7 Regresi Linier**

Regresi linier adalah metode statistika yang digunakan untuk membentuk model hubungan antara variabel terikat (*dependen*; respon;  $Y$ ) dengan satu atau lebih variabel bebas (*independen*, *prediktor*,  $X$ ). Apabila banyaknya variabel bebas hanya ada satu, disebut sebagai regresi linier

sederhana, sedangkan apabila terdapat lebih dari 1 variabel bebas, disebut regresi linier berganda.

Untuk menunjukkan hubungan keterkaitan antara satu atau beberapa variabel yang nilainya sudah diketahui dengan satu variabel lain yang nilainya belum diketahui adalah dengan menggunakan persamaan regresi.

Bentuk umum regresi linier sederhana adalah:

$$y = a + bx \quad (1)$$

dengan :

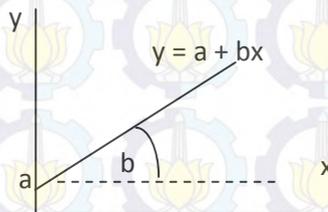
$y$  : variabel tergantung

$x$  : variabel bebas

$a$  : titik potong  $y$ . Merupakan nilai perkiraan bagi  $y$  ketika  $x = 0$

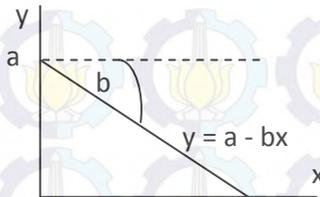
$b$  : kemiringan garis atau perubahan rata-rata pada  $y$  untuk setiap satu unit perubahan (naik atau turun) pada variabel bebas  $x$ .

Nilai  $b$  dapat positif (+) dapat pula negatif (-). Jika  $b$  bernilai positif, maka grafiknya:



Gambar 2.11 Grafik untuk  $b$  positif

Jika  $b$  bernilai negatif, maka grafiknya:



Gambar 2.12 Grafik untuk  $b$  negatif

Penentuan nilai  $a$  dan  $b$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad (2)$$

dengan

$n$  : banyak pasangan data

$y_i$  : nilai peubah tak bebas  $y$  ke  $i$

$x_i$  : nilai peubah bebas  $x$  ke  $i$

$a = y - bx$  sehingga

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - b \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3)$$

Algoritma yang digunakan dalam regresi linier adalah

1. Tentukan titik data yang diketahui dalam  $(x_i, y_i)$  untuk  $i = 1, 2, 3, \dots, N$
2. Hitung nilai  $a$  dan  $b$  dengan menggunakan formulasi dari regresi linier
3. Tampilkan fungsi linier
4. Hitung fungsi linier tersebut dalam *range*  $x$  dan step  $dx$  tertentu
5. Tampilkan hasil tabel  $(x_n, y_n)$  dari hasil fungsi linier tersebut

## 2.8 Penelitian Sebelumnya

Prawoko, Eko Yuli, Taufik (2008) melakukan penelitian tentang penurunan tanah disekitar Lumpur Lapindo dengan

menggunakan GPS dengan metode analisa arah gerakan tanah dan memprediksi perubahan tinggi titik pada tiap kala. Hasil dari pengukuran GPS menunjukkan pergeseran vertikal yang terjadi rata-rata antara  $-0,1275$  m sampai dengan  $0,2574$  m.

Hutomo, Eko Yuli, (2010) melakukan studi tentang pemanfaatan CORS GPS milik ITS dalam hal ini di gedung Teknik Geomatika. Penelitian ini memanfaatkan CORS GPS sebagai alternatif stasiun referensi dalam pengukuran GPS. Dimana dengan cara mendownload data GPS dari web Teknik Geomatika yang nantinya data dari CORS ini dapat digunakan sebagai titik ikat pengukuran/titik referensi.

Wirawan, Indrasurya B Mochtar, Trihanindyo (2012) melakukan penelitian tentang kestabilan tiga Jembatan Merr II-C yang menumpu di atas tanah lempung lunak. Ternyata penurunan yang akan terjadi di masa depan tidak akan membahayakan pengguna jalan, namun diperlukan perbaikan yaitu *overlay* secara berkala pada oprit jembatan dan pada pertemuan antara oprit jembatan dengan pangkal jembatan di bongkar serta diganti pelat injaknya dengan panjang dan tebal tertentu. Untuk perbaikan box culvert hanya perlu di *grouting* secara berkala.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian tugas akhir ini dilakukan di Kota Surabaya yaitu di jembatan MERR II-C. Pengamatan dilakukan pada koordinat  $7^{\circ}18'46,35''$  LS -  $7^{\circ}18'25,71''$  LS dan  $12^{\circ}46'50,65''$  BT -  $12^{\circ}46'49,41''$  BT



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian  
Sumber: Google Earth

## **3.2. Data dan Peralatan**

### **3.2.1. Data**

Data yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah data pengamatan GPS selama 3 kala pada titik yang dipasang di sekitar lokasi jembatan dan data CORS ITS sebagai titik ikat. Data precise eperemis tiap pengukuran yang didownload <http://igsceb.jpl.nasa.gov/igsceb/product/> Pengamatan ini dilakukan selama 3 kala yang diambil setiap 1 bulan sekali mulai dari bulan September - November 2015 dengan lama pengamatan setiap titiknya adalah 4 - 6 jam.

### **3.2.2. Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini antara lain:

#### 1. Perangkat keras

- 1 unit laptop
- 4 set *Receiver GPS Geodetic - Topcon Hiper Pro Dual Frequency* yang digunakan untuk pengambilan data di 12 titik pengamatan

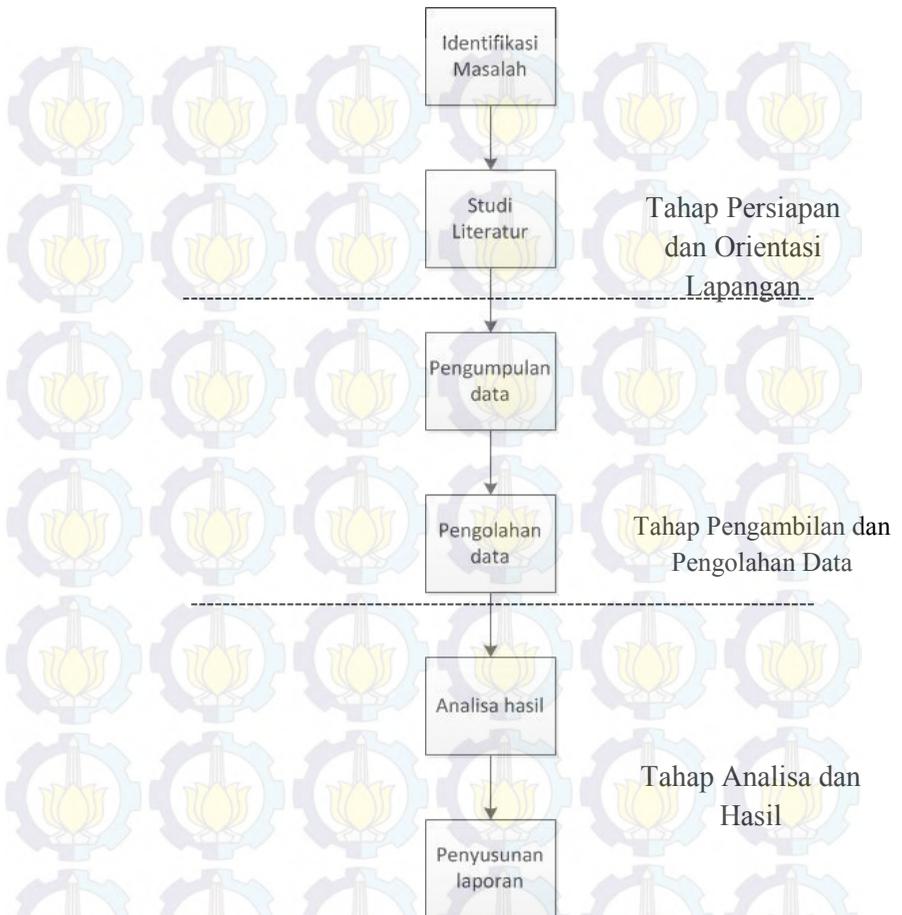
#### 2. Perangkat lunak

- Sistem Operasi *Windows 7*
- Sistem Operasi *Windows XP*
- *Microsoft Office 2010*
- *Topcon Tools*

## **3.3. Metodologi Penelitian**

### **3.3.1. Tahap Penelitian**

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam kegiatan penelitian ini adalah seperti pada diagram alir dari Tahap Persiapan dan Orientasi Lapangan, Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data kemudian Tahap Analisa dan Hasil yang didapat dari pemantauan



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir metode penelitian:

### 3.3.1.1 Tahap Persiapan

Pada tahap ini, kegiatan-kegiatan yang dilakukan adalah :

- **Studi Literatur**

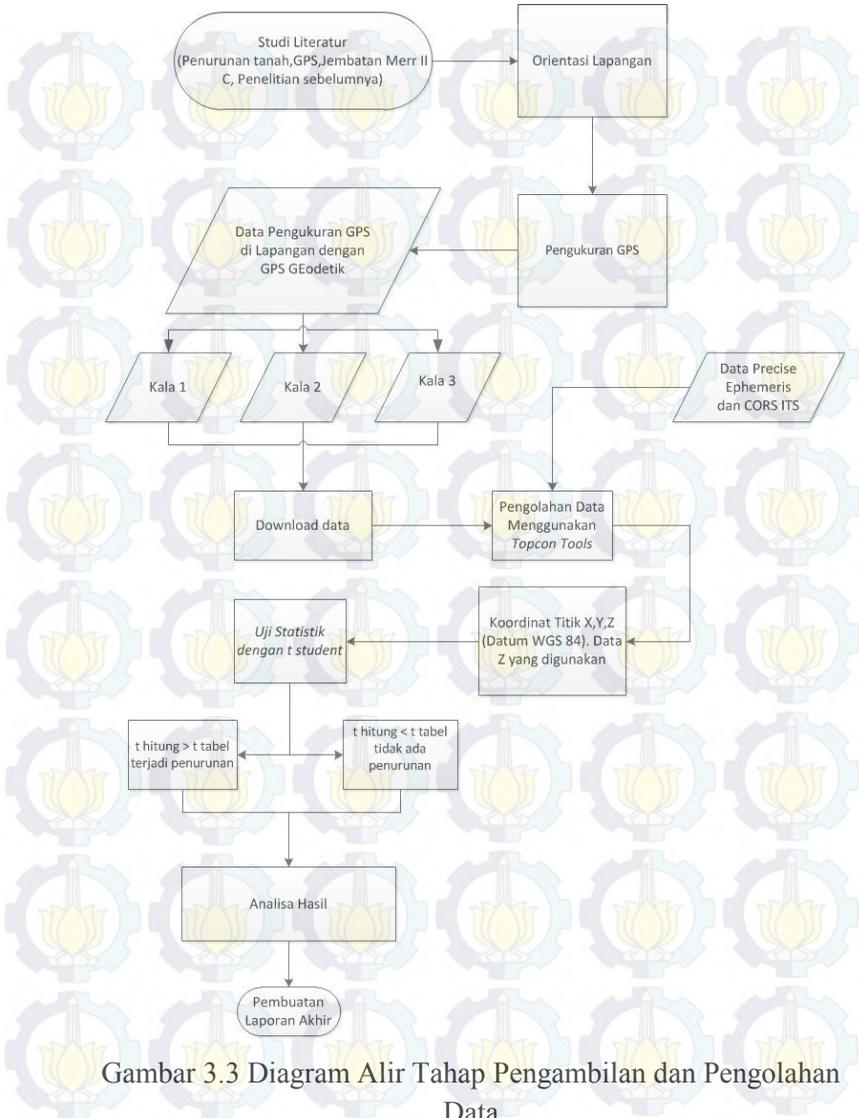
Pada tahap ini pengumpulan literatur mengenai penurunan tanah, hal mengenai GPS yang akan digunakan dalam penelitian kali ini. Literatur yang digunakan dalam bentuk apapun, semisal buku, jurnal ilmiah, majalah, koran, internet dan lain-lain.

- **Orientasi Lapangan**

Orientasi lapangan wajib dilakukan untuk mengetahui kondisi di lapangan sebenarnya. Dari orientasi lapangan ini dapat membuat keputusan bagaimana rencana pengukuran yang akan dilakukan. Setelah melakukan orientasi lapangan dan pembuatan rencana pengukuran dimana titik yang dianggap stabil dan diukur kemudian dilakukan pemasangan BM.

### 3.3.1.2 Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data

Tahapan dalam Pengambilan dan Pengolahan Data adalah sebagai diagram alir berikut :



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Pengambilan dan Pengolahan Data

- **Pengambilan Data**

Pengambilan data langsung dari lapangan dengan GPS *Topcon HyperPro* selama kurang lebih dua hingga empat jam tergantung panjang baseline dan data di download dengan software *PCCDU* (software bawaan TOPCON TOOL)

- **Pengolahan Data**

Pengolahan data dengan software *Topcon Tools* yang diunduh langsung dari receiver GPS *Topcon HyperPro*. Dimana data tersebut diolah untuk didapatkan data elevasi titik tersebut. Pengolahan data di TOPCON TOOLS menggunakan Metode perataan kuadrat terkecil (*Least Square*)

- **Pengolahan Data Tinggi titik per kala pengamatan**

Data yang diambil setelah pengolahan data adalah data tinggi per titik yang hasilnya dibandingkan dengan tinggi sebelumnya.

### **3.4 Tahap Analisa dan Hasil**

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. Elevasi setiap titik digambarkan dengan model regresi linear. Model ini digunakan untuk memprediksi apakah titik pengukuran mengalami penurunan atau kenaikan tanah. Analisa ini digunakan untuk menilai apakah model regresi yang digunakan untuk memodelkan uplift dan subsidence baik apa tidak.

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengolahan Data GPS

Data penelitian didapatkan langsung dari pengukuran di lapangan mulai bulan September – November 2015 dengan menggunakan alat receiver GPS yang meliputi 12 lokasi/titik.



Gambar 4.1. Sebaran titik pengamatan

Data yang diambil dari lapangan kemudian diolah dengan menggunakan *software TOPCON TOOLS*. Hasil pengolahan dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 4.1 hasil pengolahan data ketinggian  
Sumber : Hasil Perhitungan

Titik	Ketinggian (m)		
	Kala 1	Kala 2	Kala 3
1	32.560	32.556	32.555
2	34.562	34.564	34.557
3	34.966	34.958	34.960
4	34.520	34.523	34.524
5	36.244	36.242	36.237
6	35.869	35.869	35.866
7	36.103	36.099	36.091
8	34.770	34.757	34.747
9	33.979	33.976	33.974
10	34.016	34.006	34.002
11	33.913	33.915	33.907
12	32.407	32.396	32.393

Kala 1 pada tanggal 22 – 30 September 2015, Kala 2 pada tanggal 27-31 Oktober 2015, Kala 3 pada tanggal 24-28 November 2015. Berdasarkan data di atas, maka didapatkan perbedaan tinggi dari masing-masing titik dari tiap kala, yaitu:

Tabel 4.2 Nilai *Subsidence* Maupun *Uplift* Setiap Titik  
Sumber : Hasil Perhitungan

Titik	Ketinggian(m)	
	Kala 1-2	Kala 2-3
1	-0.004	-0.001
2	0.002	-0.007
3	-0.008	0.002
4	0.003	0.001
5	-0.002	-0.005
6	0.000	-0.003
7	-0.004	-0.008
8	-0.013	-0.010
9	-0.003	-0.002
10	-0.010	-0.004
11	0.002	-0.008
12	-0.011	-0.003

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*).

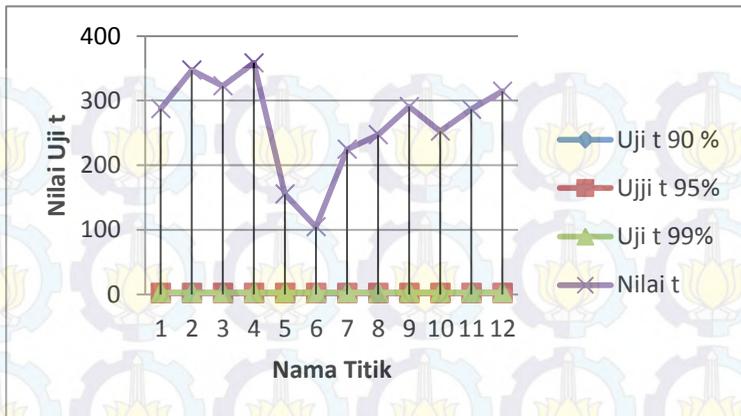
#### 4.2 Uji T-Student

Di bawah ini disajikan hasil perhitungan uji statistik dengan menggunakan uji *T-student*. Penggunaan dari uji ini dimaksud untuk mengetahui nilai signifikansi atau benar tidak suatu nilai hasil pengukuran yang dilakukan karena tidak adanya nilai yang dianggap benar (referensi). Dari pengolahan dengan software topcon tools, didapat standart deviasi sebagai berikut.

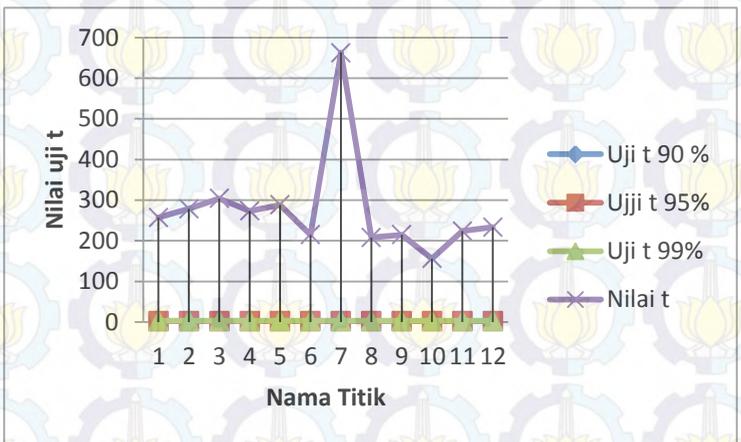
Tabel 4.3 Tabel Perhitungan Uji T

Titik	Standar Deviasi		Uji T	
	$\sigma_{21}$	$\sigma_{32}$	T21	T32
1	0.0035	0.0039	287.3563	257.069409
2	0.0029	0.0036	347.2222	278.551532
3	0.0031	0.0033	322.5806	303.951368
4	0.0028	0.0037	358.4229	273.224044
5	0.0064	0.0035	155.2795	288.184438
6	0.0096	0.0047	104.6025	214.592275
7	0.0045	0.0015	224.7191	662.251656
8	0.0041	0.0048	246.9136	207.900208
9	0.0034	0.0047	290.6977	214.592275
10	0.0040	0.0064	252.5253	156.00624
11	0.0035	0.0045	286.533	223.713647
12	0.0032	0.0043	314.4654	233.100233

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 1,782,  $t_{df,0,025}$  sebesar 2,179, dan  $t_{df,0,005}$  sebesar 3.055. Nilai-nilai tersebut bisa dilihat dalam tabel distribusi t pada lampiran 3.



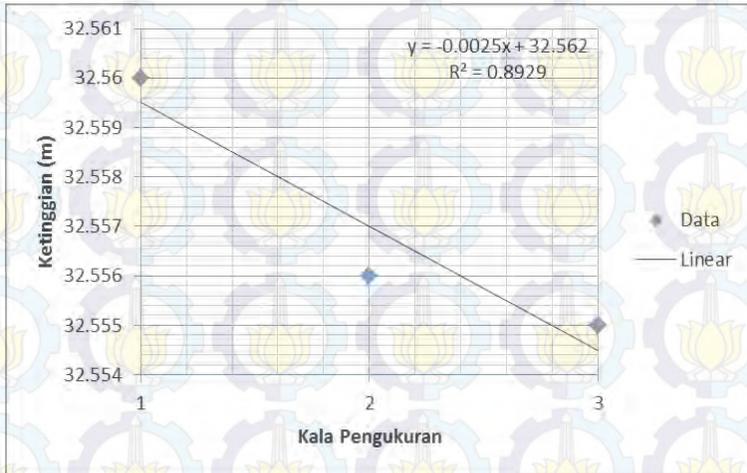
Gambar 4.2 Bagan uji t pada kala 1 dan 2



Gambar 4.3 Bagan uji t pada kala 2 dan 3

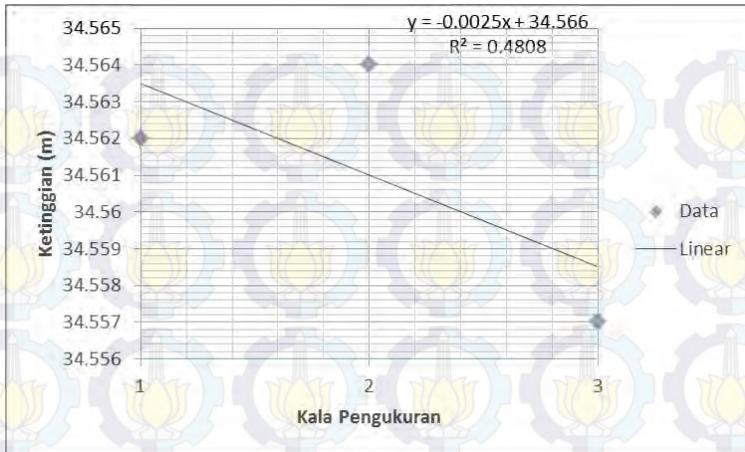
Pada gambar grafik di atas, dapat dilihat bahwa nilai dari uji t yang telah dilakukan tidak ada yang nilainya kurang dari nilai distribusi t sehingga disimpulkan bahwa hipotesa nol pada semua titik ditolak. Artinya semua titik mengalami *uplift* maupun *subsidence*.

### 4.3 Analisa pada Setiap Pengukuran



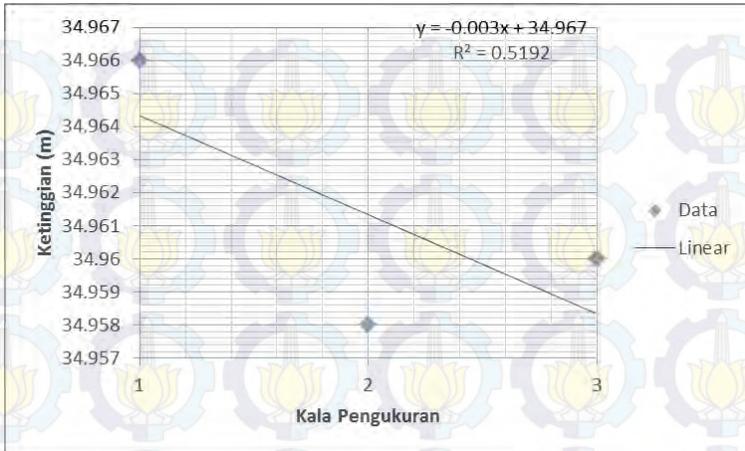
Gambar 4.4 Grafik perubahan elevasi di titik 1

Dari diagram di atas bisa dilihat bahwa pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Hal ini bisa dilihat pada pengukuran mulai kala 1, kala 2 dan kala 3 mengalami penurunan yang relatif linier. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 5mm. Dan apabila dilihat dari nilai  $R^2 = 0,8929$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa bisa digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50 % (Bukhori,2011).



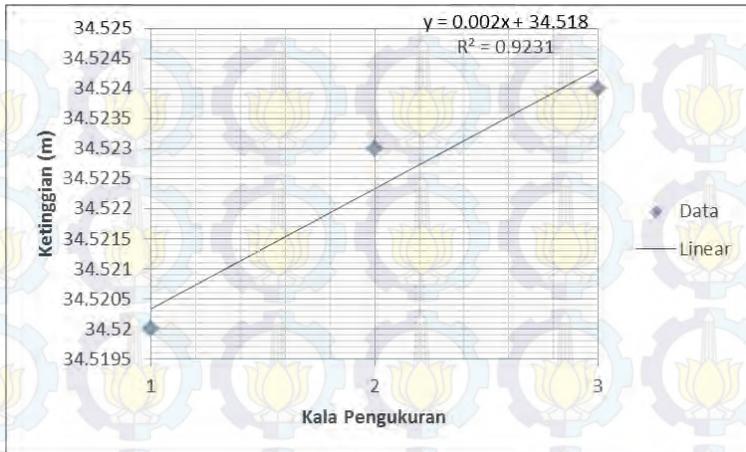
Gambar 4.5 Grafik perubahan elevasi di titik 2

Dari diagram di atas bisa dilihat bahwa pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Hal ini disebabkan karena pada pengukuran kala pertama, nilai tingginya berbeda dengan kala berikutnya yang mana pada kala pertama mengalami *uplift* dan pada kala berikutnya mengalami *subsidence* yang cukup curam dan hampir mengalami perbedaan yang tidak signifikan dari kala 1 dan kala 3 sehingga menyebabkan kurva regresi linier turun. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 5mm. Dan apabila dilihat dari nilai koefisien korelasi dan determinasinya adalah  $R^2 = 0,4808$ , maka regresi ini tidak bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Hal ini disebabkan karena pada pengukuran kala kedua, nilai tinggi kala pertama ke kala kedua mengalami sedikit *uplift* dan pada kala kedua ke kala ketiga mengalami *subsidence* yang cukup curam. Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan analisa regresi linear sangat buruk digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai determinasi kurang dari 0,5 (Bukhori,2011).



Gambar 4.6 Grafik perubahan elevasi di titik 3

Dari diagram di atas bisa dilihat bahwa pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Hal ini disebabkan karena pada pengukuran kala pertama, nilai tingginya berbeda dengan kala berikutnya yang mana pada kala pertama mengalami *subsidence* yang cukup curam dan pada kala berikutnya mengalami sedikit *uplift*. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 6 mm. Dan apabila dilihat dari nilai koefisien korelasi dan determinasinya adalah  $R^2 = 0,5192$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*, namun regresi ini masih rendah digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan semua analisa regresi dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai koefisien determinasi lebih dari 0,5, namun nilai tersebut masih terlalu kecil sehingga tidak bisa dijadikan acuan dengan baik (Bukhori,2011).



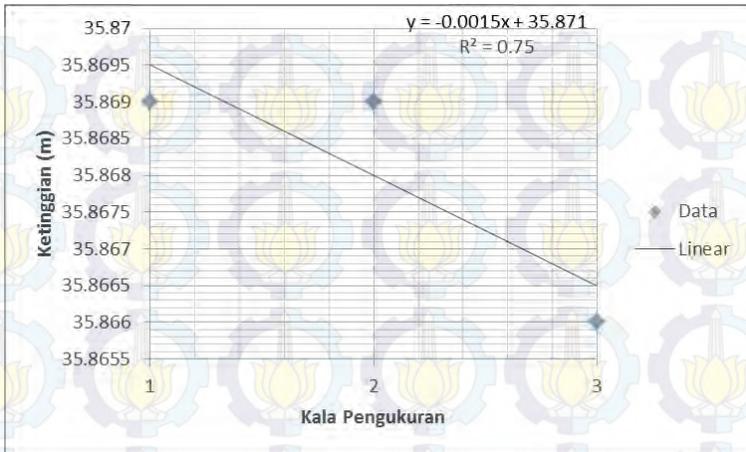
Gambar 4.7 Grafik perubahan elevasi di titik 4

Pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *uplift*. *Uplift* dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 4 mm. Dan apabila dilihat dari nilai  $R^2 = 0,9231$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *uplift*. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa bisa digunakan untuk menggambarkan tingkat *uplift* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50 % (Bukhori,2011).



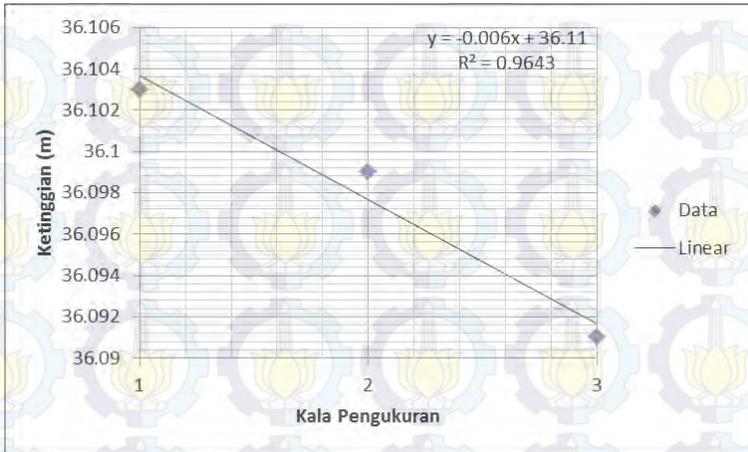
Gambar 4.8 Grafik perubahan elevasi di titik 5

Pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 7mm. Dan apabila dilihat dari nilai  $R^2 = 0,9423$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa bisa digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50 % (Bukhori,2011).



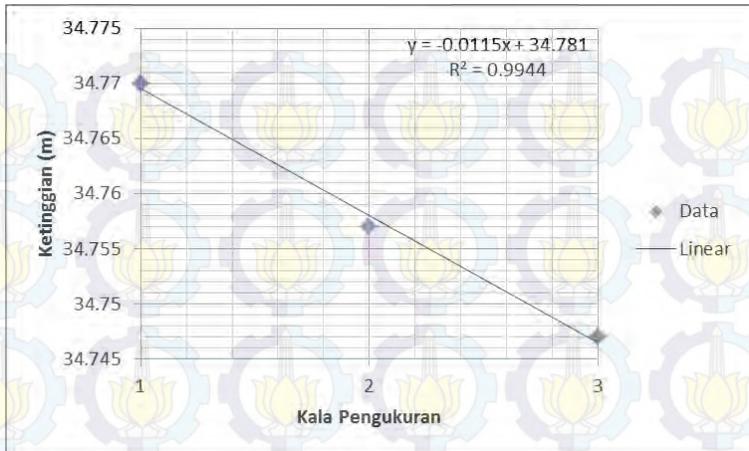
Gambar 4.9 Grafik perubahan elevasi di titik 6

Dari diagram di atas bisa dilihat bahwa pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Hal ini disebabkan karena pada pengukuran kala pertama, nilai tingginya berbeda dengan kala berikutnya yang mana pada kala pertama tidak mengalami perubahan dan pada kala berikutnya mengalami *subsidence*. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 3mm. Dan apabila dilihat dari nilai  $R^2 = 0,75$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa bisa digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50 % (Bukhori,2011).



Gambar 4.10 Grafik perubahan elevasi di titik 7

Pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 12 mm. Dan apabila dilihat dari nilai  $R^2 = 0,9643$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa bisa digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50 % (Bukhori,2011).



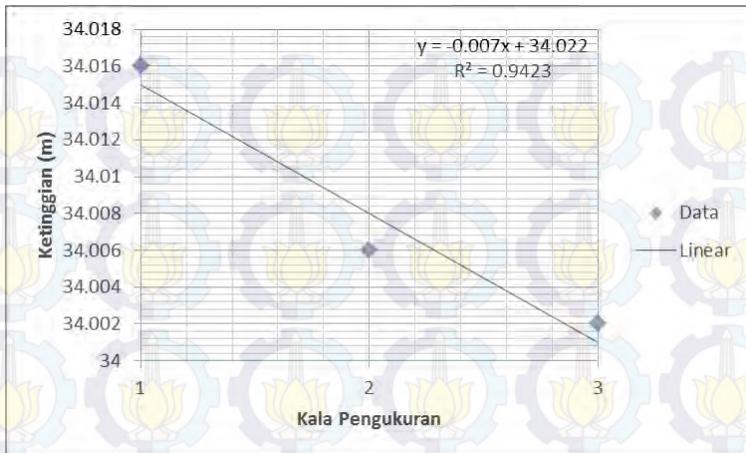
Gambar 4.11 Grafik perubahan elevasi di titik 8

Pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 23 mm. Dan apabila dilihat dari nilai  $R^2 = 0,9944$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa bisa digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50 % (Bukhori,2011).



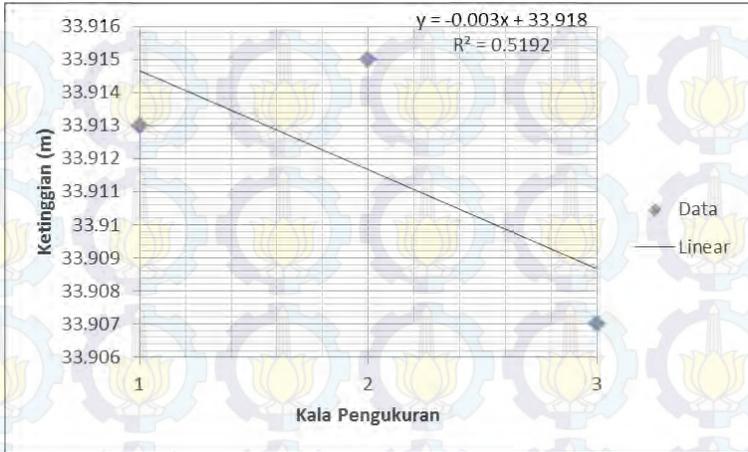
Gambar 4.12 Grafik perubahan elevasi di titik 9

Pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 5mm. Dan apabila dilihat dari nilai  $R^2 = 0,9868$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa bisa digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50 % (Bukhori,2011).



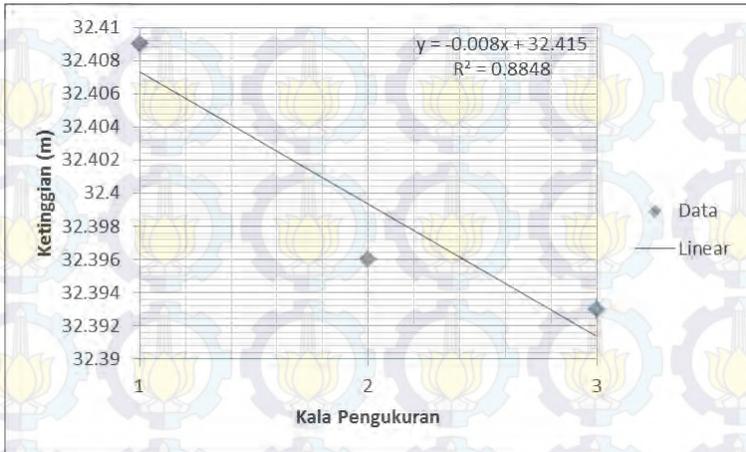
Gambar 4.13 Grafik perubahan elevasi di titik 10

Pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 14 mm. Dan apabila dilihat dari nilai  $R^2 = 0,9423$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa bisa digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50 % (Bukhori,2011).



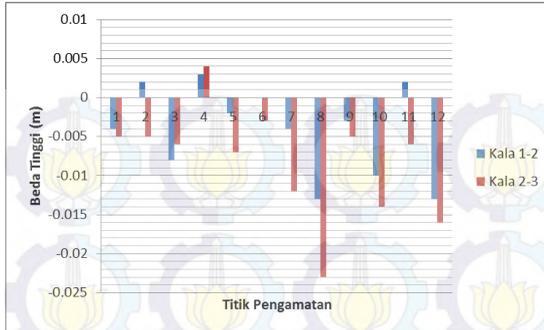
Gambar 4.14 Grafik perubahan elevasi di titik 11

Dari diagram di atas bisa dilihat bahwa pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 6 mm. Dan apabila dilihat dari nilai koefisien korelasi dan determinasinya adalah  $R^2 = 0,5192$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*, namun regresi ini masih rendah digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan semua analisa regresi dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai koefisien determinasi lebih dari 0,5, namun nilai tersebut masih terlalu kecil sehingga tidak bisa dijadikan acuan dengan baik (Bukhori, 2011).



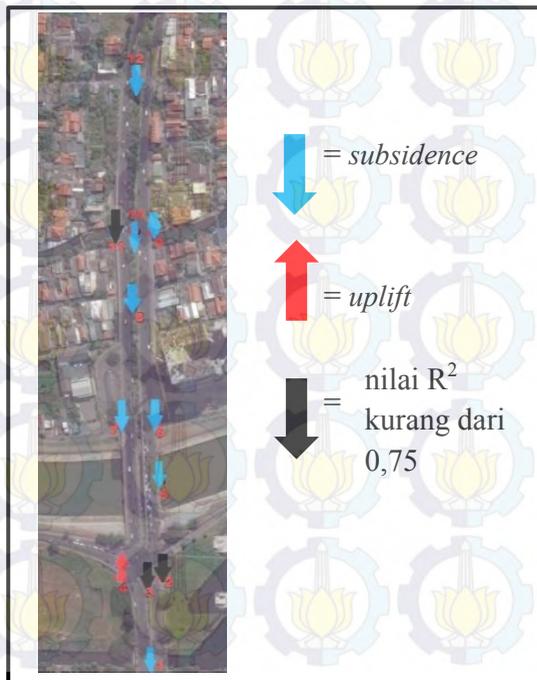
Gambar 4.15 Grafik perubahan elevasi di titik 12

Pada regresi linier, pengukuran tiap kala mengalami *subsidence*. Penurunan dari kala 1 sampai kala 3 sebesar 16 mm. Dan apabila dilihat dari nilai  $R^2 = 0,8848$ , maka regresi ini bisa digunakan untuk menggambarkan kondisi *subsidence*. Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa bisa digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* karena memiliki nilai determinasi lebih dari 0,5 atau 50 % (Bukhori,2011).



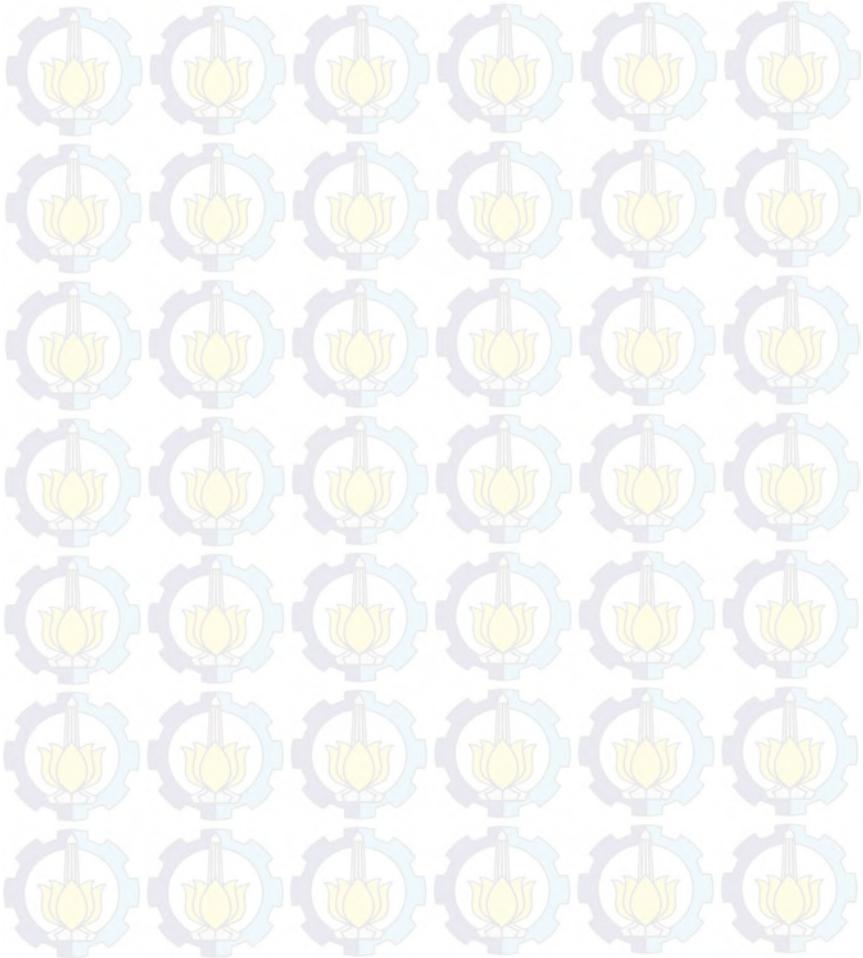
Gambar 4.16 Grafik perubahan elevasi titik pengamatan

Pada grafik perubahan tinggi 12 titik pengukuran dapat diketahui bahwa penurunan tanah terbesar terdapat pada titik 8 adalah 23mm. *uplift* terbesar adalah 4 mm pada titik 4.



Gambar 4.17 Hasil sebaran titik beserta keadaan tanah selama pengamatan

Pada gambar diketahui semua titik mengalami *subsidence* kecuali pada titik 4 yang mengalami *uplift*. Pada titik 2,3 dan 11 yang memiliki nilai koefisien determinasi kurang dari 0,75 sehingga nilai tersebut masih terlalu kecil sehingga tidak bisa dijadikan acuan dengan baik untuk menggambarkan *subsidence* maupun *uplift*.





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Penelitian tentang penurunan tanah pada Jembatan MERR II - C Surabaya ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari penelitian ini membuktikan bahwa pengamatan GPS pada Jembatan MERR-II C setelah dilakukan uji statistik dengan tingkat kepercayaan 90%,95% dan 99% terdapat daerah yang mengalami *uplift* maupun *subsidence*.
2. Semua titik mengalami *subsidence* kecuali pada titik 4 yang mengalami *uplift*. *Subsidence* terbesar adalah sebesar 23 mm pada titik 8 dan *uplift* terbesar adalah 4 mm pada titik 4.
3. Penggunaan semua analisa regresi dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat *subsidence* maupun *uplift* kecuali pada titik 2,3 dan 11 yang memiliki nilai koefisien determinasi kurang dari 0,75 sehingga nilai tersebut masih terlalu kecil sehingga tidak bisa dijadikan acuan dengan baik untuk menggambarkan *subsidence* maupun *uplift*.

#### **5.2 Saran**

1. Perlu adanya penelitian/pemantauan lanjutan mengenai penurunan tanah ini dengan lama kala pengamatan yang lebih lama untuk mendapatkan hasil yang akurat.
2. Melakukan pengecekan pada receiver GPS dan bila perlu bawa tenaga cadangan (baterai/aki)
3. Diharapkan untuk pemantauan selanjutnya bisa menggunakan titik yang sudah digunakan sebelumnya.



***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## Daftar Pustaka

Abidin, H. Z. (2006). *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Anisah. (2008). *Pemanfaatan Teknologi GPS Untuk Pemantauan Pergerakan Tanah Dan Korelasinya Dengan Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah*. Surabaya: Teknik Geomatika ITS.

Bakti, L. M. (2010). *Kajian Sebaran Potensi Rob Kota Semarang dan Usulan*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Bukhori, I. (2011). *Model Estimasi Uplift dan Subsidence dari Hasil Ukuran GPS Menggunakan Metode Polinomial di Area Lumpur Sidoarjo*. Surabaya: Teknik Geomatika ITS.

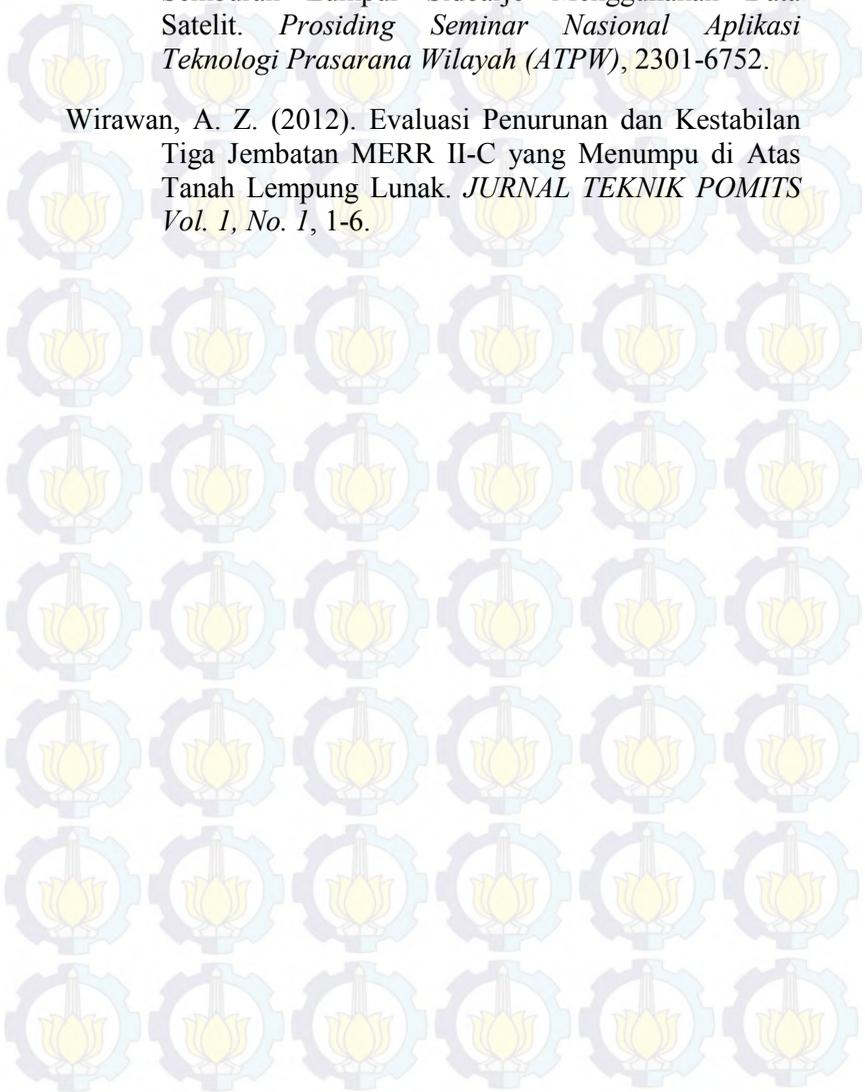
Gamal, M. (2007). Karakteristik Deformasi Gunungapi Ijen dalam Periode 2002-2005 Hasil Estimasi Metode Survei GPS. *PROC. ITB Sains & Tek, Vol. 39 A, No. 1&2*, 1-22.

Kurniawan, A. (2011). *Evaluasi Penurunan Muka Tanah Di Wilayah Kota Surabaya Dari Pengamatan Global Positioning System Dengan GAMIT/GLOBK*. Surabaya: Program Studi Teknik Geomatika ITS.

Prawoko, A. A. (2008). *Pemantauan Land Subsidence untuk Daerah Sekitar Semburan Lumpur Sidoarjo dengan Menggunakan GPS*. Surabaya: Program Studi Teknik Geomatika ITS.

Pribadi, W. (2014). Monitoring Pergerakan Tanah Di Sekitar Semburan Lumpur Sidoarjo Menggunakan Data Satelit. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)*, 2301-6752.

Wirawan, A. Z. (2012). Evaluasi Penurunan dan Kestabilan Tiga Jembatan MERR II-C yang Menumpu di Atas Tanah Lempung Lunak. *JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1*, 1-6.



## LAMPIRAN 1

### Pengolahan Data GPS dengan Topcon Tools

#### Kala 1



#### Project

Project name: kala 1.ttp

Project folder: E:\kuliah\materi kuliah\TA\data TA gps

Creation time: 13/10/2015 15:36:08

Created by:

Comment:

Linear unit: Meters

Angular unit: DMS

Projection: UTMSouth-Zone\_49 : 108E to 114E

Datum: WGS84

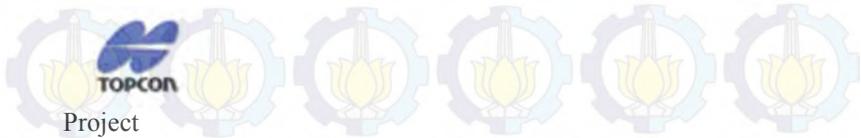
Geoid:

Time Zone: SE Asia Standard Time

#### Point Summary

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
1	9191274,696	696577,113	32.560	
2	9191422,981	696581,754	34.562	
3	9191419,840	696567,508	34.966	
4	9191423,568	696543,710	34.520	
5	9191519,134	696579,579	36.244	
6	9191580,740	696576,341	35.869	
7	9191580,300	696543,866	36.103	
8	9191693,488	696556,058	34.770	
9	9191758,150	696571,077	33.979	
10	9191758,601	696556,525	34.016	
11	9191761,184	696539,769	33.913	
12	9191908,856	696558,936	32.407	
ITS	9194905,843	698129,320	48,651	

## Kala 2



Project

Project name: kala 2.ttp

Project folder: E:\kuliah\materi kuliah\TA\data TA gps

Creation time: 6/11/2015 13:10:49

Created by:

Comment:

Linear unit: Meters

Angular unit: DMS

Projection: UTMSouth-Zone\_49 : 108E to 114E

Datum: WGS84

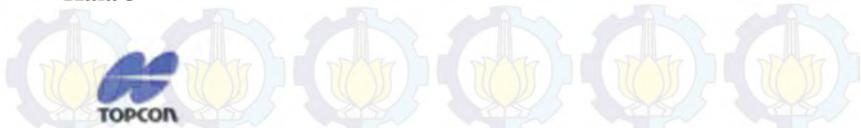
Geoid:

Time Zone: SE Asia Standard Time

Point Summary

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
1	9191274,723	696577,113	32.556	
2	9191423,015	696581,745	34.564	
3	9191419,870	696567,524	34.958	
4	9191423,599	696543,738	34.523	
5	9191519,126	696579,584	36.242	
6	9191580,747	696576,347	35.869	
7	9191580,310	696543,871	36.099	
8	9191693,509	696556,062	34.757	
9	9191758,168	696571,075	33.976	
10	9191758,615	696556,523	34.006	
11	9191761,194	696539,769	33.915	
12	9191908,856	696558,930	32.396	
ITS	9194905,843	698129,320	48,651	

### Kala 3



#### Project

Project name: kala 3.ttp

Project folder: E:\kuliah\materi kuliah\TA\data TA gps

Creation time: 03/12/2015 9:55:36

Created by:

Comment:

Linear unit: Meters

Angular unit: DMS

Projection: UTMSouth-Zone\_49 : 108E to 114E

Datum: WGS84

Geoid:

Time Zone: SE Asia Standard Time

Point Summary

Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code
1	9191274,723	696577,131	32.555	
2	9191423,009	696581,763	34.557	
3	9191419,870	696567,524	34.960	
4	9191423,599	696543,738	34.524	
5	9191519,122	696579,587	36.237	
6	9191580,756	696576,363	35.866	
7	9191580,261	696543,849	36.091	
8	9191693,490	696556,067	34.747	
9	9191758,154	696571,028	33.974	
10	9191758,604	696556,523	34.002	
11	9191761,182	696539,774	33.907	
12	9191908,851	696558,935	32.393	
ITS	9194905,843	698129,320	48,651	

## LAMPIRAN 2

### Foto Titik Pemantauan



Gambar pengamatan GPS pada titik 3 yang diambil pada pengukuran kala kedua tanggal 1 Oktober 2015 pukul 9.00, Cuaca pada saat melakukan pengamatan GPS terang.



Foto titik 1 yang digunakan untuk melakukan pengamatan GPS.  
Gambar diambil pada pengukuran kala 3 pada tanggal 25  
November 2011 pukul 11.00



Gambar pengamatan GPS pada titik 5 yang diambil pada pengukuran kala kedua tanggal 1 Oktober 2015 pukul 11.00, Cuaca pada saat melakukan pengamatan GPS terang.

### LAMPIRAN 3

Tabel Uji *t-student*

d. f.	TINGKAT SIGNIFIKANSI						
	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
dua sisi	20%	10%	5%	2%	1%	0.2%	0.1%
satu sisi	10%	5%	2.5%	1%	0.5%	0.1%	0.05%
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	318.309	636.619
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819

## Biodata Penulis



Achmad Frandik. Penulis lahir di Mojokerto, 14 Mei 1993. Anak pertama dari satu bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuhnya antara lain di SDN Gading I Surabaya, SMPN 9 Surabaya, dan SMAN 4 Surabaya. Selepas tamat SMA tahun 2011, penulis diterima pada Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS dengan NRP 3511 100 049. Penulis mengambil penelitian tugas akhir di bidang keahlian ilmu Geodesi dengan judul “Studi Penurunan Tanah Pada Jembatan MERR II-C Surabaya Dengan Teknologi GPS”. Penulis aktif dalam keanggotaan organisasi Himpunan Mahasiswa Geomatika ITS (HIMAGE-ITS) antara lain menjadi staff divisi Seni dan Olahraga (SO) HIMAGE-ITS (2012-2013), staff minat bakat BEM FTSP (2012-2013). Penulis juga pernah terlibat dalam beberapa pekerjaan terkait pengukuran dan pemetaan antara lain pengukuran perencanaan perumahan Puri Matahari, Muara Teweh (2014), perencanaan pembangunan jalan di wilayah Bojonegoro (2014).