

# **SKRIPSI**

## **STUDI DEFORMASI MUKA TANAH MENGGUNAKAN METODE SURVEI GPS**

*(Studi Kasus : Kota Semarang)*



**Disusun Oleh :**

**TOMI WIJAYA**

**1025910**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL**

**MALANG**

**2013**

1971

RESEARCH AND DEVELOPMENT CENTER FOR  
AGRICULTURAL MECHANIZATION

1971

(Approved by : ...)

: ...

AYAHAN ...

... 1971

PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

... 1971

...

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**STUDI DEFORMASI MUKA TANAH MENGGUNAKAN METODE  
SURVEI GPS  
(Studi Kasus : Kota Semarang)**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai  
Gelar Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang**

Oleh :

**TOMI WIJAYA**

**10.25.910**


**Menyetujui :**

**Dosen Pembimbing I**



**(Silvester Sari Sai, ST., MT)**

**Dosen Pembimbing II**



**(Hery Purwanto, ST., MSc.)**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1**



**(Ir. Agus Darpono, MT)**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**STUDI DEFORMASI MUKA TANAH MENGGUNAKAN METODE**

**SURVEI GPS**

*(Studi Kasus : Kota Semarang)*

Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Skripsi Jenjang Strata - 1

(S-1)

Pada hari : Sabtu

Tanggal : 13 Juli 2013

Dan diterima untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)

Oleh :

**TOMI WIJAYA**

**10.25.910**

**Panitia Ujian Skripsi**

**Ketua**



**(Ir. Agus Darpono, MT)**

**Sekretaris**



**(Silvester Sari Sai, ST., MT)**

**Anggota Penguji**

**Penguji I**

**Penguji II**

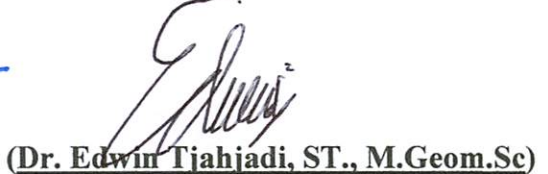
**Penguji III**



**(Ir. Agus Darpono, MT)**



**(Silvester Sari Sai, ST., MT)**



**(Dr. Edwin Tjahjadi, ST., M.Geo.Sc)**

# STUDI DEFORMASI MUKA TANAH MENGGUNAKAN METODE SURVEI GPS

*(Studi Kasus : Kota Semarang)*

Tomi Wijaya (1025910)

Dosen Pembimbing 1 : Silvester Sari Sai, ST., MT

Dosen Pembimbing 2 : Hery Purwanto, ST., MSc.

## Abstraksi

*Pengambilan air tanah secara berlebihan di kota Semarang dapat berakibat besar terhadap terjadinya pergerakan muka tanah pada area yang cukup luas. Kondisi tersebut mengakibatkan kota Semarang berpeluang besar mengalami dampak lingkungan disebabkan penurunan tanah. Salah satu dampak dari penurunan tanah adalah banjir pasang laut atau rob. Rob merupakan fenomena yang menarik yaitu banjir terjadi tanpa adanya hujan.*

*Untuk mengetahui karakteristik pergerakan muka tanah diperlukan pengukuran geodetik secara berkala terhadap titik pantau yang telah dipasang. Metode yang dapat digunakan untuk memantau pergerakan muka tanah salah satu diantaranya adalah menggunakan Global Positioning System Geodetic. Pada prinsipnya yaitu menentukan koordinat beberapa titik pantau yang ditempatkan di beberapa lokasi yang dipilih secara periodik. Dengan mempelajari pola dan kecepatan perubahan koordinat dari titik-titik tersebut dari survei yang satu ke survei, maka karakteristik pergerakan muka tanah akan dapat dihitung dan dipelajari.*

*Hasil perhitungan uji statistik T-Student untuk koordinat geosentrik datum WGS 84 dengan tingkat kepercayaan (confidence level) 95% menyatakan bahwa semua titik pantau mengalami pergeseran. Hasil perhitungan uji statistik T-Student untuk tinggi ellipsoid dengan tingkat kepercayaan (confidence level) 95% menyatakan bahwa terdapat dua titik yang tidak mengalami penurunan. Titik yang lain menolak  $H_0$  dan menerima  $H_A$  yang berarti mengalami penurunan.*

*Kata Kunci: Semarang, pergerakan muka tanah, uji statistik.*

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tomi Wijaya  
NIM : 10.25.910  
Program Studi : Teknik Geodesi S-1  
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul

### **“STUDI DEFORMASI MUKA TANAH MENGGUNAKAN METODE SURVEI GPS (*Studi Kasus : Kota Semarang*)”**

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 29 Agustus 2013

Yang membuat pernyataan

Tomi Wijaya

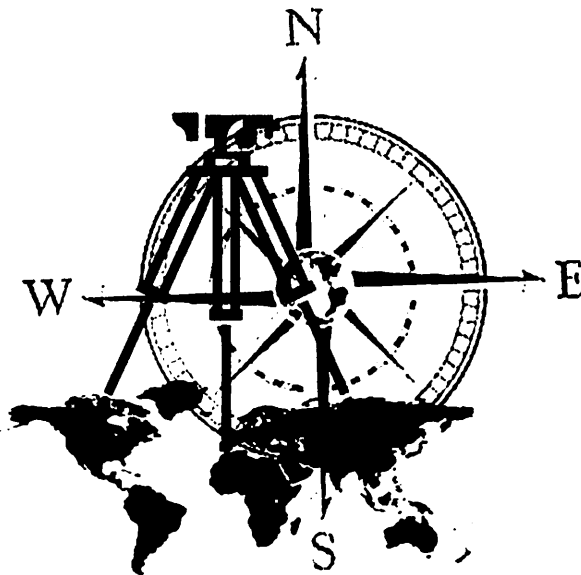
NIM : 10.25.910

# بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

**-Bagilah pengetahuanmu, karena inilah cara satu-satunya untuk mengabadikannya-**

**-Bukanlah seorang pemuda yang mengatakan “inilah ayahku” tapi seorang pemuda akan mengatakan “inilah aku” (Ali bin Abi Thalib)-**

**-Kesulitan adalah tantangan, taklukkan hingga batas akhir kemampuan kita-**



**Skripsi ini saya persembahkan untuk :**

**“Ayah dan ibu\_ terima kasih atas segala bentuk dukungan, pengorbanan dan do’a.  
Semoga karya ini dapat mengobati rasa lelah ayah dan ibu”**

**“Kakak\_ kemarin adalah pelajaran, hari ini adalah perjuangan dan esok adalah harapan. Sekarang saatnya kita bersama-sama berjuang untuk membangun masa depan kita”**

**“Seluruh keluarga besarku”**

**“Teman – teman”**

**“Semua orang yang tertarik dengan ilmu pengetahuan”**

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT Sang Pencipta semesta alam, karena hanya dengan segala rahmat dan hidayah-NYA, penulis dapat menyelesaikan Skripsi sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik (S-1) pada Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.

Skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan tanpa kehendak Allah SWT, serta bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak dan Ibu serta semua keluarga yang senantiasa memberikan dukungan moril dan finansial untuk mencapai cita-citaku.
2. Bapak Ir. Agus Darpono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Silvester Sari Sai, ST.MT, selaku dosen pembimbing I yang senantiasa sabar membimbing.
4. Bapak Hery Purwanto, ST., MSc. selaku dosen pembimbing II yang senantiasa sabar membimbing.
5. Segenap dosen, staf pengajar dan *recording* Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Teman-teman Geodesi yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
7. Tidak lupa untuk anak-anak “Gang Kita”, semoga solid selalu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih belum sempurna, baik dari segi materi, sistematika pembahasan, maupun susunan bahasa. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Hasil penelitian ini dan dengan segala keterbatasannya dipersembahkan kepada dunia



pendidikan, semoga ada manfaatnya untuk pengembangan sumber daya manusia di negara tercinta ini.

Malang, 29 Agustus 2013

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>Judul</b> .....	<b>i</b>
<b>Lembar Persetujuan</b> .....	<b>ii</b>
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	<b>iii</b>
<b>Abstraksi</b> .....	<b>iv</b>
<b>Surat Pernyataan Keaslian Skripsi</b> .....	<b>v</b>
<b>Lembar Persembahan</b> .....	<b>vi</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>vii</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>ix</b>
<b>Daftar Gambar</b> .....	<b>xii</b>
<b>Daftar Tabel</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
I.4 Batasan Masalah .....	3
I.5 Tinjauan Pustaka .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>5</b>
II.1. Deformasi .....	5
II.1.1. Jenis Deformasi.....	7
II.1.2. Metode Pengamatan Deformasi .....	9
II.1.3. Pengamatan deformasi menggunakan GPS .....	11
II.2. Sistem Koordinat .....	12
II.2.1. Sistem Koordinat Tegak Lurus (Rectangular) X,Y,Z.....	12
II.2.2. Sistem Koordinat Geodesi .....	12
II.2.3. Sistem Koordinat Astronomis.....	13

II.2.4. Sistem Koordinat Geosentris .....	15
II.3. Survei Dengan GPS .....	15
II.3.1. Metode pengukuran GPS .....	17
II.3.2. Tahap pelaksanaan survei GPS .....	21
II.3.2.1. Perencanaan dan Persiapan .....	22
II.3.2.2. Monumentasi.....	23
II.3.2.3. Observasi GPS .....	23
II.3.2.4 Pemrosesan Data GPS.....	24
II.4. Uji Statistik Untuk Deformasi .....	31
II.4.1. Pengujian Model Jaring .....	32
II.4.1.1. Global Test.....	32
II.4.1.2. Lokal Test .....	34
II.4.2. Pengujian Model Radial.....	34
<b>BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN .....</b>	<b>36</b>
III.1. Persiapan .....	36
III.1.1. Alat Penelitian .....	36
III.1.2. Bahan Penelitian .....	37
III.2. Diagram Alir Penelitian .....	38
III.3. Pengukuran Lapangan.....	39
III.4. Proses Pengolahan Menggunakan <i>Software</i> TBC.....	38
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>52</b>
IV.1. Hasil Penelitian .....	52
IV.1.1. Tahun 2011 .....	52
IV.1.1. Tahun 2012.....	54
IV.2. Hasil Nilai Vektor Deformasi .....	56
IV.4. Analisis Statistik (T-Student).....	63

<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>65</b>
V.1. Kesimpulan.....	65
V.2. Saran.....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Deformasi dalam medium yang kontinyu .....	6
Gambar 2.2. Translasi .....	7
Gambar 2.3. Rotasi.....	7
Gambar 2.4. Regangan normal.....	8
Gambar 2.5. Regangan menyilang .....	8
Gambar 2.6. Jaringan absolute.....	10
Gambar 2.7. Jaringan relatif.....	10
Gambar 2.8. Sistem koordinat rectangular dan geodesi.....	13
Gambar 2.9. Sistem koordinat astronomis .....	14
Gambar 2.10. Sistem koordinat geosentris .....	15
Gambar 2.11. Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS (pendekatan vektor) .	16
Gambar 2.12. Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS .....	16
Gambar 2.13. Penentuan posisi titik-titik dengan metode survei GPS (model jaringan).....	17
Gambar 2.14. Penentuan posisi titik-titik dengan metode survei GPS (model radial).....	18
Gambar 2.15. Metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS .....	19
Gambar 2.16. Metode penentuan posisi stop-and-go.....	20
Gambar 2.17. Metode survei penentuan posisi pseudo-kinematik .....	20
Gambar 2.18. Contoh kombinasi metode penentuan posisi dengan GPS .....	21
Gambar 2.19. Tahapan umum pelaksanaan survei GPS .....	22

Gambar 2.20. Skema Umum Pengolahan Data Survei GPS .....	24
Gambar 2.21. Pengolahan data baseline GPS .....	25
Gambar 2.22. Vektor <i>baseline</i> lepas dan terikat .....	27
Gambar 2.23. diagram alir pengolahan data GPS .....	29
Gambar 3.1. Lokasi penelitian pada citra <i>google earth</i> .....	37
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian .....	38
Gambar 4.1. Jaring Pengukuran Tahun 2011 .....	52
Gambar 4.2. Jaring Pengukuran Tahun 2012 .....	54
Gambar 4.3. Perubahan tiga dimensi BM33 .....	56
Gambar 4.4. Perubahan Vertikal BM33 .....	56
Gambar 4.5. Perubahan tiga dimensi BM35 .....	57
Gambar 4.6. Perubahan Vertikal BM35 .....	57
Gambar 4.7. Perubahan tiga dimensi BM32 .....	57
Gambar 4.8. Perubahan Vertikal BM32 .....	57
Gambar 4.9. Perubahan tiga dimensi BM3 .....	58
Gambar 4.10. Perubahan Vertikal BM3 .....	58
Gambar 4.11. Perubahan tiga dimensi BM31 .....	58
Gambar 4.12. Perubahan Vertikal BM31 .....	58
Gambar 4.13. Perubahan tiga dimensi BM11 .....	59
Gambar 4.14. Perubahan Vertikal BM11 .....	59
Gambar 4.15. Perubahan tiga dimensi BM01 .....	59
Gambar 4.16. Perubahan Vertikal BM01 .....	59

Gambar 4.17. Perubahan tiga dimensi BM14 .....	60
Gambar 4.18. Perubahan Vertikal BM14.....	60
Gambar 4.19. Perubahan tiga dimensi BM41 .....	60
Gambar 4.20. Perubahan Vertikal BM41.....	60
Gambar 4.21. Perubahan tiga dimensi BM04 .....	61
Gambar 4.22. Perubahan Vertikal BM04.....	61
Gambar 4.23. Perubahan tiga dimensi BM42 .....	61
Gambar 4.24. Perubahan Vertikal BM42.....	61
Gambar 4.25. Perubahan tiga dimensi BM45 .....	62
Gambar 4.26. Perubahan Vertikal BM45.....	62
Gambar 4.27. Perubahan tiga dimensi N10259 .....	62
Gambar 4.28. Perubahan Vertikal N10259 .....	62
Gambar 4.29. Perubahan tiga dimensi BM44 .....	63
Gambar 4.30. Perubahan Vertikal BM44.....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel daftar peralatan dan perlengkapan .....	40
Tabel 3.2. Daftar titik yang bersesuaian pada pengukuran tahun 2011 dan 2012 .....	51
Tabel 4.1. Daftar Koordinat Grid Datum WGS84 Tahun 2011 .....	53
Tabel 4.2. Daftar Koordinat Grid UTM Datum WGS84 Tahun 2012 .....	55
Tabel 4.3. Vektor Deformasi Tahun 2011 – 2012 .....	56
Tabel 4.4. T Hitung Vektor Easting dan Northing .....	63
Tabel 4.5. T Hitung Vektor h .....	64



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Kota-kota besar di Pulau Jawa banyak tumbuh di daerah pesisir pantai yang terdapat muara aliran sungai. Secara genetik, di wilayah tersebut tersebar material endapan aluvial. Material alluvium banyak tersebar di daerah kota pesisir pantai utara Jawa seperti di kota Jakarta, Semarang dan Surabaya. Endapan alluvial ini merupakan endapan yang belum terlitifikasi sehingga masih dalam proses konsolidasi dan kompaksi.

Berdasarkan peta geologi Lembar Semarang – Magelang (Robert E Thaden, dkk, 1975) kota Semarang tersusun dari 5 (lima) formasi batuan, yakni Endapan Aluvium (Qa), Formasi Damar (Qtd), Formasi Kaligetas (Qpkg), Formasi Kalibeng (TmPk) dan Formasi Kerek (Tmk). Kota Semarang dapat dibagi menjadi tiga satuan geomorfologi, yaitu Dataran Aluvial, Perbukitan Berelief Halus dan Perbukitan Berelief Sedang.

Deformasi adalah perubahan bentuk, dimensi atau posisi dari suatu materi baik merupakan bagian dari alam ataupun buatan manusia dalam skala waktu dan ruang. Deformasi (pergerakan) yang terjadi pada muka tanah dapat diakibatkan oleh beban yang berat di atasnya (*overburden*, bangunan, dll), bukaan bawah tanah (tambang, terowongan, galian, dll), pemompaan air tanah dan pengambilan gas alam yang berlebihan, aktivitas tektonik. Dari beberapa tipe pergerakan tanah diatas, pergerakan akibat pengambilan air tanah yang berlebihan dipercaya

sebagai salah satu tipe pergerakan tanah yang dominan untuk kota-kota besar tersebut.

Pengambilan air tanah secara berlebihan di kota Semarang adalah faktor yang berakibat besar terhadap pergerakan muka tanah pada area yang cukup luas. Kondisi tersebut mengakibatkan kota Semarang berpeluang besar mengalami dampak lingkungan yang disebabkan oleh pergerakan tanah, salah satu diantaranya adalah banjir pasang laut atau rob. Rob merupakan fenomena yang menarik yaitu banjir terjadi tanpa adanya hujan.

Untuk mengetahui karakteristik pergerakan muka tanah di kota Semarang maka diperlukan pengukuran geodetik secara berkala terhadap titik pantau yang telah dipasang. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk memantau pergerakan muka tanah, salah satu diantaranya adalah menggunakan *Global Positioning System Geodetic*.

Prinsip studi pergerakan muka tanah menggunakan metode survei *GPS* yaitu penentuan koordinat secara periodik pada beberapa titik pantau yang ditempatkan di beberapa lokasi yang dipilih secara teliti. Karakteristik pergerakan muka tanah akan dapat dihitung dengan mempelajari pola dan kecepatan perubahan koordinat dari survei satu ke survei berikutnya.

## **I.2. Rumusan Masalah**

Geodesi berperan dalam melakukan analisis geometrik dengan menggunakan data hasil pengamatan geodetik. Analisis geometrik dapat menghasilkan interpretasi secara kualitatif terhadap permukaan tanah yang mengalami pergeseran tanpa melibatkan efek-efek penyebab dan sifat-sifat materi. Analisis geometrik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis pergeseran

(*displacement*) dan arah (*direction*) pergeseran. Analisis tersebut merupakan analisis geometrik yang menunjukkan perubahan posisi suatu materi dengan menggunakan data perbedaan posisi yang didapat dari hasil pengamatan geodetik pada waktu yang berbeda.

Untuk dapat menghitung besar pergerakan muka tanah dibutuhkan data koordinat dari pengukuran geodetik yang dilakukan secara periodik. Pada penelitian ini metode pengukuran dilakukan dengan menggunakan GPS tipe geodetik dengan selang waktu satu tahun. Pengukuran dilakukan pada titik tetap (*bench mark*) dan titik pantau yang telah dipasang pada lokasi yang dipengaruhi oleh faktor pergerakan muka tanah tersebut. Selisih nilai koordinat titik pantau dari data tahun ke tahun menunjukkan besar vektor pergerakan muka tanah. Nilai vektor pergerakan tersebut menginformasikan besar dan arah pergerakan muka tanah di kota Semarang secara akurat.

### **I.3. Tujuan Penelitian**

1. Memperoleh data koordinat secara periodik dari titik-titik pengamatan.
2. Untuk mengetahui nilai pergerakan (deformasi) permukaan tanah kota Semarang berdasarkan data temporal hasil pengamatan *GPS* geodetik tahun 2011 dan 2012.

### **I.4 Batasan Masalah**

1. Perhitungan vektor pergeseran lateral muka tanah dilakukan menggunakan sistem koordinat UTM datum WGS 84.
2. Perhitungan vektor penurunan muka tanah dilakukan menggunakan tinggi ellipsoid datum WGS 84.

## I.5. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh R.Irvan Sophian dengan judul “Penurunan Muka Tanah di Kota-kota Besar Pesisir Pantai Utara Jawa (Studi Kasus : Kota Semarang)”. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan pengeboran inti untuk mendapatkan contoh tanah yang terganggu ( *undisturb sample* ) yang diambil di daerah penelitian. Analisa penurunan muka tanah akibat beban *overburden* dilakukan pada setiap lapisan tanah lempung. Penelitian tersebut lebih fokus terhadap analisa fisis yang mempengaruhi geometri tanah.

Pada penelitian ini penulis akan melakukan penelitian terhadap pergerakan muka tanah di kota Semarang dengan menggunakan metode survei GPS tipe geodetik. Analisis yang dilakukan adalah analisis geometrik yaitu koordinat Easting, Northing dan h diatas Ellipsoid.



## **BAB II**

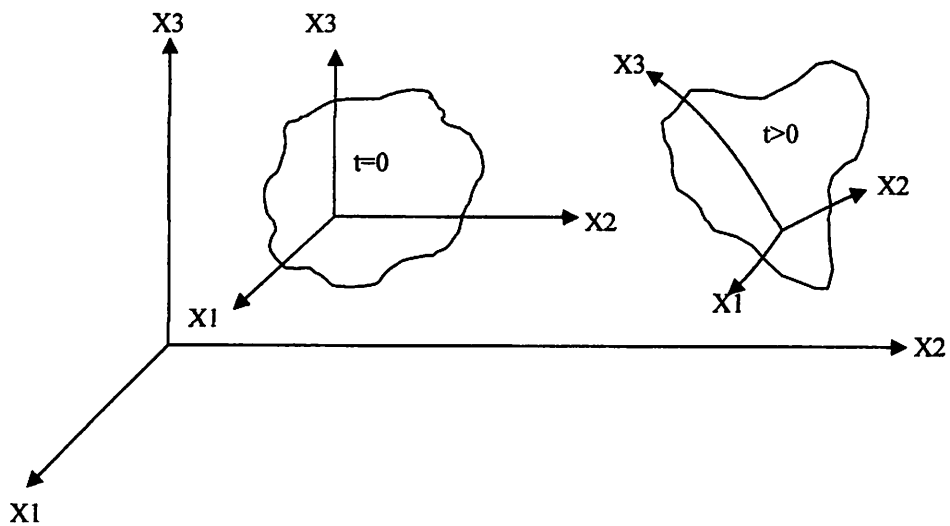
### **LANDASAN TEORI**

#### **II.1. Deformasi**

Deformasi permukaan tanah (*land deformation*) merupakan perubahan posisi permukaan tanah dalam arah vertikal dan horizontal yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu aktivitas seismik, penggunaan air tanah yang intensif, aktivitas pertambangan, perubahan penggunaan lahan dan penambahan jumlah bangunan dan aktifitas termal pada lapisan litosfer (LAPANRS,2013).

Dinamika Bumi terbagi menjadi 3 skala, yaitu: skala global, skala regional dan skala lokal. Skala global mencakup gerakan antar benua, skala regional mencakup gerakan antar pulau dan skala lokal mencakup gerakan tanah pada tempat tertentu (Wahyuningtias,1996). Pada skala lokal inilah terdapat studi analisis deformasi terpadu.

Deformasi adalah perubahan kedudukan/pergerakan secara absolut atau relatif dari posisi suatu materi atau perubahan kedudukan dalam dimensi yang linier. Perubahan kedudukan ini mengacu kepada suatu sistem koordinat referensi yang digunakan (Anggreni,1992).



Gambar 2.1. Deformasi dalam Medium yang Kontinyu (Sumber: Diadopsi dari Anggreni,1992)

Koordinat  $X = (X_1, X_2, X_3)$  dalam sistem koordinat saat  $t=0$  mengalami deformasi sehingga posisi  $X$  berubah terhadap sistem koordinat acuan. Posisi  $X$  pada saat  $t>0$  yang disebut  $x$  dapat dinyatakan dengan :

$$x = x(x_1, x_2, x_3, t) \dots \dots \dots (2.1)$$

sehingga vektor yang menyatakan perpindahan dari  $X (t=0)$  ke  $x(t>0)$  adalah :

$$d = x - X = d(x_1, x_2, x_3, t) \dots \dots \dots (2.2)$$

Efek atau gaya penyebab deformasi yang bekerja pada suatu materi akan menimbulkan efek-efek respon atau gaya reaksi yang sesuai dengan sifat geometrik dan jenis material dari materi yang terdeformasi.

Beban atau gaya berat materi merupakan gaya penyebab deformasi. Bekerjanya gaya berat suatu materi yang disertai pengaruh gaya berat dari materi di sekitarnya dalam suatu selang waktu akan mempengaruhi bentuk geometrik dari materi tersebut. Sesuai dengan hukum fisika tentang gaya aksi-reaksi, maka pada materi tersebut akan muncul gaya respon sebagai reaksinya (Anggreni,1992).

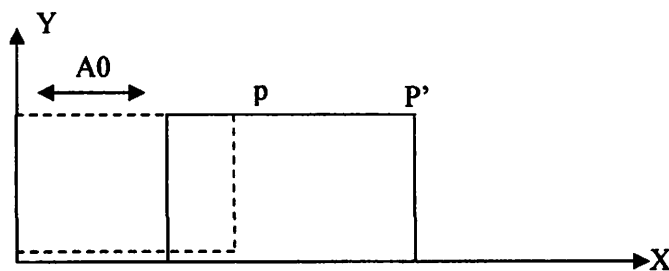
## II.1.1 Jenis Deformasi

Deformasi yang terjadi pada suatu materi terdiri dari empat tipe yaitu :

### 1. Translasi Materi yang Bersifat Kaku

translasi merupakan perpindahan posisi materi tanpa mengalami perubahan bentuk sesuai sumbu koordinat acuan.

contoh :



Gambar 2.2. Translasi (Sumber: Diadopsi dari Anggreni,1992)

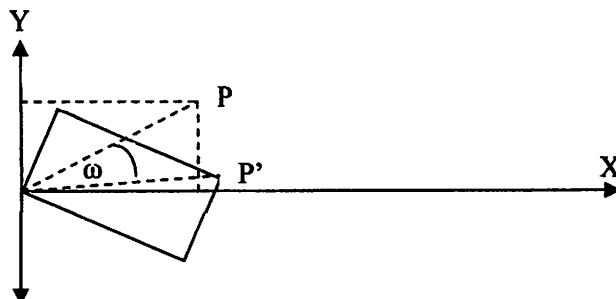
$$dx = A_0 \dots \dots \dots (2.3)$$

$$dy = 0 \dots \dots \dots (2.4)$$

### 2. Rotasi Materi yang Bersifat Kaku

rotasi merupakan perubahan posisi materi tanpa mengalami perubahan bentuk yang membentuk perubahan sudut terhadap koordinat acuan.

contoh:

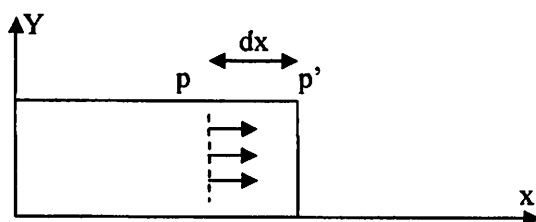


Gambar 2.3. Rotasi (Sumber: Diadopsi dari Anggreni,1992)

$$dx = \omega y \dots \dots \dots (2.5)$$

$$dy = -\omega x \dots \dots \dots (2.6)$$

3. Regangan Normal (Homogenous)

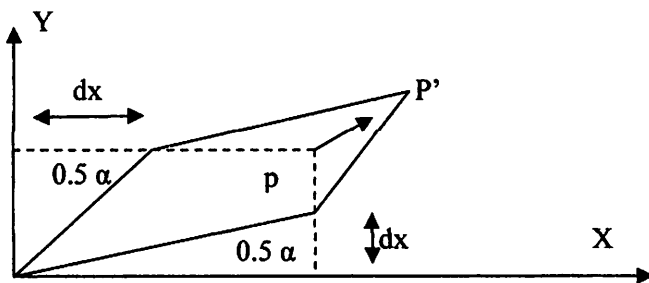


Gambar 2.4. Regangan Normal (Sumber: Diadopsi dari Anggreni,1992)

$$dx = \epsilon x \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\epsilon = dx/x = \epsilon x \dots \dots \dots (2.8)$$

4. Regangan Menyilang (Regangan Murni)



Gambar 2.5. Regangan Menyilang (Sumber: Diadopsi dari Anggreni,1992)

$$dx = y \tan (\alpha/2) \dots \dots \dots (2.9)$$

$$dy = x \tan (\alpha/2) \dots \dots \dots (2.10)$$

$$\tan (\alpha/2) = \frac{dx}{y} = \frac{dy}{x} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{dx}{y} + \frac{dy}{x} = 2\epsilon_{xy} \dots \dots \dots (2.12)$$

Jenis-jenis deformasi diatas yang menggunakan contoh dalam sistem koordinat dua dimensi merupakan fungsi dari parameter-parameter deformasi:

$A_0$  = translasi dalam arah sumbu x

$B_0$  = translasi dalam arah sumbu y

$\omega$  = sudut rotasi yang terjadi

$\epsilon_x$  = regangan normal dalam arah sumbu x



$\epsilon_y$  = regangan normal dalam arah sumbu y

$\epsilon_{xy}$  = regangan menyilang dalam arah sumbu x dan y

Untuk sistem koordinat tiga dimensi, parameter-parameter deformasinya bertambah yaitu:

$C_o$  = translasi dalam arah sumbu y

$\epsilon_z$  = regangan normal dalam arah sumbu z

$\epsilon_{xz}$  = regangan menyilang dalam arah sumbu x dan z

$\epsilon_{yz}$  = regangan menyilang dalam arah sumbu y dan z

Parameter-parameter ini akan dipecahkan dengan menggunakan data hasil pengamatan geodetik dimana parameter-parameter ini akan menunjukkan jenis dari deformasi yang terjadi.

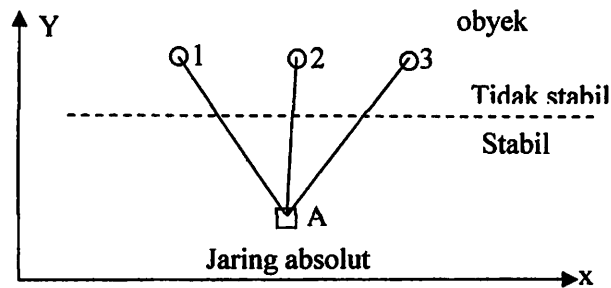
### **II.1.2 Metode Pengamatan Deformasi**

Terdapat dua metoda yang dapat digunakan dalam pemantauan deformasi, yaitu metoda geodetik dan metoda non geodetik. Metode geodetik merupakan fungsi dari parameter-parameter deformasi diselenggarakan melalui survei deformasi. Survei ini dapat dilakukan dalam berbagai metode yaitu metode terestrik atau metode pengindraan jauh, diantaranya dengan pengukuran sipat datar, pengukuran *total station*, atau dengan memanfaatkan teknologi global positioning system (GPS). Sedangkan metoda non geodetik biasanya dilakukan dengan menggunakan tiltmeter dan strainmeter, serta bentuk aplikasi lainnya (Kelompok Keilmuan Goedesi,2006).

Penyelenggaraan survei deformasi ini menggunakan jaring kerangka dasar horisontal dan vertikal. Untuk pemantauan deformasi terdapat dua jenis jaring yang dapat digunakan (Anggreni,1992), yaitu:

### 1. Jaring Absolut

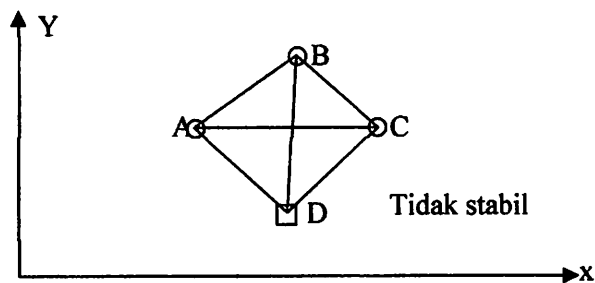
Titik- titik ikat yang digunakan sebagai titik acuan terletak di luar area obyek pengamatan deformasi, dimana posisinya dianggap stabil.



Gambar 2.6. Jaring Absolut

### 2. Jaring Relatif

Titik- titik ikat yang digunakan sebagai titik acuan terletak di dalam area obyek pengamatan deformasi.



Gambar 2.7. Jaring Relatif

Pada jaring absolut, penentuan perubahan status geometri dari suatu materi beracuan pada hasil pengamatan geodetik obyek terhadap titik ikat yang sifatnya stabil. Keuntungan dari jaring absolut ini adalah kemudahan perhitungan perubahan yang terjadi. Sedangkan hambatannya adalah dibutuhkan survey penentuan titik ikat yang dianggap stabil.

Untuk jaring relatif, masalah yang dihadapi untuk perhitungan perubahan yang ada lebih kompleks. Hal ini disebabkan posisi titik ikat yang digunakan terletak didalam area pengamatan, sehingga titik ikat tersebut mengalami perubahan pula. Keuntungan dari jaring ini adalah tidak diperlukannya suvei tambahan untuk penentuan titik ikat (Anggreni,1992).

### **II.1.3 Pengamatan Deformasi Menggunakan GPS**

Prinsip pemantauan deformasi dengan menggunakan metode survei GPS yaitu dengan menempatkan beberapa titik pantau di beberapa lokasi yang dipilih di daerah terpengaruh faktor deformasi kemudian ditentukan koordinatnya secara teliti dengan menggunakan metode survei GPS secara periodik. Karakteristik deformasi dapat dihitung dan dipelajari lebih lanjut dengan mempelajari pola dan kecepatan perubahan koordinat dari titik-titik tersebut dari survei yang satu ke survei berikutnya (Kelompok Keilmuan Goedesi,2006).

GPS memberikan nilai vektor deformasi dalam tiga dimensi (dua komponen horisontal dan satu komponen vertikal). Jadi disamping memberikan informasi tentang besarnya deformasi dalam arah horisontal, GPS juga sekaligus memberikan informasi tentang deformasi dalam arah vertikal.

GPS memberikan nilai vektor deformasi dalam suatu sistem koordinat referensi yang tunggal. Oleh karena itu GPS dapat digunakan untuk memantau pergerakan benda/materi secara efektif dan efisien. GPS dapat memberikan nilai vektor pergerakan dengan tingkat presisi sampai beberapa milimeter dengan konsistensi yang tinggi baik secara spasial maupun temporal. Pada tingkat presisi yang tinggi dan konsisten ini maka diharapkan besarnya deformasi pada tubuh

benda/materi dengan nilai geometrik yang kecil sekalipun akan dapat terdeteksi dengan baik (Kelompok Keilmuan Geodesi,2006).

## **II.2.Sistem Koordinat**

Sistem koordinat adalah suatu cara yang digunakan untuk menentukan letak suatu titik pada bidang atau ruang. Ada berbagai macam sistem koordinat yang digunakan dalam geodesi(Sumaryo et al,1993).

### **II.2.1. Sistem Koordinat Tegak Lurus (Rectangular) X,Y,Z.**

Pusat (origin) dari sistem ini terletak pada pusat ellipsoid. Sumbu Z berimpit dengan sumbu rotasi bumi. Sumbu X dan Y terletak pada bidang ekuator. Pada umumnya sumbu X terletak pada bidang meridian nol (meridian Greenwich). Posisi suatu titik P di bumi dalam sistem koordinat rectangular adalah (lihat gambar 2.8):

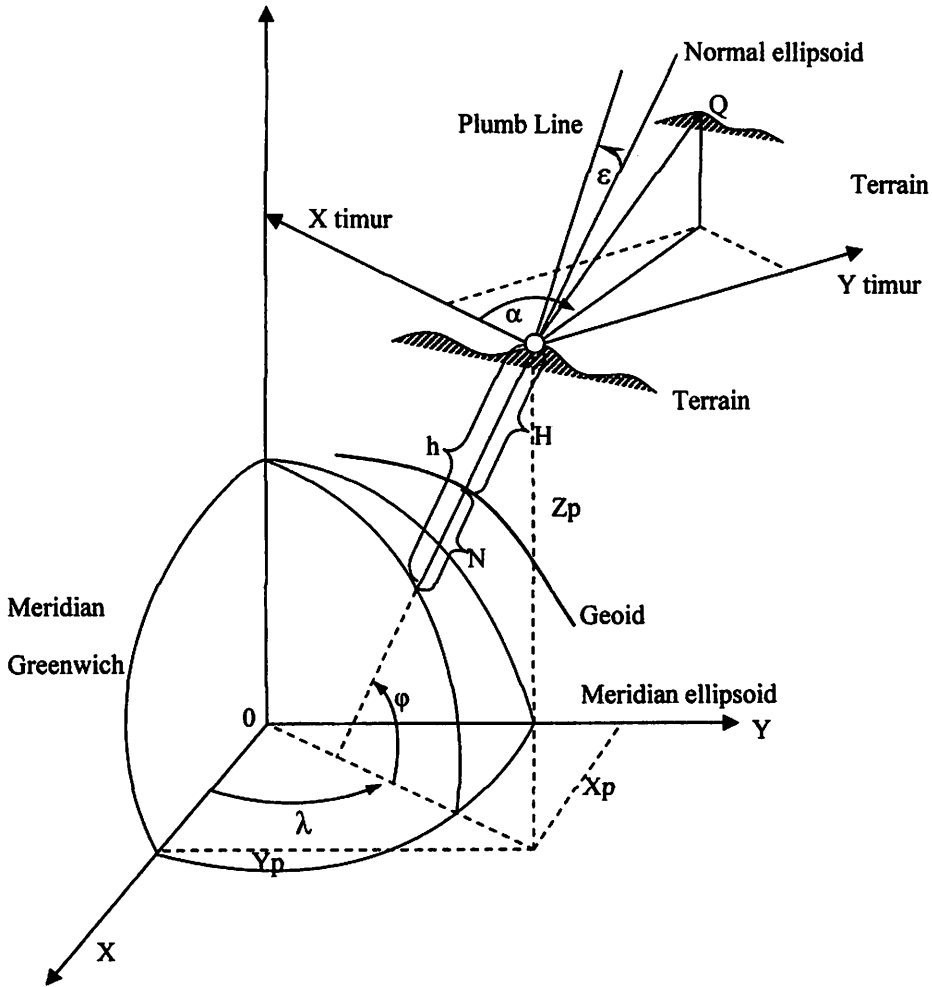
$$P = (X_p, Y_p, Z_p). \dots\dots\dots(2.13)$$

### **II.2.2. Sistem Koordinat Geodesi.**

Pada sistem koordinat geodesi, origin terletak dekat dengan pusat bumi. Sumbu Z adalah searah atau sejajar dengan sumbu rotasi bumi. Sumbu X dan Y terletak pada bidang ekuator. Posisi Suatu titik di bumi pada sistem ini dinyatakan dengan lintang geodesi ( $\phi$ ), bujur geodesi ( $\lambda$ ), dan h yaitu tinggi diatas ellipsoid referensi. Pada gambar 2.8, lintang geodesi titik P adalah sudut yang dibentuk oleh normal ellipsoid yang melalui P dengan bidang ekuator. Bujur geodesi adalah sudut antara meridian Greenwich dengan meridian yang melalui P. Unsur ketiga tinggi h adalah tinggi di atas ellipsoid yang diukur disepanjang normal ellipsoid yang melalui P. Bila H adalah tinggi orthometris dan N adalah undulasi geoid maka (Sumaryo et al,1993):

$$h = H + N \dots \dots \dots (2.14)$$

Sehingga koordinat P ( $\phi$ ,  $\lambda$ , h), lihat gambar 2.8

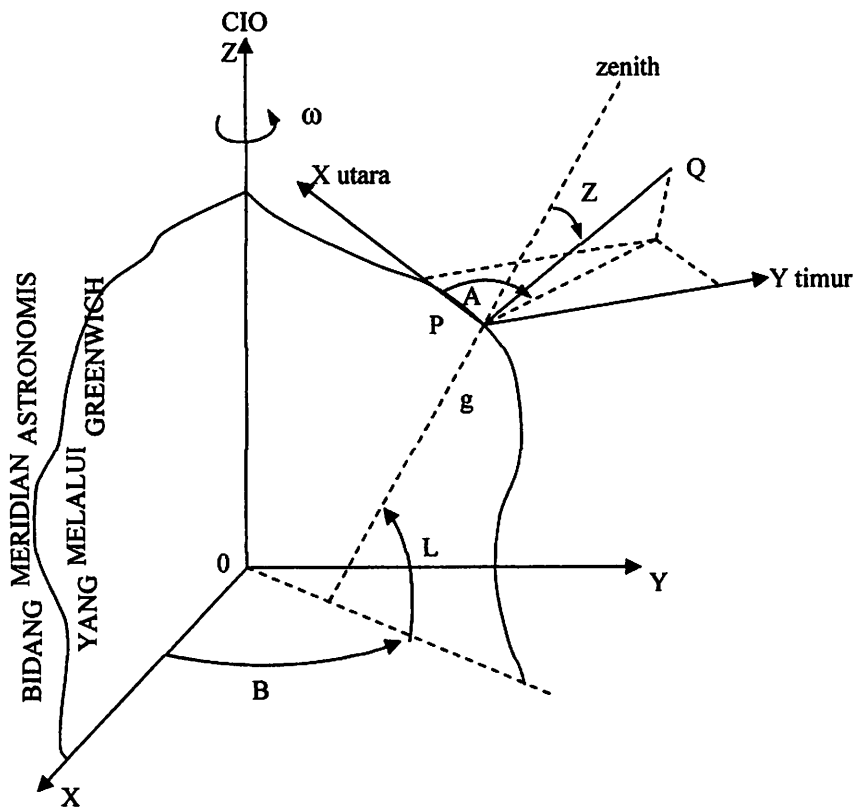


Gambar 2.8. Sistem Koordinat Rectangular dan Geodesi (Sumber: Diadopsi dari Sumaryo et al,1993)

**II.2.3. Sistem Koordinat Astronomis.**

Sistem ini sering disebut sistem koordinat alamiah (natural) atau Conventional Terrestrial System (CTS) . Origin pada sistem ini terletak dekat dengan pusat bumi. Sumbu Z adalah sumbu yang mengarah ke CIO (Conventional international Origin) yaitu posisi kutub utara bumi rata-rata antara tahun 1900-1905. Lintang astronomis (L) titik P adalah sudut yang diukur pada bidang meridian yang melalui P, diukur dari bidang ekuator sampai arah vertical

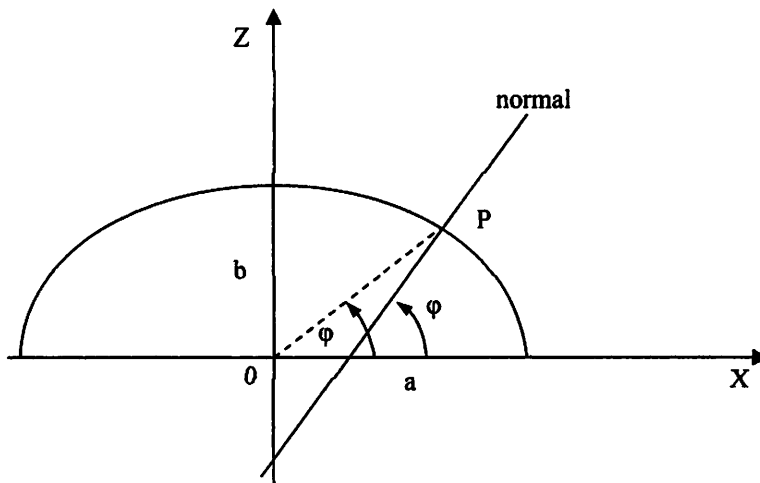
(plumb line) yang melalui P. Positif ke arah utara dan sebaliknya. Bujur astronomi (B) adalah sudut yang diukur pada bidang ekuator dari meridian Greenwich sampai meridian yang melalui P, positif ke arah timur dan sebaliknya. Unsur yang ke tiga adalah H yaitu tinggi Orthometris. Sehingga posisi P dalam koordinat alamiah adalah (L, B, H). L dan B bisa diukur secara langsung dengan melakukan pengamatan astronomis (matahari atau bintang) dan H diperoleh dari sipat datar (Sumaryo et al, 1993).



Gambar 2.9. Sistem Koordinat Astronomis (Sumber: Diadopsi dari Sumaryo et al, 1993)

#### II.2.4. Sistem Koordinat Geosentris.

Origin sama dengan sistem geodesi(Sumaryo et al,1993). Bujur pada sistem ini sama dengan sistem geodesi. Unsur lintang adalah lintang geosentris yaitu sudut antara vektor jari-jari titik yang ditentukan posisinya dengan bidang ekuator,lihat gambar 2.10.

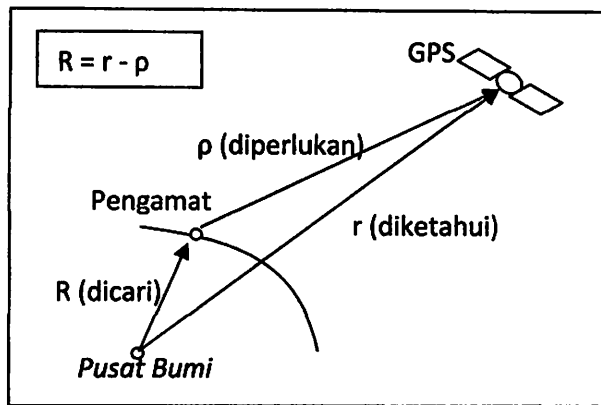


Gambar 2.10. Sistem Koordinat Geosentris (Sumber: Diadopsi dari Sumaryo et al,1993)

Sistem ini sering digunakan dalam astronomis dan geodesi satelit.

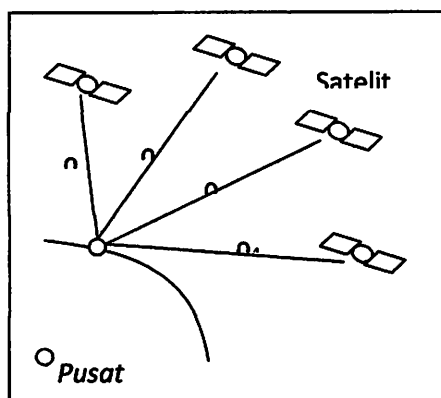
#### II.3.Survei Dengan GPS

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Secara vektor, prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS diperlihatkan oleh Gambar 2.11. 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 ( $p$ ) (Abidin et al,2002).



Gambar 2.11. Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GPS (Pendekatan Vektor)  
(Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

Pada pengamatan dengan GPS, yang bisa diukur hanyalah jarak antara pengamat dengan satelit dan bukan vektornya. Oleh sebab itu rumus yang tercantum pada Gambar 2.11 tidak dapat diterapkan. Untuk mengatasi hal ini, penentuan posisi pengamat dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap beberapa satelit sekaligus secara simultan dan tidak hanya terhadap satu satelit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12. Pada operasionalisasinya, prinsip penentuan posisi dasar dengan GPS berdasarkan pada mekanisme pengaplikasiannya atas beberapa metode penentuan posisi (Abidin et al,2002).



Gambar 2.12. Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GPS (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

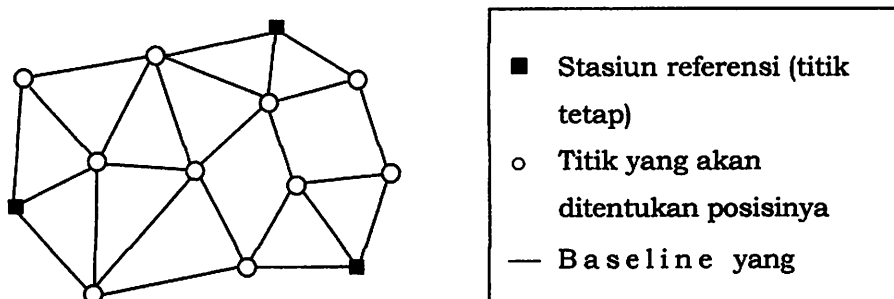
Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi tiga dimensi (X,Y,Z ataupun  $\phi, \lambda, h$ ) yang dinyatakan dalam datum WGS (*World Geodetic System*) 1984.



### II.3.1. Metode Pengukuran GPS

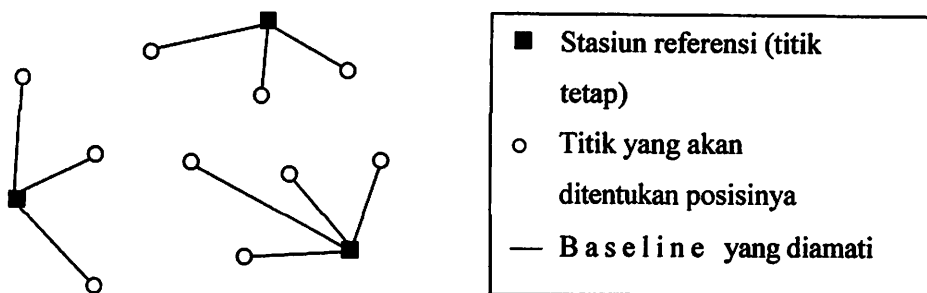
Metode survei GPS secara umum dapat didefinisikan sebagai proses penentuan koordinat dari sejumlah titik terhadap beberapa titik yang telah diketahui koordinatnya dengan menggunakan metode penentuan posisi diferensial serta data pengamatan fase dari sinyal GPS. Pengolahan data pada survei GPS umumnya dilakukan setelah pengamatan selesai (*post-processing*), meskipun telah berkembang sistem RTK (*Real Time Kinematic*).

Pada prinsipnya survei GPS bertumpu pada metode penentuan posisi statik secara diferensial dengan menggunakan data fase. Pengamatan satelit GPS umumnya dilakukan baseline per baseline selama selang waktu tertentu (beberapa menit sampai beberapa hari bergantung tingkat ketelitian yang diinginkan) dalam suatu jaringan (kerangka) dari titik-titik yang akan ditentukan posisinya seperti ditunjukkan gambar 2.13 (Abidin et al:2002).



Gambar 2.13. Penentuan Posisi Titik-titik dengan Metode Survei GPS (Model Jaringan) (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

Seandainya lebih dari dua receiver GPS yang digunakan, maka pada satu sesi pengamatan (*observing session*) dapat diamati lebih dari satu baseline sekaligus.

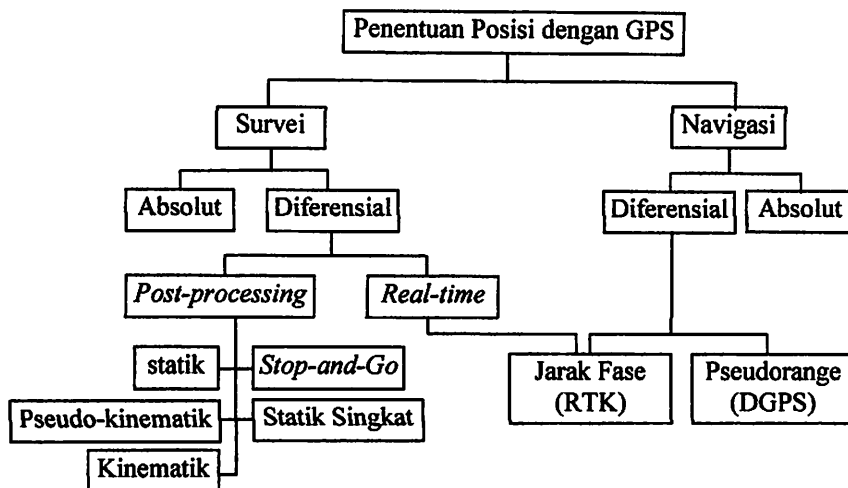


Gambar 2.14. Penentuan Posisi Titik-titik dengan Metode Survei GPS (Moda Radial) (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

Pelaksanaan survei GPS selain dilakukan dengan moda jaringan yang ditunjukkan pada Gambar 2.13, penentuan posisi titik-titik juga dapat dilakukan dalam moda radial seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14.

Titik yang akan ditentukan posisinya pada survei GPS dapat dalam keadaan diam (*static positioning*) ataupun bergerak (*kinematic positioning*). Posisi titik dapat ditentukan dengan menggunakan satu receiver GPS terhadap pusat bumi dengan menggunakan metode *penentuan posisi absolut*, ataupun terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (*stasiun referensi*) dengan menggunakan metode *diferensial (relatif)* yang menggunakan minimal dua receiver GPS (Abidin et al,2002).

Secara umum dikenal beberapa metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS, yaitu seperti yang secara skematis ditunjukkan pada Gambar 2.15 berikut.



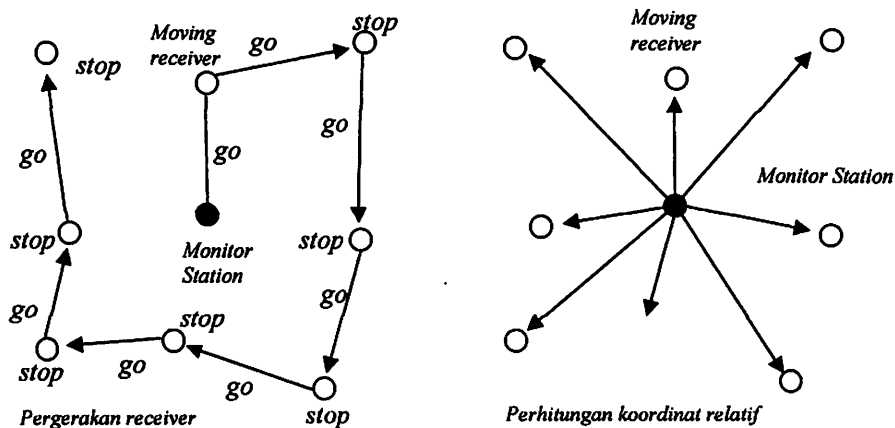
Gambar 2.15. Metode dan Sistem Penentuan Posisi dengan GPS (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

### 1. Metode Survei Statik Singkat

Metode penentuan posisi dengan survei statik singkat (*rapid static*) pada dasarnya adalah survei statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat, yaitu 5-20 menit ketimbang 1-2 jam. Prosedur operasional lapangan dari survei statik singkat ini adalah sama seperti dengan survei statik, hanya selang waktu pengamatannya yang lebih singkat (Abidin et al,2002).

### 2. Metode *Stop-and-Go*

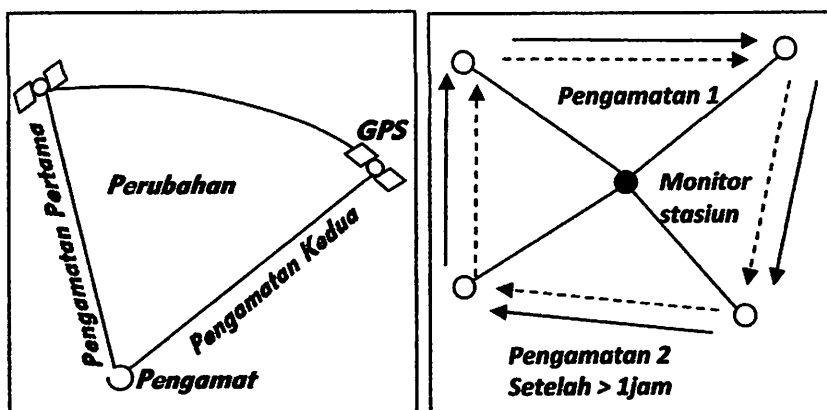
Metode *stop-and-go* adalah salah satu metode survei penentuan posisi titik-titik dengan GPS yang kadang disebut juga sebagai metode semi-kinematik (Abidin et al:2002). Pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak (statik), sedangkan receiver GPS bergerak dari titik-titik dimana pada setiap titiknya receiver yang bersangkutan diam beberapa saat di titik-titik tersebut, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.16. Metode Penentuan Posisi Stop-and-Go (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

### 3. Metode Pseudo -Kinematik

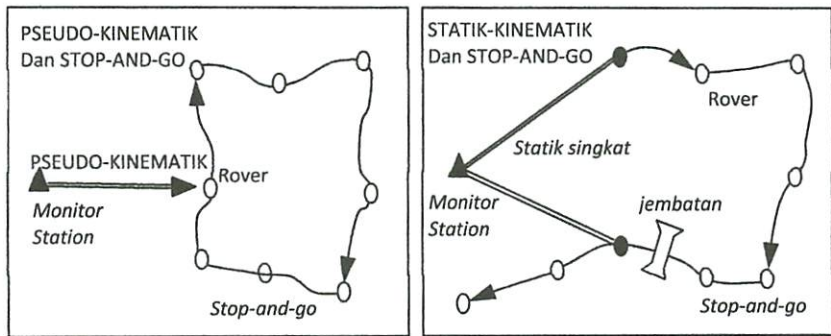
Metode pseudo-kinematik yang kadang disebut juga sebagai metode *intermittent* ataupun metode *reoccupation*, pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat (lama pengamatan beberapa menit) yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup lama (sekitar satu sampai beberapa jam) (Abidin et al:2002). Seperti yang diilustrasikan oleh gambar 2.17.



Gambar 2.17. Metode Survei Penentuan Posisi Pseudo-Kinematik (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

#### 4. Metode Kombinasi

Karena kondisi topografi dan lingkungan pengamatan yang beragam, untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi, kadangkala diperlukan kombinasi dari beberapa metode untuk penentuan posisi titik-titik, seperti yang diilustrasikan pada gambar berikut.



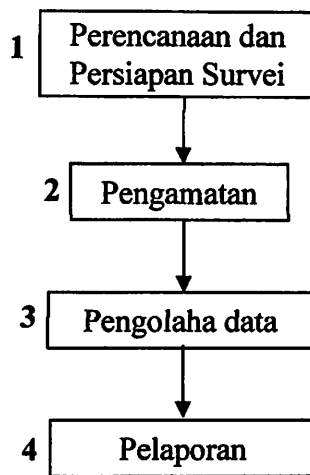
Gambar 2.18. Contoh Kombinasi Metode Penentuan Posisi dengan GPS (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002).

Berkaitan dengan pengolahan datanya, maka perhitungan umum perlu dilakukan metode per metode, sesuai dengan tuntutan teknisnya (Abidin et al:2002).

#### II.3.2. Tahap Pelaksanaan Survei GPS

Proses pelaksanaan suatu survei GPS secara umum akan meliputi beberapa tahapan yaitu: perencanaan dan persiapan, pengamatan (pengumpulan data), pengolahan data, seperti yang digambarkan secara skematik pada gambar dibawah ini.





Gambar 2.19. Tahapan Umum Pelaksanaan Survei GPS (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002).

Patut ditekankan disini bahwa tingkat kesuksesan pelaksanaan suatu survei GPS akan sangat bergantung pada tingkat kesuksesan pelaksanaan setiap tahapan pekerjaannya yang ditunjukkan pada Gambar 2.19.

#### II.3.2.1. Perencanaan dan Persiapan

Diantara tahapan-tahapan dalam survei GPS, tahap perencanaan dan persiapan adalah suatu tahap yang sangat menentukan, karena kualitasnya akan sangat menentukan kualitas dari tahap-tahap selanjutnya. Oleh sebab itu tahapan awal ini perlu dilakukan secara baik, sistematis, dan menyeluruh (Abidin et al,2002).

Terdapat beberapa parameter yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan survei GPS. Pada tahap ini beberapa perencanaan yang perlu dilakukan adalah perencanaan peralatan survei, perencanaan geometri jaringan, strategi pengamatan dan strategi pengolahan data.

### **II.3.2.2. Monumentasi**

Titik dasar teknik adalah titik yang mempunyai koordinat yang diperoleh dari suatu pengukuran dan perhitungan dalam suatu sistem tertentu yang berfungsi sebagai titik kontrol atau titik ikat untuk keperluan pengukuran dan rekonstruksi batas (PP No.24.1997).

Monumentasi adalah proses pembangunan monument titik dasar teknik (tugu atau pilar) pada titik GPS di lapangan. Pilar GPS merupakan representasi titik beserta koordinatnya dilapangan. Pilar didirikan pada setiap lokasi titik GPS baru sebelum pengamatan pada titik tersebut dilaksanakan. Pengamatan GPS tidak boleh dilaksanakan pada pilar sementara yang nantinya akan diganti. Pilar GPS harus dibangun dan ditempatkan sedemikian rupa sehingga dapat bertahan selama mungkin, dan juga dapat berguna bagi sebanyak mungkin pihak yang memerlukan informasi tentang koordinat yang diwakili oleh monument/tugu tersebut (BAKOSURTANAL,2004).

### **II.3.2.3. Observasi GPS**

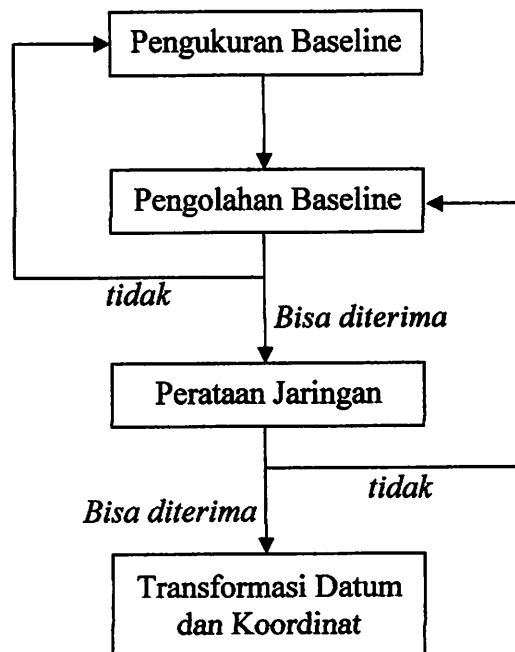
Pada pelaksanaan survei GPS prosedur pengamatan GPS pada setiap titik sebaiknya dilaksanakan sesuai dengan urutan sebagai berikut:

- a) Pengecekan titik, prosedur pengecekan titik harus dilaksanakan segera setelah tim tiba di lokasi titik.
- b) Prosedur sebelum pengamatan, pada tahap ini dilakukan persiapan terhadap kelengkapan peralatan GPS yang akan digunakan. Selain itu juga dilakukan pengisian formulir catatan lapangan.
- c) Prosedur saat pengamatan, setelah semua tim dan alat siap maka pengamatan satelit oleh receiver GPS dapat dimulai.

- d) Prosedur setelah pengamatan, setelah pengamatan selesai lengkapi kembali formulir pengamatan dan kemasi semua peralatan.
- e) Prosedur pada akhir hari pengamatan, pada akhir hari pelaksanaan survei GPS segera dilakukan pemindahan (download) data dari setiap kolektor data receiver ke komputer dan lakukan penggandaan. Kemudian persiapkan peralatan untuk pengamatan hari berikutnya.

#### II.3.2.4. Pemrosesan Data GPS

Tahap pengolahan data adalah tahap yang sangat penting, karena akan sangat menentukan kualitas koordinat titik yang diperoleh. Proses pengolahan data dari survei GPS meliputi pengolahan *baseline*, perataan jaringan, transformasi datum dan koordinat.

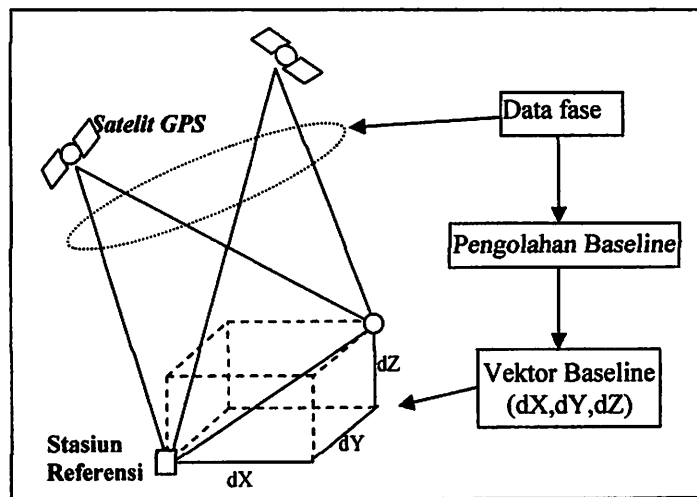


Gambar 2.20 Skema Umum Pengolahan Data Survei GPS (Sumber: Diadopsi dari BAKOSURTANAL,2004).



## 1. Pengolahan *Baseline*

Pada dasarnya bertujuan menghitung vektor *baseline* ( $dX, dY, dZ$ ) menggunakan data fase sinyal GPS yang dikumpulkan pada dua titik ujung dari *baseline* yang bersangkutan, yang diilustrasikan pada gambar berikut:



Gambar 2.21. Pengolahan Data Baseline GPS (Sumber: Diadopsi dari BAKOSURTANAL, 2004)

Pada survei GPS, pengolahan *baseline* umumnya dilakukan secara beranting satu persatu (*single baseline*) dari *baseline* ke *baseline* dimulai dari satu titik tetap yang telah diketahui koordinatnya. Sehingga membentuk suatu jaringan yang tertutup. Tapi perlu dicatat bahwa pengolahan *baseline* juga dapat dilakukan secara sesi per sesi pengamatan, dimana satu sesi terdiri dari beberapa *baseline* (*single session, multi baseline*). Pada proses pengestimasi vektor *baseline* digunakan data fase *double-difference*.

Ada beberapa indikator kualitas yang dapat digunakan untuk mengecek kualitas dari vektor *baseline definitive* yang diperoleh dari suatu proses pengolahan *baseline* GPS, yaitu antara lain:

1. Sukses tidaknya penentuan vektor ambiguitas fase.

2. Nilai deviasi standar dari koordinat ataupun vektor *baseline*.
3. Nilai-nilai RMS (*root mean square*) minimum, maksimum, serta standar deviasi dari residual pengamatan.
4. Nilai faktor *variansi a posteriori*.
5. Hasil dari uji statistik terhadap nilai dan tingkat presisi dari residual maupun vektor *baseline*.
6. Jumlah data yang ditolak, serta jumlah *cycle slips* yang terjadi selama pengamatan.

Secara umum untuk keperluan survei GPS, jika vektor *ambiguitas fase* dapat ditentukan secara baik dan nilai standar deviasi dari komponen koordinat yang diperoleh berada pada level mm sampai dengan beberapa cm maka dapat dikatakan bahwa pengolahan *baseline* GPS tersebut telah dilaksanakan secara baik dan umumnya hasilnya dapat diterima. Disamping itu indikator-indikator kualitas diatas, kualitas suatu vektor *baseline* juga akan teruji pada saat perataan jaringan nantinya.

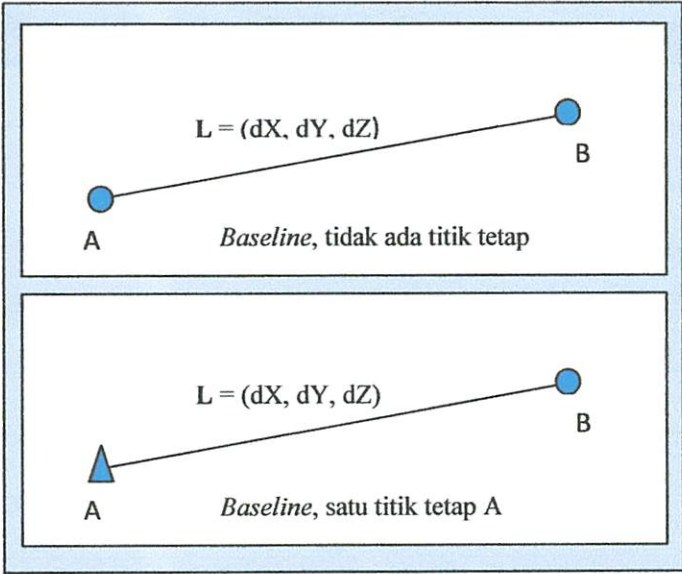
Perataan jaring dilakukan untuk memperoleh koordinat akhir dari titik-titik pada pengolahan GPS. Perataan jaring yang umum digunakan dalam pengolahan data GPS adalah perataan jaring bebas dan perataan jaring terikat.

Perataan jaring bebas, dimaksudkan untuk mengetahui kualitas dan konsistensi dari data vektor *baseline*. Perataan jaring bebas yang umum digunakan adalah perataan jaring dengan metode kendala minimal (*minimum constraint*). Berikut adalah penjelasan konsep hitung perataan jaring GPS dari *baseline* menggunakan metode parameter (Abidin et al,2002).

Persamaan pengamatan suatu vektor *baseline* yang lepas dapat dituliskan dalam bentuk persamaan vektor sebagai berikut :

$$V + L = X_B - X_A \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana  $L(dX_{AB}, dY_{AB}, dZ_{AB})$  adalah data ukuran vektor baseline yang merupakan hasil perhitungan baseline,  $V (V_x, V_y, V_z)$  adalah koreksi terhadap vektor baseline, dan  $X_A(X_A, Y_A, Z_A)$  serta  $X_B(X_B, Y_B, Z_B)$  adalah nilai geosentrik dari titik A dan B yang akan ditentukan nilainya.



Gambar 2.22. Vektor *Baseline* Lepas dan Terikat (Abidin et al,2002)

Dalam formulasi matriks, dapat ditulis persamaan sebagai berikut:

$$V = (-I \ I) \cdot \begin{bmatrix} X_A \\ X_B \end{bmatrix} + L \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana I adalah matriks identitas dimensi 3 x 3.

Perataan jaring terikat dimaksudkan untuk mengetahui konsistensi data ukuran dengan titik kontrol yang telah ada. Perataan jaring terikat juga berfungsi untuk mengintegrasikan titik-titik jaringan baru ke jaringan titik yang telah ada yang mempunyai tingkat ketelitian lebih baik atau sebanding (Abidin, 2002).

Persamaan pengamatan suatu vektor *baseline* yang terikat dapat dituliskan dalam bentuk persamaan vektor sebagai berikut :

$$V = (I) \cdot (X_B) + (X_A + L) \dots \dots \dots (2.17)$$

Persamaan yang dibentuk untuk menyelesaikan sebanyak p baseline dan u parameter (dalam hal ini koordinat) membutuhkan solusi kuadrat terkecil sebagai berikut :

$${}_uX_1 = (A^T \cdot P_L \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot P_L \cdot L \dots \dots \dots (2.18)$$

A adalah matriks identitas berukuran 3 x 3 sebanyak u kolom matriks identitas dan p baris matriks identitas. P<sub>L</sub> adalah matriks bobot dari pengamatan yang dirumuskan sebagai berikut :

$$P_L = Q_L^{-1} = \sigma_0^2 C_L^{-1} \dots \dots \dots (2.19)$$

Q<sub>L</sub> adalah matriks kofaktor, σ<sub>0</sub><sup>2</sup> adalah faktor variansi apriori (biasanya ditetapkan = 1) dan C<sub>L</sub> adalah matriks varian kovarian pengamatan (*baseline*) yang dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$C_L = \begin{bmatrix} C(L_1) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & C(L_p) \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.20)$$

C(L<sub>i</sub>) diperoleh dari hasil hitung perataan *baseline*, dan akan mempunyai struktur sebagai berikut:

$$C_{L_i} = \begin{bmatrix} \sigma_{dx_i}^2 & \sigma_{dx_i dy_i} & \sigma_{dx_i dz_i} \\ \cdot & \sigma_{dy_i}^2 & \sigma_{dy_i dz_i} \\ \cdot & \text{simetris} & \sigma_{dz_i}^2 \end{bmatrix} \dots \dots \dots (2.21)$$

Matriks varian kovarian dari koordinat titik-titik (C<sub>X</sub>) dalam jaringan yang diperoleh dari hasil hitung perataan dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

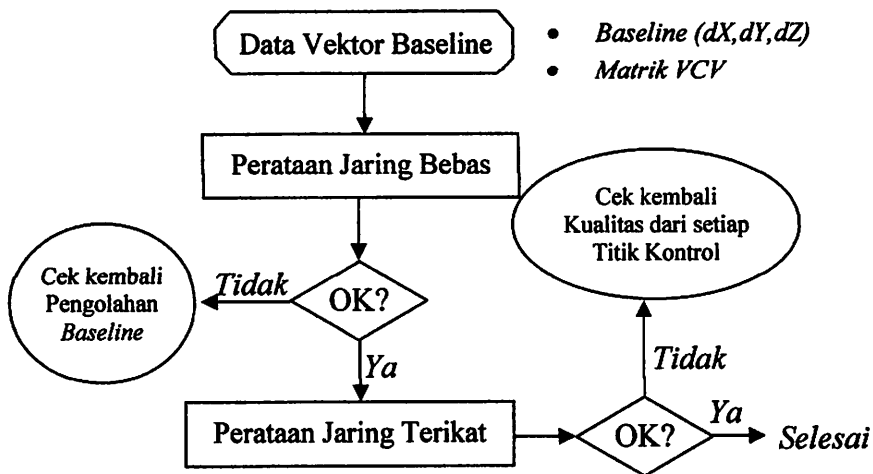
$$C_x = \hat{\sigma}_0^2 \cdot (A^T \cdot P_L \cdot A)^{-1} \dots\dots\dots(2.22)$$

$\hat{\sigma}_0^2$  adalah faktor varian aposteriori yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T P_L V}{p-u} \dots\dots\dots(2.23)$$

## 2. Perataan Jaringan

Vektor-vektor *baseline* yang telah dihitung sebelumnya secara sendiri-sendiri dikumpulkan dan diproses dalam suatu hitung perataan jaringan untuk menghitung koordinat final dari titik-titik dalam jaringan GPS yang bersangkutan. Perataan jaringan GPS umumnya dilakukan dalam dua tahap, yaitu perataan jaringan bebas dan perataan jaringan terikat(lihat gambar berikut):



Gambar 2.23. Diagram Alir Pengolahan Data GPS (Sumber: Diadopsi dari BAKOSURTANAL,2002)

Perataan jaringan bebas dilakukan dengan hanya menggunakan satu titik tetap dan dimaksudkan untuk mengecek konsistensi data vektor *baseline* satu terhadap lainnya. Pada hitung perataan jaringan bebas, nilai residual data pengamatan vektor *baseline* maupun bentuk dan ukuran dari ellips kesalahan relative (garis), tidak akan terpengaruh oleh lokasi titik dalam jaringan yang dianggap sebagai titik tetap.

Setelah melalui tahapan perataan jaring bebas dan kontrol kualitasnya, selanjutnya vektor-vektor baseline yang “diterima” diproses kembali dalam perataan jaring terikat. Pada perataan jaring terikat semua titik tetap digunakan dan koordinat titik-titik yang diperoleh dan sukses melalui proses kontrol kualitas akan dianggap sebagai koordinat yang definitive.

Pada prinsipnya fungsi dari hitung perataan jaring terikat ini adalah untuk mengecek konsistensi data ukuran *baseline* dengan titik-titik kontrol yang telah ada (suatu mekanisme kontrol kualitas), serta untuk mengintegrasikan titik-titik dalam jaringan baru ke jaringan titik yang telah ada yang tingkat ketelitiannya lebih tinggi atau setidaknya sama (kepastian datum dan sistem koordinat).

### **3. Transformasi Datum dan Koordinat.**

Koordinat titik yang didapatkan dengan GPS adalah koordinat kartesian 3D (X,Y,Z) dalam datum WGS 1984. Seandainya pengguna menginginkan koordinat dalam datum dan sistem koordinat lainnya, maka diperlukan suatu proses transformasi datum dan koordinat. Perangkat lunak pemrosesan data GPS umumnya dilengkapi dengan modul untuk pentransformasian datum dan koordinat tersebut. Pada proses pentransformasian datum ini yang diperlukan adalah parameter-parameter transformasi dari sistem WGS-84 ke sistem yang dikehendaki oleh pengguna.

Data yang diperoleh dari pengamatan GPS adalah berupa data koordinat kartesian 3D. Untuk kepentingan praktis pada peralatan GPS telah disediakan *software* untuk menghitung proses transformasi koordinat menjadi sistem koordinat geodetik kemudian juga untuk menghitung koordinat titik diatas sistem proyeksi peta.

Transformasi dari satu sistem koordinat ke sistem koordinat yang lain merupakan operasi yang sangat penting, dan kerap dipakai dalam bidang fotogrametri, geodesi, maupun ilmu ukur tanah (Leick, 1995). Transformasi koordinat dilakukan untuk merubah dari sistem koordinat kartesian 3D menjadi sistem koordinat geodetik, atau sebaliknya.

#### **II.4. Uji Statistik Untuk Deformasi**

Pengamatan untuk mendapatkan besaran dari suatu obyek yang dilakukan berulang kali akan menghasilkan nilai yang bervariasi. Nilai pengamatan yang bervariasi ini menunjukkan adanya variabel acak yang mempengaruhi hasil pengamatan.

Untuk sementara variabel acak ini dianggap mengikuti sebaran (lengkung kesalahan) tertentu. Pengujian terhadap kebenaran anggapan sementara ini dilakukan dengan uji statistika.

Jika hasil uji statistika pada setiap epoch rangkaian pengamatan telah bebas dari pengaruh variabel acak atau dengan perkataan lain telah mengikuti suatu lengkung kesalahan tertentu, maka uji statistika untuk deformasi dapat dilaksanakan.

Pengambilan keputusan tentang suatu analisis menurut statistika diperlukan penyusunan suatu pengertian yang berlaku sebagai keputusan sementara. Untuk mengetahui dapat diterima atau tidaknya keputusan sementara tersebut, maka dilakukan pengujian terhadap kebenarannya. Pelaksanaan pengujian ini disebut pengujian hipotesis. Terdapat dua jenis pengujian hipotesa yaitu hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesa alternatif ( $H_a$ ).

Hipotesis nol (  $H_0$  ) adalah suatu pernyataan yang berlaku sebagai anggapan sementara yang akan diuji kebenarannya. Sedangkan lawan dari pernyataan dinamakan hipotesis tandingan ( $H_a$ ). Keputusan apakah  $H_0$  diterima atau tidak tergantung dari hasil pengujian.

#### II.4.1. Pengujian Model Jaringan

Untuk pengujian deformasi pada data pengukuran menggunakan menggunakan model jaring dapat dilakukan dengan pengujian global dan pengujian lokal. Pengujian global adalah jenis pengujian deformasi yang dilakukan pada jaring secara menyeluruh, sedangkan pengujian lokal adalah pengujian deformasi yang dilakukan pada masing-masing titik pantau dalam jaring.

##### II.4.1.1. Global Test

Uji kesesuaian global adalah metodologi paling sering digunakan untuk mendeteksi deformasi di daerah tertentu yaitu perubahan secara menyeluruh (Wan Aziz, W.A. Othman, Z. and Nagib, H., 2001).

Salah satu aplikasi penting dari jaringan kontrol survei adalah deteksi deformasi yang diharapkan di daerah tertentu. Hal ini dilakukan dengan pengukuran yang dibuat pada *epoch* berturut-turut dan nilai-nilai yang paling mungkin dari koordinat yang diperoleh dengan menggunakan metode terkenal kuadrat terkecil. Dari hasil perataan dua *epoch* adalah mungkin untuk menghitung perpindahan (deformasi) vektor dan terkait matriks varians kovarians  $C_{d\hat{x}}$  dari (James, 1985). Vektor perpindahan ( $d\hat{x}$ ) dari perataan dua *epoch* dan terkait matriks varians-kovarians dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$d\hat{x} = \hat{x}_2 - \hat{x}_1 \dots\dots\dots(2.24)$$



$$C_{\hat{\alpha}} = C_{\hat{x}_1} + C_{\hat{x}_2} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$\hat{x} = (A^T W A)^{-1} A^T W b \dots\dots\dots(2.26)$$

$$C_{\hat{x}} = (A^T W A)^{-1} \dots\dots\dots(2.27)$$

Hipotesis nol dari tes kongruensi global dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$H_o : E(d\hat{x}) = 0 \dots\dots\dots(2.28)$$

$$H_A : E(d\hat{x}) \neq 0 \dots\dots\dots(2.29)$$

Dan  $H_A$  adalah hipotesa alternatif.

Jika hipotesis nol diterima, maka titik diasumsikan stabil (yaitu jaringan stabil).

Sebaliknya, jika hipotesis nol ditolak, maka jaringan telah mengalami pergeseran (deformasi).

Uji statistik yang dikenal sebagai uji kesesuaian global dapat dinyatakan sebagai berikut (Caspary 1987, Pelzer, 1971):

$$\omega = \frac{\Omega}{h\sigma_o^2} \sim F_{hf} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$\Omega = d\hat{x}^T C_{\hat{\alpha}}^{-1} d\hat{x} \dots\dots\dots(2.31)$$

$\omega$  = merupakan nilai kesalahan dibandingkan terhadap distribution Fisher (F)

$f$  = degrees of freedom

$h$  = dimensi matrik  $C_{\hat{\alpha}}$

$$\hat{\sigma}_o^2 = (f_1 \hat{\sigma}_{o1}^2 + f_2 \hat{\sigma}_{o2}^2) / f \dots\dots\dots (2.32)$$

$$f = f_1 + f_2 \dots\dots\dots (2.33)$$

$f_1$  : degrees of freedom of  $\hat{x}_1$

$f_2$  : degrees of freedom of  $\hat{x}_2$ .

$\sigma_{o1}^2$  : varian epoch pertama

$\sigma_{o2}^2$  : varian epoch kedua.

#### II.4.1.2. Lokal Test

Pergeseran  $d\hat{x}_i$  untuk masing-masing titik (i) dari solusi pengukuran 2 epoch diasumsikan terdistribusi normal dengan rata-rata nol dan varian  $\sigma_{d\hat{x}}^2$  yaitu  $d\hat{x}_i \sim N(0, \sigma_{d\hat{x}}^2)$ . Pada kasus tersebut tidak ada pergerakan terjadi yaitu tidak ada deformasi.

Jika titik pantau mengalami pergerakan  $d\hat{x}_i$ , akan terdistribusi normal dengan mean  $\mu$  dan varian  $\sigma_{d\hat{x}}^2$ , mengikuti model pergerakan  $d\hat{x}_i \sim N(\mu, \sigma_{d\hat{x}}^2)$ .

Oleh karena itu kita dapat mengatur hipotesis nol dan alternatif sebagai berikut:

$$H_0 : E(d\hat{x}_i) = 0 \dots\dots\dots(2.34)$$

$$H_A : E(d\hat{x}_i) \neq 0 \dots\dots\dots(2.35)$$

Setelah menstandarisasi masing-masing elemen dari vektor pergeseran, pengujian dapat ditetapkan sebagai berikut:

$$H_0 : \omega_i = \frac{d\hat{x}_i}{\sigma_{d\hat{x}_i}} \sim N(0,1) \dots\dots\dots(2.36)$$

$$H_A : \omega_i = \frac{d\hat{x}_i}{\sigma_{d\hat{x}_i}} \sim N(\mu,1) \dots\dots\dots(2.37)$$

#### II.4.2. Pengujian Model Radial

Hipotesis nol ( $H_0$ ) menyatakan bahwa hasil pengukuran tidak dipengaruhi oleh kesalahan tak acak, sehingga memenuhi sebaran normal Gauss. Secara matematis untuk nilai harapan pengamatan dituliskan sebagai berikut:

Hipotesa nol  $H_0 : d\hat{x} = 0$  .....(2.38)

Uji statistik untuk menerima pengujian  $H_0$  adalah:

$T = \delta d_{ij} / \sigma(\delta d_{ij})$ .....(2.39)

$|T| = t_{df, \alpha/2}$  .....(2.40)

$dE = E_2 - E_1$

$\sigma dE = \sqrt{(\sigma E_1)^2 + (\sigma E_2)^2}$  .....(2.41)

$\delta d_{ij} = (dE_{ij}^2 + dN_{ij}^2 + dh_{ij}^2)^{1/2}$  .....(2.42)

$\sigma \delta d_{ij} = \sqrt{\left(\frac{dE}{dE^2 + dN^2 + dh^2}\right)^2 \sigma dE_{ij}^2 + \left(\frac{dN}{dE^2 + dN^2 + dh^2}\right)^2 \sigma dN_{ij}^2 + \left(\frac{dh}{dE^2 + dN^2 + dh^2}\right)^2 \sigma dh_{ij}^2}$ .....(2.43)

Hipotesis tandingan ( $H_a$ ) menyatakan bahwa hasil pengukuran dipengaruhi kesalahan tak acak sehingga terjadi perubahan-perubahan nilai rata-rata dan tidak mengikuti sebaran normal Gauss. Secara matematis diasumsikan nilai pengamatan untuk  $H_a$  adalah:

Hipotesa alternatif  $H_a : \delta d_{ij} \neq 0$ .....(2.44)

kondisi dimana hipotesa nol ditolak adalah (Wolf dan Gilani,1997):

$|T| > t_{df, \alpha/2}$  .....(2.45)

Dimana *degrees of freedom* (*df*) dan  $\alpha$  adalah signifikan level yang digunakan pada pengujian ini. Pada penelitian ini pengukuran GPS dilakukan sekitar 8 jam, dan  $df \rightarrow \infty$ . Perlu dicatat bahwa t-distribusi dengan derajat kebebasan tak terbatas identik dengan distribusi normal.



## **BAB III**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **III.1 Persiapan**

Sebelum melakukan sebuah penelitian diperlukan suatu persiapan yang matang guna kelancaran selama proses penelitian sampai penyajian hasil. Agar diperoleh hasil yang optimal maka ada beberapa hal yang harus dipersiapkan terlebih dahulu meliputi studi literatur yang berkaitan dengan studi tentang deformasi, serta persiapan yang berkaitan dengan bahan dan peralatan.

##### **III.1.1 Alat Penelitian**

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses penelitian ini baik perangkat lunak (*software*) maupun perangkat keras (*hardware*) antara lain:

1. Peralatan Survei Lapangan terdiri dari
  - a. GPS *Trimble 5700 double frequency* 4 unit
  - b. GPS navigasi merk *Garmin Rhino* 1 unit
  - c. Kamera Digital 1 unit
2. Peralatan Studio terdiri dari:
  - a. Laptop Acer Aspire 3683N, memory 1 GB
  - b. Printer HP deskjet F2100

3. *Software* yang digunakan adalah

a. *Microsoft Office 2007*

*Microsoft Office* adalah paket aplikasi perkantoran buatan *Microsoft*.

b. *Software Trimble Geomatics Office (TGO)*

*Software* yang digunakan untuk mengolah data *GPS* tahun 2011.

c. *Software Trimble Business Center (TBC)*

*Software* yang digunakan untuk mengolah data *GPS* tahun 2012.

### III.1.2 Bahan Penelitian

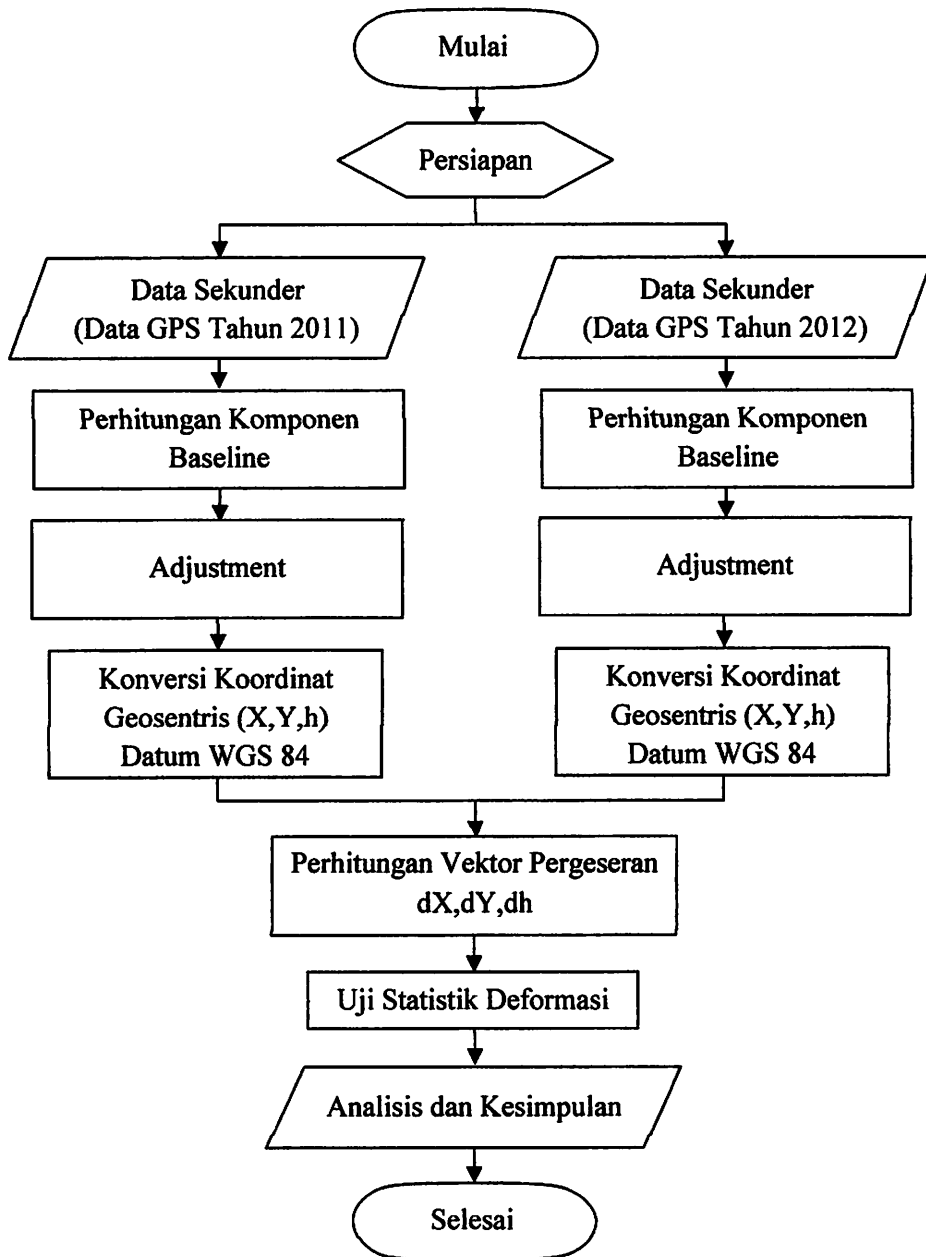
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa data titik-titik koordinat yang diukur oleh Pusat Sumber Daya Air dan Geologi Lingkungan, Badan Geologi, Kementerian ESDM. Lokasi penelitian adalah pergerakan muka tanah yang terjadi di kota Semarang.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian pada Citra *Google Earth*

### III.2 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi tahapan seperti digambarkan dalam diagram alir berikut.



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

Keterangan Diagram Alir :

1. Persiapan penelitian, dalam hal ini mempersiapkan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan dalam melakukan pengolahan data.
2. Data sekunder berupa data pengamatan GPS.
3. Perhitungan komponen baseline sampai mendapatkan koordinat geosentris (X,Y,h) datum WGS 84.
4. Perhitungan pergerakan muka tanah dari data koordinat tahun 2011 dan 2012.
5. Melakukan uji statistik dari hasil perhitungan vektor pergeseran muka tanah dengan Uji *T-Student*.
6. Memberikan analisa dan kesimpulan dari hasil dari uji statistik.

### **III.3. Pengukuran Lapangan**

Pada proses pengukuran lapangan diperlukan beberapa tahapan untuk memperlancar pengamatan survei GPS, diantaranya adalah :

#### **A. Persiapan**

Sebelum pengamatan GPS dilaksanakan harus dilakukan pengecekan peralatan dan perlengkapan, hal ini dilakukan agar pada saat proses pengumpulan data dilapangan dapat berjalan dengan lancar. Untuk membantu proses pengecekan peralatan dan perlengkapan perlu dibuat daftar peralatan dan perlengkapan.



Tabel 3.1. Tabel Daftar Peralatan dan Perlengkapan

Nama alat	Masuk	Keluar	Jumlah	Keterangan
Receiver GPS				
Antena				
Statip				
Baterai				
Tribach				
Pengukur tinggi antena				
Jam				
Alat komunikasi				
Baterai External				
Formulir pengamatan				

Sebelum pengamatan GPS dilaksanakan ada beberapa pengecekan kesiapan komponen GPS yang perlu dilakukan yaitu :

- Semua receiver GPS beserta antena dan baterai telah di tes dan siap untuk dipakai.
- Semua baterai telah di isi (charged) sampai penuh.
- Baterai external disiapkan untuk cadangan.
- Memori dalam setiap receiver telah dikosongkan.

## B. Pengamatan satelit

Dalam pelaksanaan survey GPS prosedur pengumpulan data (pengamatan satelit) dilaksanakan sesuai dengan tahapan sebagai berikut :

### 1. Pengecekan Titik

Prosedur pengecekan titik dilaksanakan setelah team tiba di lokasi titik.

Dalam hal ini yang dilakukan antara lain :

- Mengecek apakah titik yang dimaksud benar sesuai rencana titik tersebut yang akan di amati.





- Mencatat nama dan lokasi titik pada formulir pengamatan GPS.
- Membuat sketsa detil lokasi pengamatan dan sketsa umum lokasi pengamatan pada formulir pengamatan GPS.
- Dokumentasi titik.

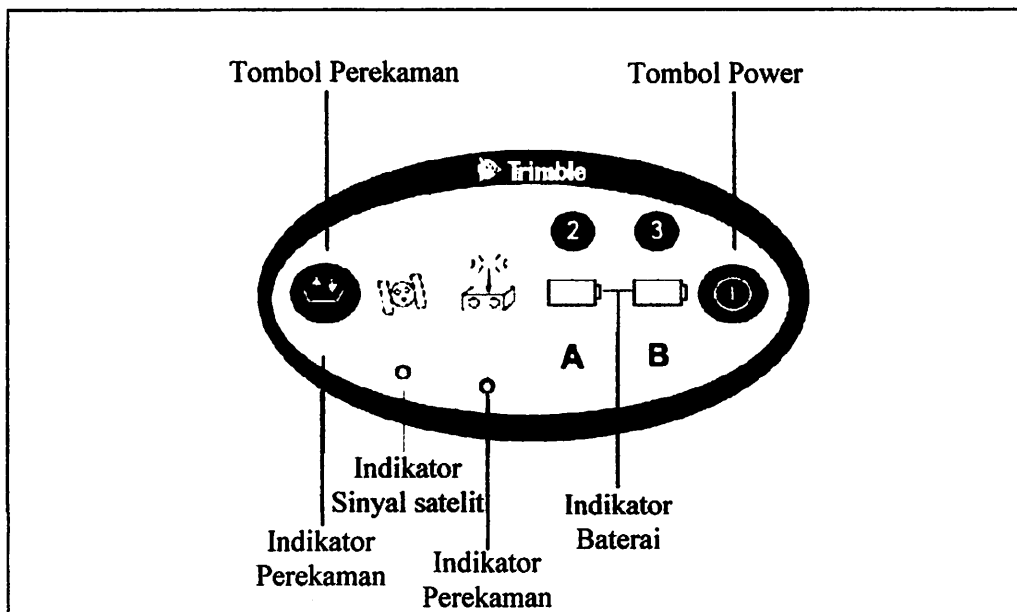


## 2. Prosedur Pengamatan Satelit

Setelah pengecekan titik selesai dilakukan tahap selanjutnya yaitu menyiapkan seluruh peralatan dan perlengkapan untuk memulai pengamatan dengan menggunakan metode statik. Adapun langkah - langkah pengamatan satelit adalah:

- Mendirikan statip yang dilengkapi dengan tribach dan centering optis tepat di titik.
- Memasang antena GPS.
- Memasang dan memastikan kabel telah terhubung dengan benar dan baik antara komponen antena dan receiver GPS.
- Mengukur tinggi antena dari titik dengan menggunakan stik pengukur tinggi antena (pengukuran tinggi antena dilakukan minimal 3 kali) dan catat pada formulir pengamatan.
- Menghidupkan receiver GPS.

- Dilihat dan tunggu sampai lampu tanda sinyal satelit berkedip konstan.
- Tekan  tombol ( tanda merekam ) untuk memulai perekaman, catat pada formulir pengamatan waktu mulai dan waktu selesainya pengamatan.
- Tunggu sampai interval waktu 8 jam untuk 1 titik pengamatan.
- Kembali tekan  tombol untuk mengakhiri perekaman.
- Tekan tombol OFF untuk matikan alat dan pindah ketitik selanjutnya.



### 3. Prosedur Setelah Pengamatan Satelit

Prosedur setelah pengamatan satelit yang dilakukan antara lain :

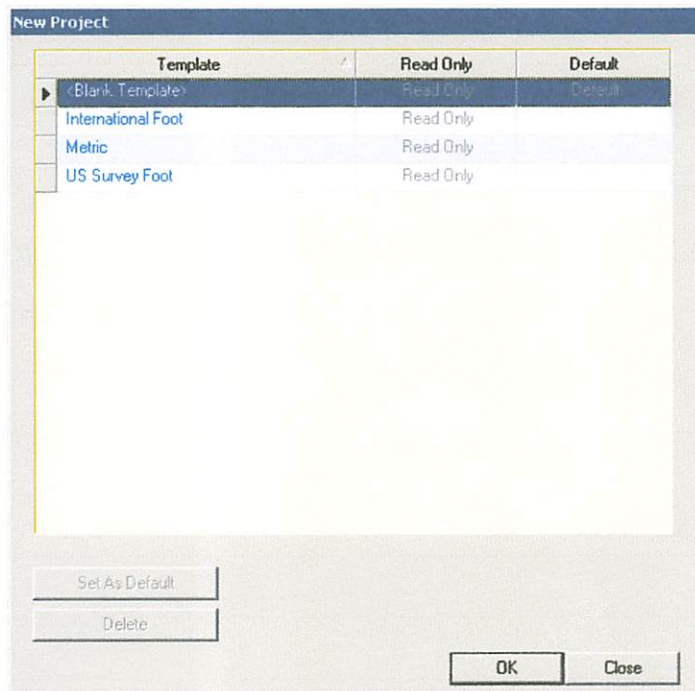
- Mengecek kembali tinggi antena.
- Melengkapi catatan setelah pengamatan pada formulir pengamatan GPS.
- Membersihkan semua peralatan dan perlengkapan, tempatkan kembali receiver GPS dengan baik dan aman kedalam tempat pembawanya.
- Check list kembali semua peralatan dan perlengkapan pengamatan.

### III.4 Proses Pengolahan menggunakan *Software* TBC

Pengolahan data GPS model radial menggunakan *software* TBC terbagi dalam beberapa tahap, diantaranya pembuatan *project*, *import* data GPS, pengolahan *baseline*.

#### A. Membuat Project

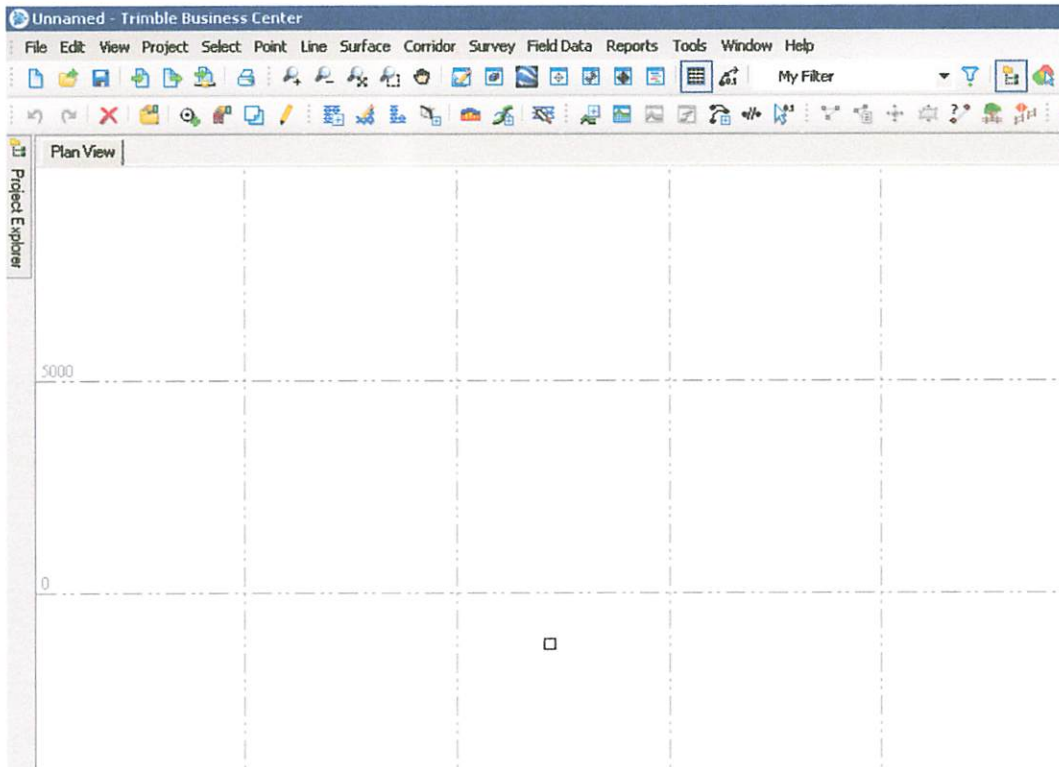
1. Pada menu *Trimble Business Center*, pilih **File > New Project**.



2. Pilih OK.

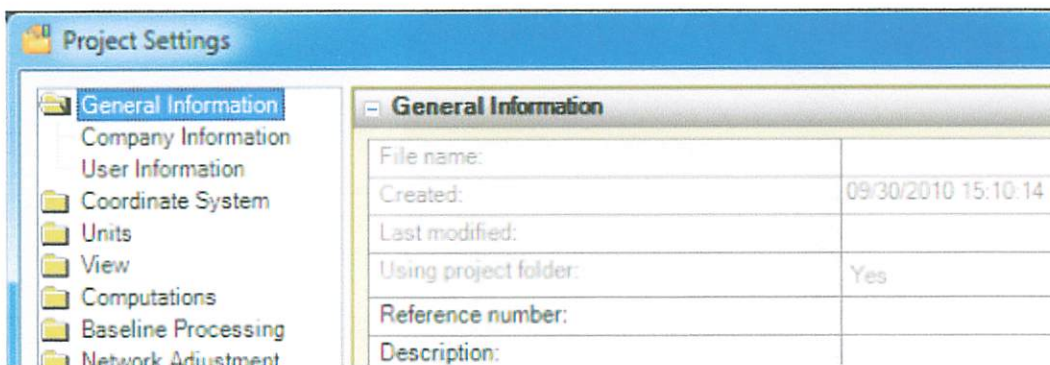


3. Kemudian muncul *Plan View* pada *Trimble Business Center*.



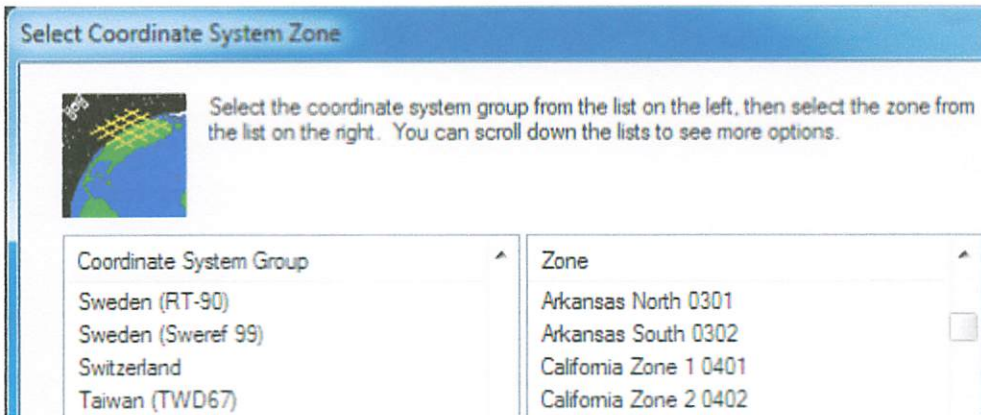
## B. Select Project Settings

Untuk proses Project Settings, pilih Project > Project Settings.



Menentukan Coordinate System

1. Pada menu navigasi **Project Settings**, pilih **Coordinate System**.
2. Klik tombol *Change*.
3. Klik *New System* pada *Select Coordinate System*, kemudian akan tampil *Select Coordinate System Type* dialog.



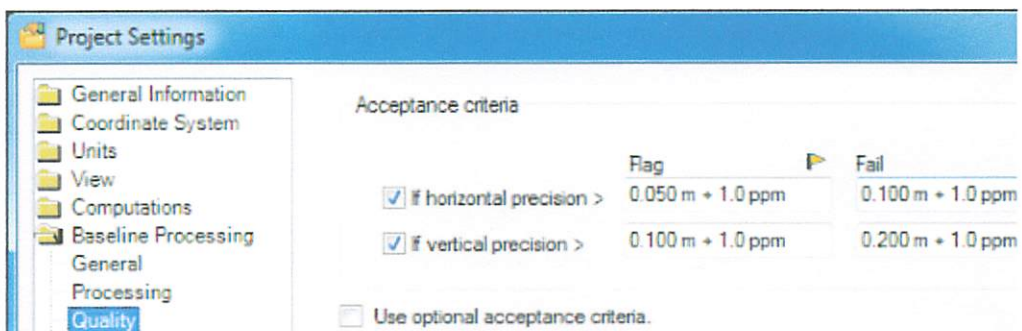
4. Kemudian pilih pengaturan:
  - a. Pilih sistem koordinat.
  - b. Pilih zona.
  - c. Klik Next.

#### Units settings

1. Pada dialog *Project Setting* pilih *Unit > Coordinat*. Kemudian pada *Display Order* pilih *Northing, Easting, Elevation*.
2. Pilih *Unit > Distance*, kemudian pilih satuan meter.
3. Pilih *Unit > GPS Time* kemudian pilih *GPS*.

#### Baseline Processing settings

1. Pada dialog *Project Setting* pilih *Baseline Processing > Quality*.



- a. cek *If horizontal precision checkbox* dan masukkan nilainya: - Flag:  
 $0.020\text{ m} + 1.0\text{ ppm}$  - Fail:  $0.050\text{ m} + 1.0\text{ ppm}$

b. cek *If vertical precision checkbox* dan masukkan nilainya: - Flag:

$0.050\text{ m} + 1.0\text{ ppm}$  - Fail:  $0.100\text{ m} + 1.0\text{ ppm}$

2. kemudian pilih *File > Save Project*

### C. Import Data GPS

Import Titik Kontrol

1. Pilih **File > Import**.

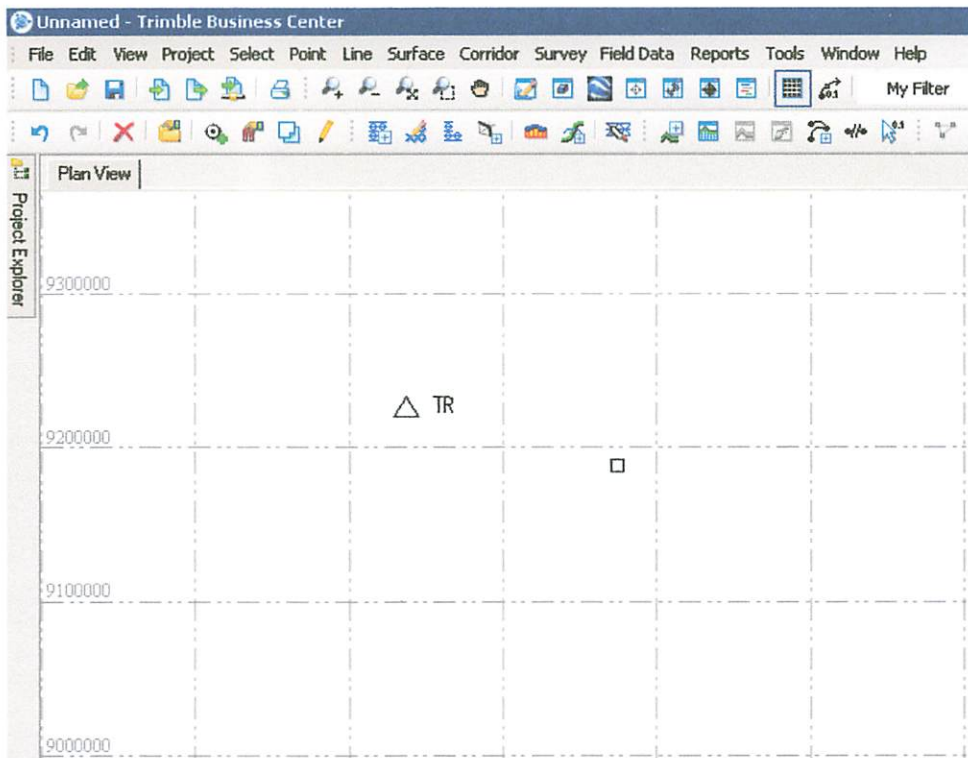
2. Menu **Import** akan muncul pada bagian kanan windows **Trimble Business Center**.

3. Pada menu **Import**, klik tombol **Browse**.

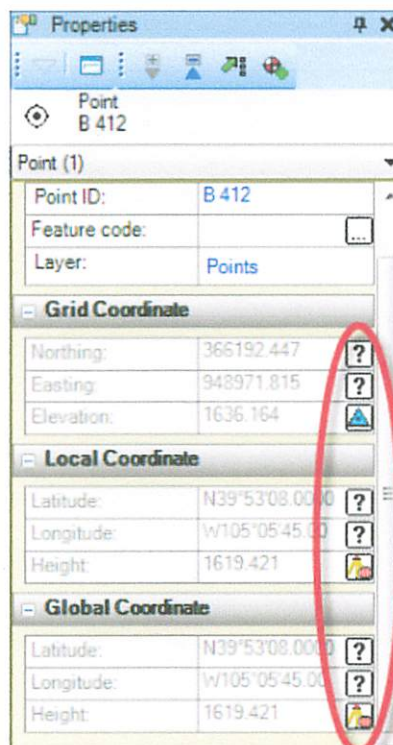
4. Pada **Browse For Folder** dialog, pilih direktori penyimpanan data kemudian klik **OK**.



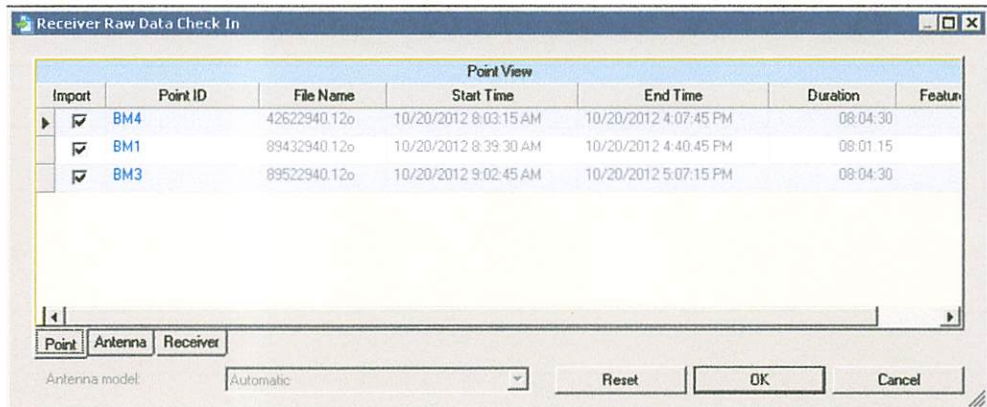
5. Pilih file yang akan diimport dan klik tombol **Import**.




6. Klik titik TR pada **Plan View**. Kemudian klik kanan, pilih properti.
7. Pada jendela **Properties**, nilai horizontal pilih *Unknown Control*,  
heights pilih *Survey Grade quality*; elevation pilih *Control quality*.



8. Kemudian import data titik yang lain.



#### D. Proses Baseline

1. Pilih baseline yang akan diproses.
2. Pilih **Survey > Process Baselines**. Atau klik **Process Baselines** icon  pada toolbar.
3. Tampilan jendela *processing baseline*.

Save	Observation	Solution	Horiz. Precision	Vert. Precision (	RMS	Length
<input checked="" type="checkbox"/>	P041 --- 3	Fixed	0.008	0.011	0.002	906
<input checked="" type="checkbox"/>	P041 --- 3	Fixed	0.008	0.011	0.003	906
<input checked="" type="checkbox"/>	3 --- fsi	Fixed	0.002	0.003	0.001	14
<input checked="" type="checkbox"/>	P041 --- filter	Fixed	0.009	0.012	0.002	872
<input checked="" type="checkbox"/>	P041 --- filter	Fixed	0.007	0.011	0.002	872
<input checked="" type="checkbox"/>	P041 --- HANNA	Fixed	0.007	0.012	0.001	841
<input checked="" type="checkbox"/>	P041 --- HANNA	Fixed	0.012	0.012	0.004	841
<input checked="" type="checkbox"/>	P041 --- HANNA	Fixed	0.008	0.009	0.003	841

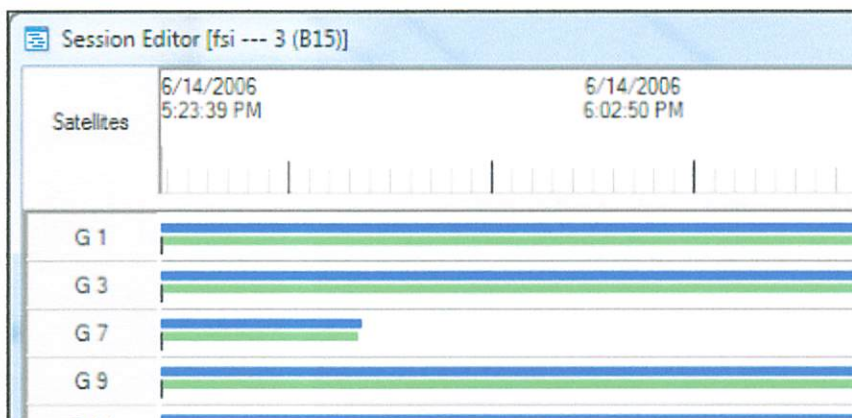
4. Kemudian simpan dengan cara klik tombol save.

#### E. Session Edit dan Proses Baseline Ulang

1. Pilih baseline pada plan view, kemudian klik kanan dan pilih **Session Editor** pada konteks menu.



Tampilan jendela session editor.



2. Pada proses ini *disable* data satelit yang tidak baik. Klik Ok.
3. Untuk melihat *report* pengolahan *baseline* klik menu *report* → *baseline processing report*.
4. Tampilan *baseline processing report*.

**Vector Components (Mark to Mark)**

From: KO16						
	Grid		Local		Global	
Eastings	434697.049 m		Latitude	S7°00'16.72911"		
Northing	9225698.060 m		Longitude	E110°24'31.54566"		
Elevation	117.308 m		Height	117.308 m		

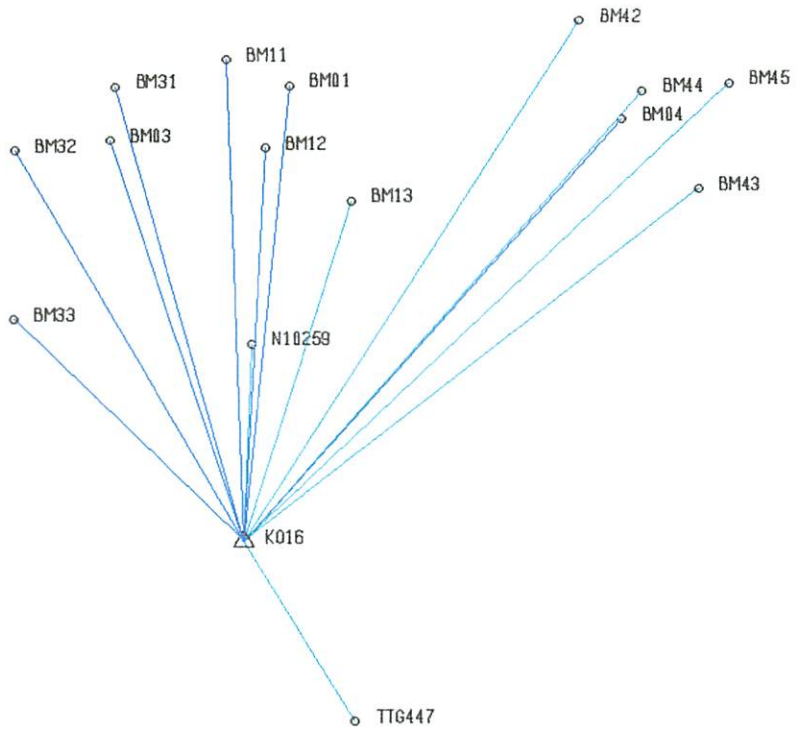
  

To: BM33						
	Grid		Local		Global	
Eastings	431998.101 m		Latitude	S6°58'52.17855"		
Northing	9228295.353 m		Longitude	E110°23'03.61587"		
Elevation	29.082 m		Height	29.082 m		

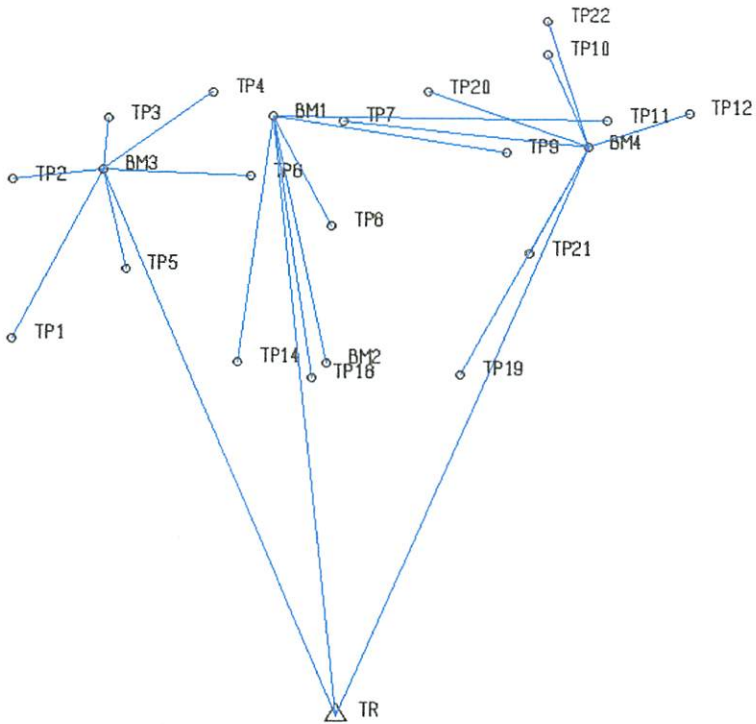
  

Vector:					
DEasting	-2698.948 m	NS Fwd Azimuth	313°54'02"	DX	2450.008 m
DNorthing	2597.294 m	Ellipsoid Dist.	3745.698	DY	1154.930 m
DElevation	-88.226 m	DHeight	-88.226	DZ	2588.813 m

5. Baseline Pengukuran 2011



6. Baseline Pengukuran 2012



Tabel 3.2. Daftar Titik yang Bersesuaian pada Pengukuran Tahun 2011 dan 2012

N0	2011	2012
1	TTG447	TR
2	BM33	TP1
3	BM35	TP5
4	BM32	TP2
5	BM03	BM3
6	BM31	TP3
7	BM11	TP4
8	BM01	BM1
9	BM12	TP6
10	BM14	TP7
11	BM41	TP9
12	BM04	BM4
13	BM42	TP10
14	BM 45	TP12
15	KO16	KO16
16	N10259	TP14
17	BM 44	TP11



## BAB IV

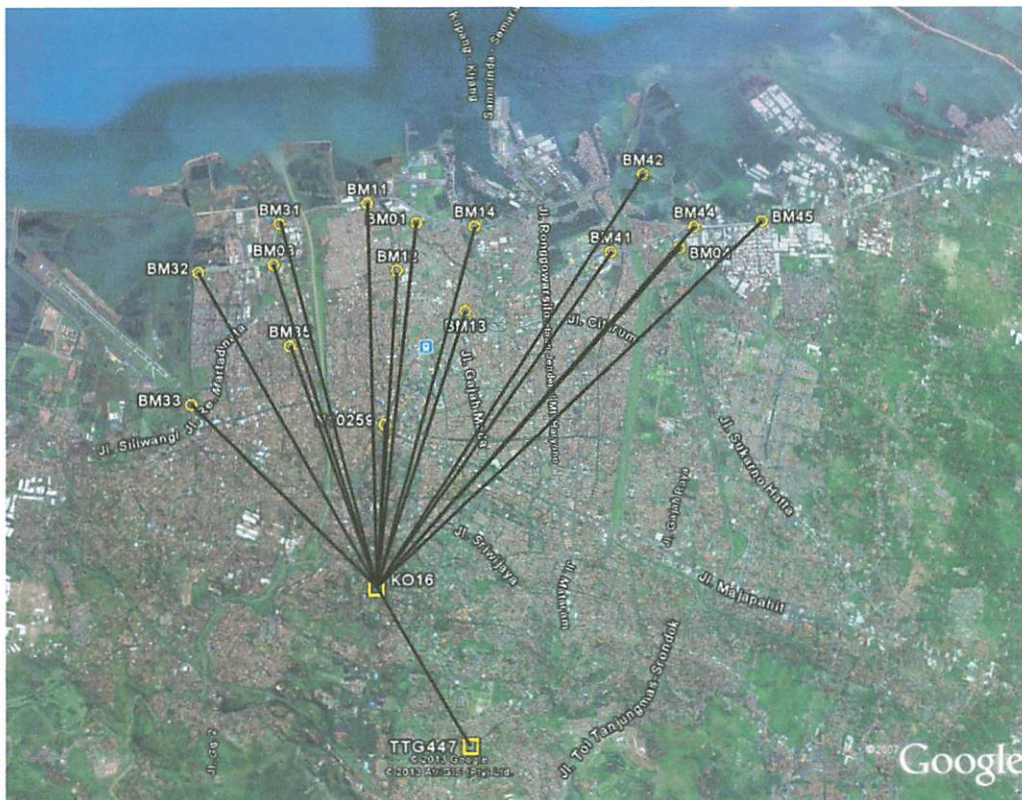
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian analisis pergeseran tanah (deformasi) wilayah Semarang ialah menganalisa deformasi koordinat titik pantau pada tahun 2011 terhadap koordinat titik pantau pada tahun 2012. Perhitungan data koordinat menggunakan metode perataan kuadrat terkecil (*least square adjustment*), kemudian melakukan uji statistik terhadap vektor deformasi.

#### IV.1. Hasil Penelitian

##### IV.1.1. Tahun 2011

Titik referensi, titik pantau, dan bentuk baseline pengukuran GPS pada tahun 2011 adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1. Jaring Pengukuran Tahun 2011

Berdasarkan hasil perataan baseline dan perataan jaring didapat hasil

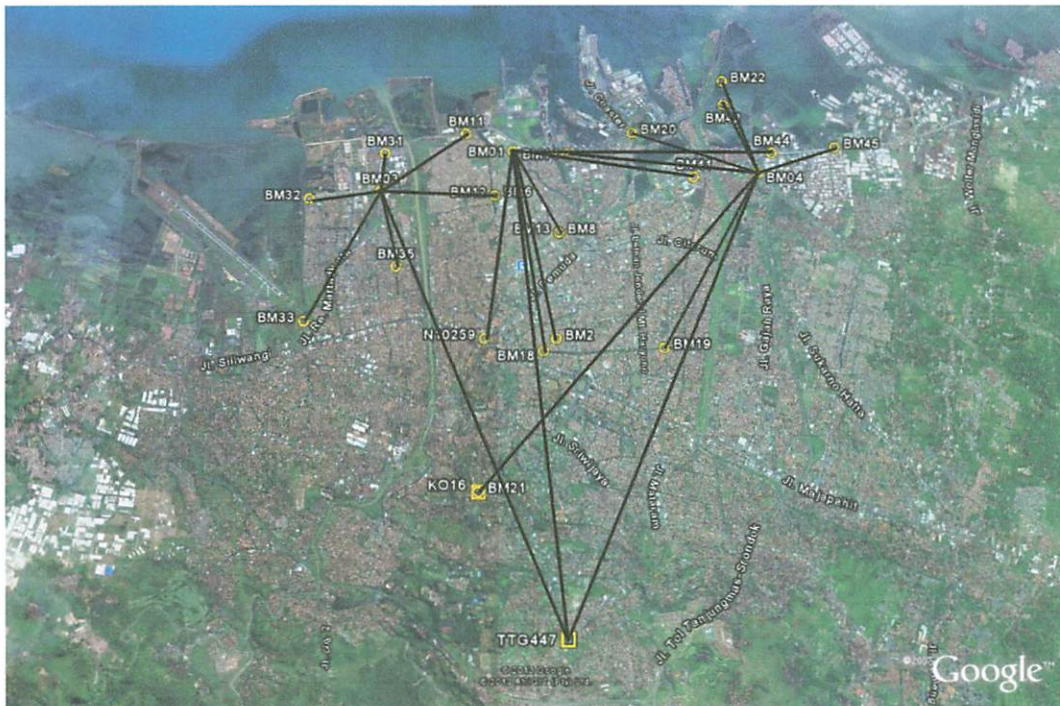
koordinat grid UTM dan tinggi ellipsoid datum WGS 84 sebagai berikut :

Tabel 4.1. Daftar Koordinat Grid UTM Datum WGS84 Tahun 2011

No	Titik	E	N	h	$\sigma_N$	$\sigma_E$	$\sigma_h$
1	KO16	434697.049	9225698.060	117.308	0.001	0.001	0.004
2	TTG447	435996.869	9223595.916	131.955	0	0	0
3	BM33	431998.140	9228295.342	29.053	0.001	0.001	0.005
4	BM35	433398.396	9229150.745	27.661	0.001	0.001	0.005
5	BM32	432013.391	9230260.139	29.854	0.001	0.001	0.007
6	BM03	433123.625	9230376.846	27.166	0.001	0.001	0.006
7	BM31	433189.204	9231006.263	28.195	0.001	0.001	0.007
8	BM11	434481.574	9231329.508	26.683	0.001	0.001	0.007
9	BM01	435223.048	9231023.413	27.699	0.001	0.001	0.007
10	BM14	436086.385	9230972.809	27.503	0.001	0.001	0.007
11	BM41	438096.439	9230573.428	27.138	0.001	0.001	0.007
12	BM04	439114.655	9230632.926	27.452	0.001	0.001	0.008
13	BM42	438613.559	9231787.382	27.781	0.001	0.001	0.008
14	BM 45	440361.633	9231050.846	27.817	0.001	0.001	0.008
15	N10259	434781.212	9228006.156	31.130	0.001	0.001	0.005
16	BM 44	439352.023	9230962.106	27.548	0.001	0.001	0.008
17	BM12	434942.353	9230288.904	26.846	0.001	0.001	0.007
18	BM43	440013.810	9229816.060	27.473	0.001	0.001	0.007

#### IV.1.1. Tahun 2012

Titik referensi, titik pantau, dan bentuk baseline pengukuran GPS pada tahun 2012 adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2. Jaring Pengukuran Tahun 2012

Berdasarkan hasil perataan baseline dan perataan jaring didapat hasil koordinat grid UTM dan tinggi ellipsoid datum WGS 84 sebagai berikut :

Tabel 4.2. Daftar Koordinat Grid UTM Datum WGS84 Tahun 2012

No	Titik	E	N	h	$\sigma E$	$\sigma N$	$\sigma h$
1	TTG447	435996.869	9223595.916	131.955	0	0	0
2	BM33	431997.995	9228295.242	29.075	0.001	0.001	0.004
3	BM35	433398.244	9229150.673	27.581	0.001	0.001	0.001
4	BM32	432013.202	9230260.051	29.692	0.001	0.001	0.001
5	BM03	433123.425	9230376.782	27.174	0.001	0.001	0.008
6	BM31	433188.980	9231006.210	28.106	0.001	0.001	0.001
7	BM11	434481.372	9231329.442	26.445	0.001	0.001	0.001
8	BM01	435222.854	9231023.398	27.647	0.001	0.001	0.007
9	BM14	436086.212	9230972.829	27.432	0.001	0.001	0.004
10	BM41	438096.267	9230573.477	27.033	0.001	0.001	0.004
11	BM04	439114.481	9230633.020	27.394	0.001	0.001	0.007
12	BM42	438613.362	9231787.449	27.665	0.001	0.001	0.001
13	BM 45	440361.374	9231051.623	27.783	0.001	0.001	0.001
14	N10259	434781.111	9228006.109	31.126	0.001	0.001	0.004
15	BM 44	439351.824	9230962.160	27.501	0.001	0.001	0.004
16	BM20	437130.553	9231320.004	27.002	0.001	0.001	0.003
17	BM21	438384.499	9229322.672	27.983	0.001	0.001	0.001
18	BM22	438614.902	9232199.228	27.448	0.001	0.001	0.001
19	BM19	437535.104	9227836.564	28.928	0.001	0.001	0.004
20	BM18	435687.465	9227802.184	30.485	0.001	0.001	0.004
21	BM06	434942.167	9230288.849	26.687	0.001	0.001	0.001
22	BM02	435881.328	9227988.616	29.360	0.001	0.001	0.004
23	BM08	435944.049	9229677.757	26.901	0.001	0.001	0.001



## IV.2. Hasil Nilai Vektor Deformasi

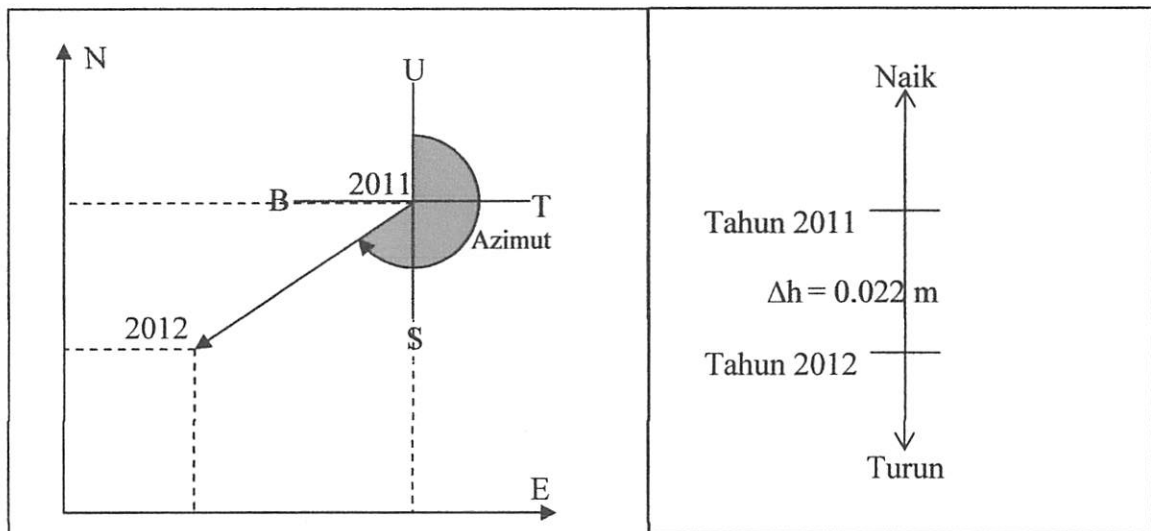
Hasil perhitungan vektor deformasi pengukuran tahun 2011 dengan tahun 2012 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3. Vektor Deformasi Tahun 2011 – 2012

No	Titik	$\delta d_{EN}$	$\delta dh$
1	BM33	0.1761	0.0220
2	BM35	0.1682	-0.0800
3	BM32	0.2085	-0.1620
4	BM03	0.2100	0.0080
5	BM31	0.2302	-0.0890
6	BM11	0.2125	-0.2380
7	BM01	0.1946	-0.0520
8	BM14	0.1742	-0.0710
9	BM41	0.1788	-0.1050
10	BM04	0.1978	-0.0580
11	BM42	0.2081	-0.1160
12	BM 45	0.8190	-0.0340
13	N10259	0.1114	-0.0040
14	BM 44	0.2062	-0.0470

Gambar untuk vektor deformasi adalah sebagai berikut.

### 1. BM33



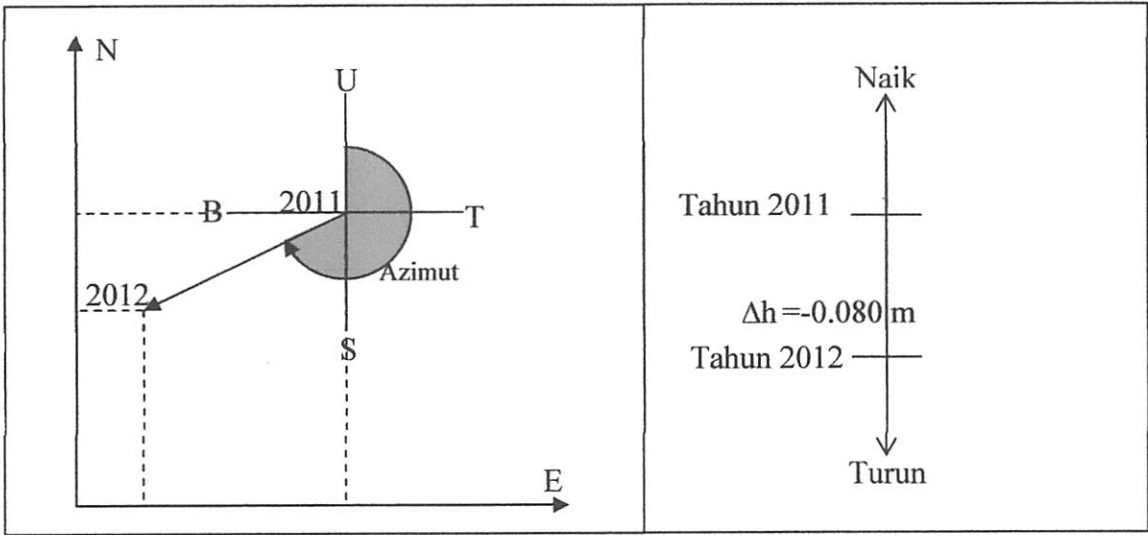
Gambar 4.3. Perubahan Lateral BM33

Gambar 4.4. Perubahan Vertikal BM33

- Terjadi kenaikan tanah sebesar 0.022 meter.
- Vector pergeseran ke arah tenggara dengan azimut  $235^{\circ}24'27.76''$ .



2. BM35

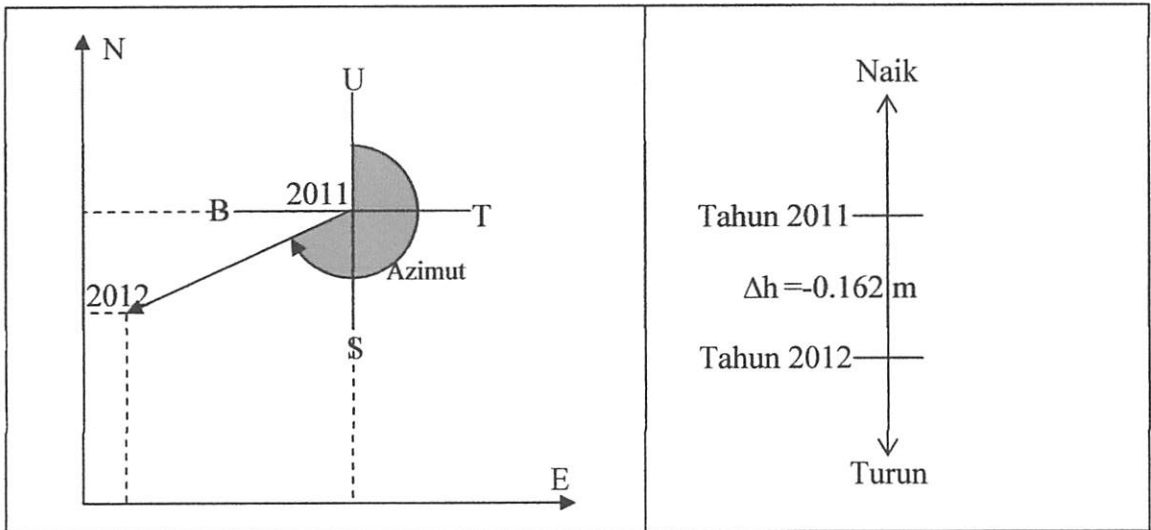


Gambar 4.5. Perubahan Lateral BM35

Gambar 4.6. Perubahan Vertikal BM35

- a. Terjadi penurunan tanah sebesar -0.080 meter.
- b. Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $244^{\circ}39'13.77''$ .

3. BM32

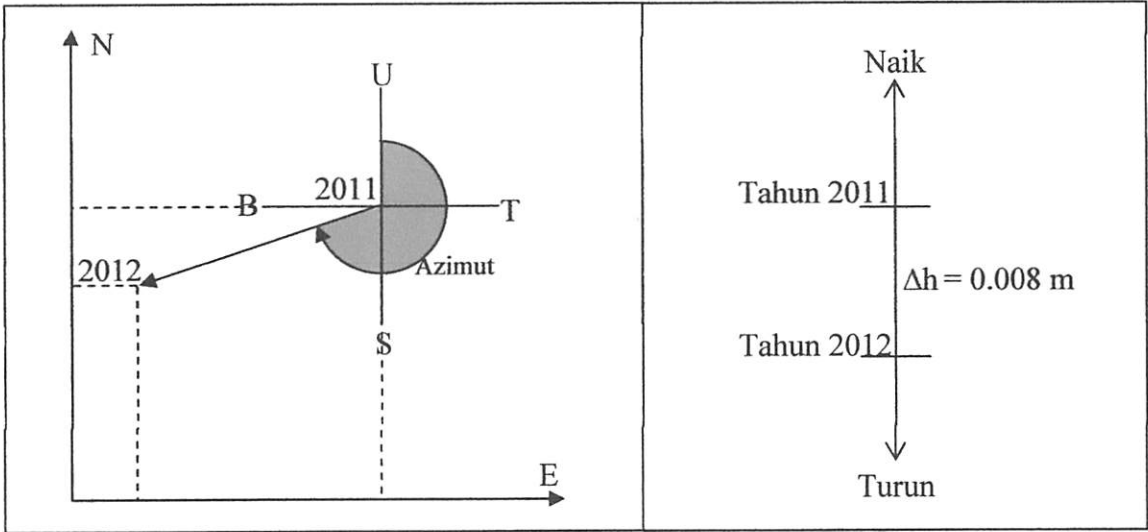


Gambar 4.7. Perubahan Lateral BM32

Gambar 4.8. Perubahan Vertikal BM32

- a. Terjadi penurunan tanah sebesar -0.162 meter.
- b. Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $245^{\circ}1'58.49''$ .

4. BM3

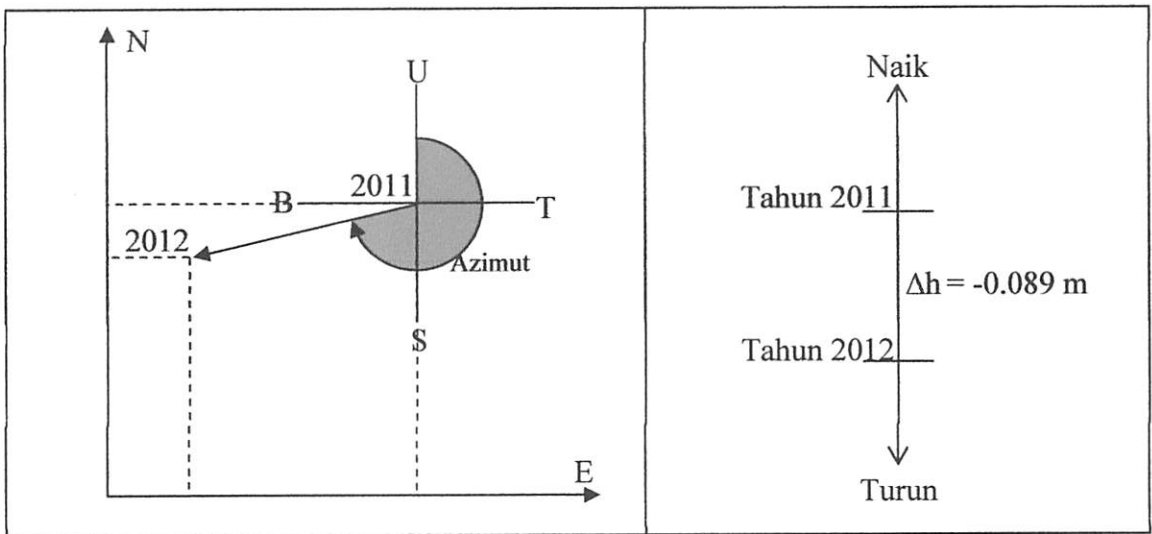


Gambar 4.9. Perubahan Lateral BM3

Gambar 4.10. Perubahan Vertikal BM3

- a. Terjadi penurunan tanah sebesar -0.008 meter.
- b. Vector pergeseran ke arah barat laut dengan azimut  $252^{\circ}15'19.18''$ .

5. BM31

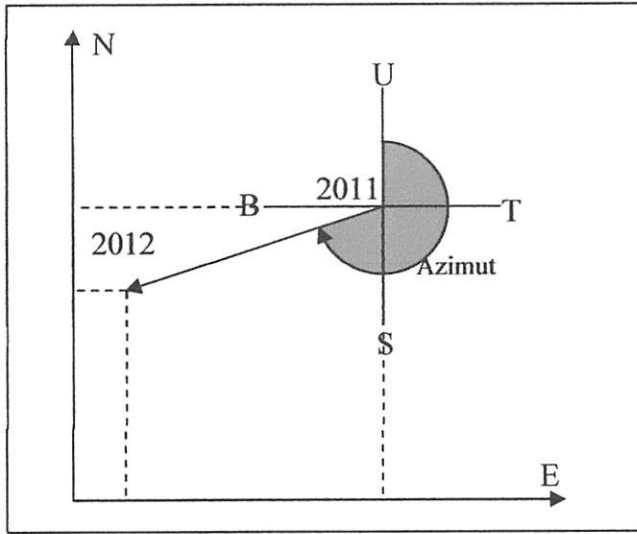


Gambar 4.11. Perubahan Lateral BM31

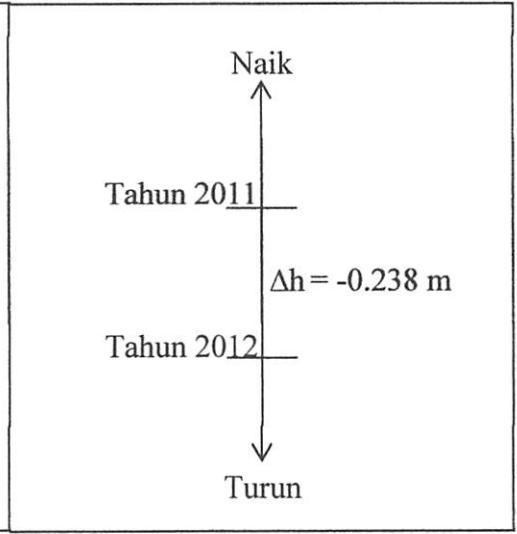
Gambar 4.12. Perubahan Vertikal BM31

- a. Terjadi penurunan tanah sebesar -0.089 meter.
- b. Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $256^{\circ}41'17.58''$ .

6. BM11



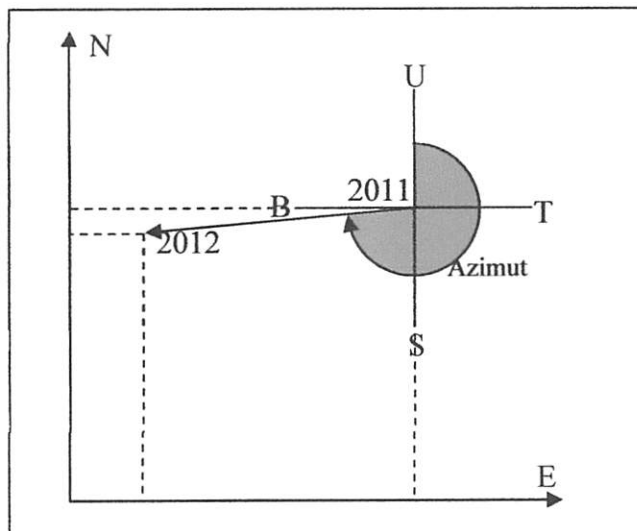
Gambar 4.13. Perubahan Lateral BM11



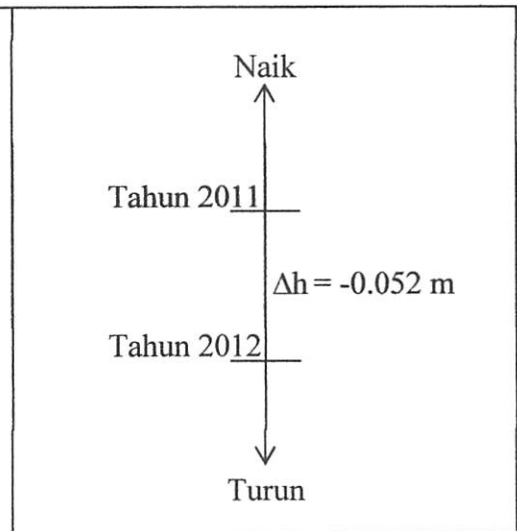
Gambar 4.14. Perubahan Vertikal BM11

- a. Terjadi penurunan tanah sebesar -0.238 meter.
- b. Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $251^{\circ}54'21.94''$ .

7. BM01



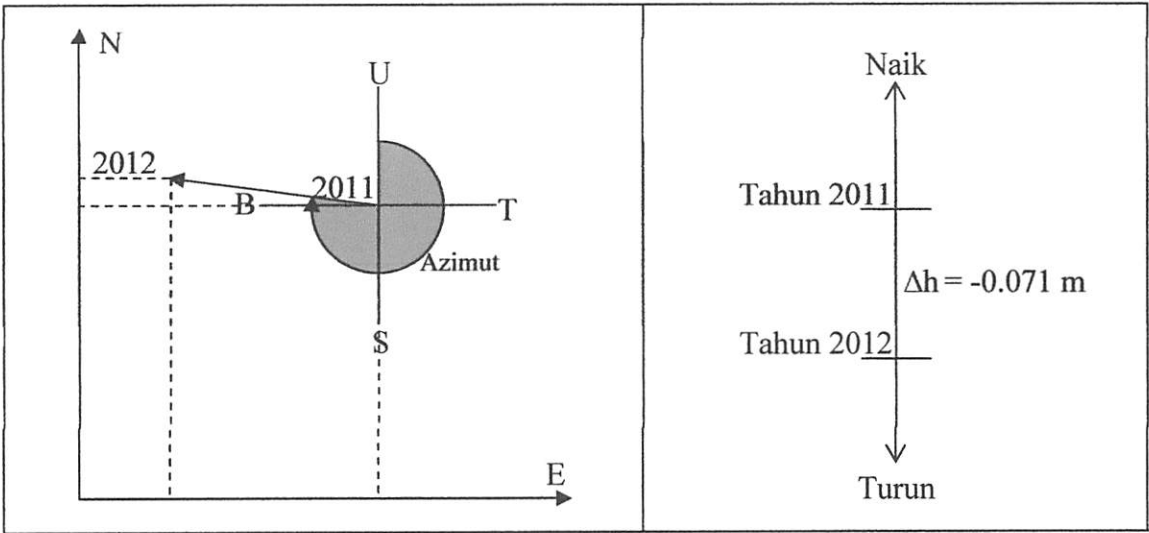
Gambar 4.15. Perubahan Lateral BM01



Gambar 4.16. Perubahan Vertikal BM01

- a. Terjadi penurunan tanah sebesar -0.052 meter.
- b. Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $265^{\circ}34'43.36''$ .

8. BM14

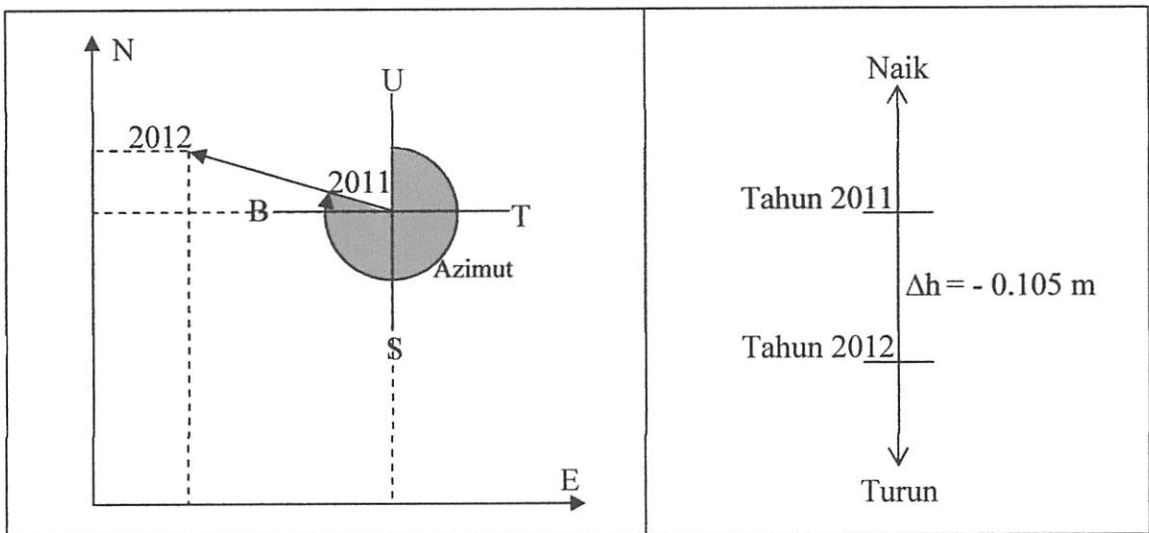


Gambar 4.17. Perubahan Lateral BM14

Gambar 4.18. Perubahan Vertikal BM14

- a. Terjadi penurunan tanah sebesar -0.071 meter.
- b. Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $276^{\circ}35'40.25''$ .

9. BM41

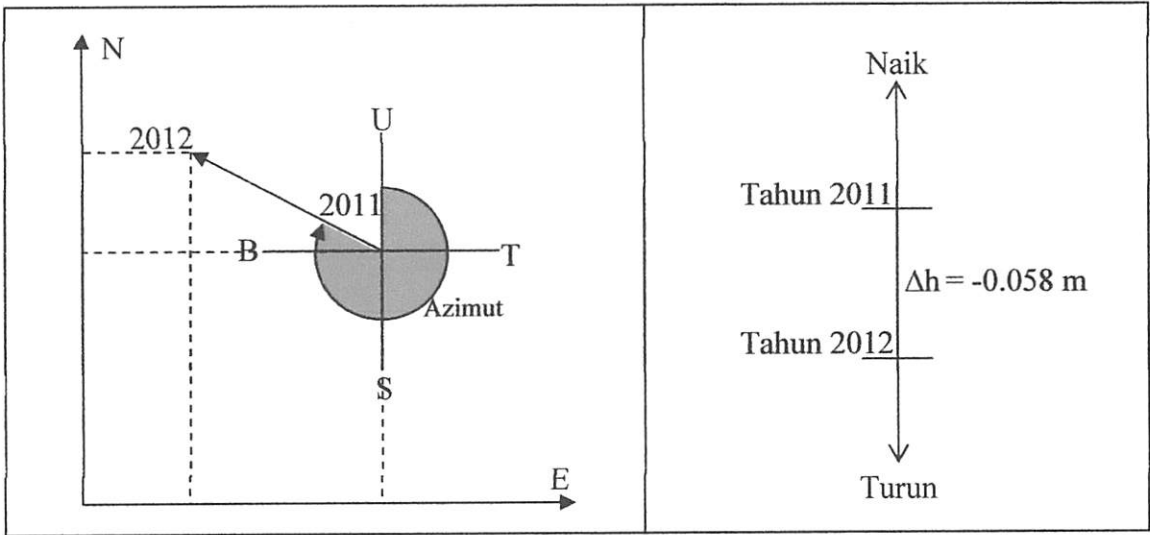


Gambar 4.19. Perubahan Lateral BM41

Gambar 4.20. Perubahan Vertikal BM41

- a. Terjadi penurunan tanah sebesar -0.105 meter.
- b. Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $285^{\circ}54'5''$ .

10. BM04

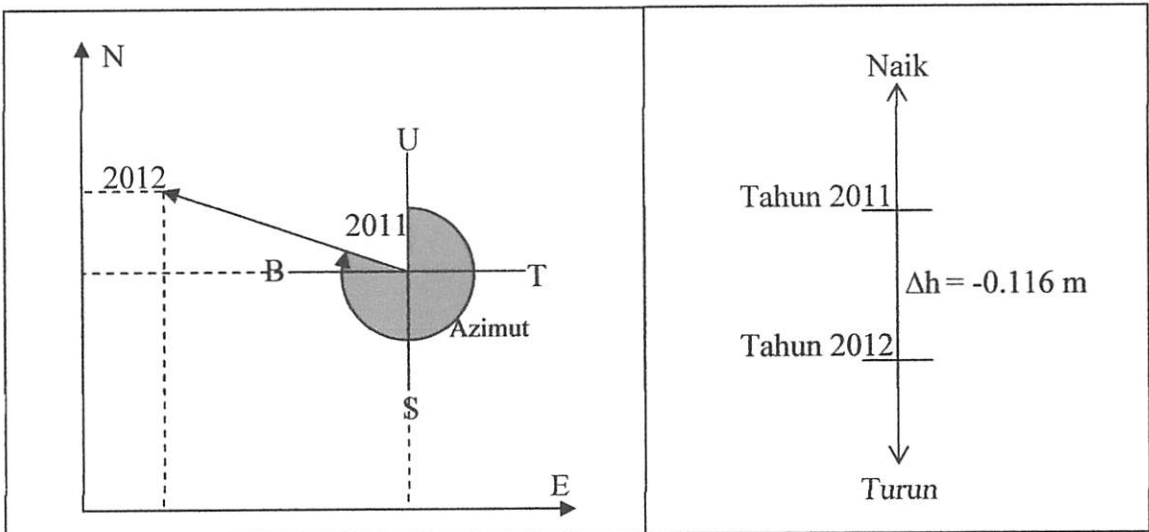


Gambar 4.21. Perubahan Lateral BM04

Gambar 4.22. Perubahan Vertikal BM04

- Terjadi penurunan tanah sebesar -0.058 meter.
- Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $298^{\circ}22'45.28''$ .

11. BM42

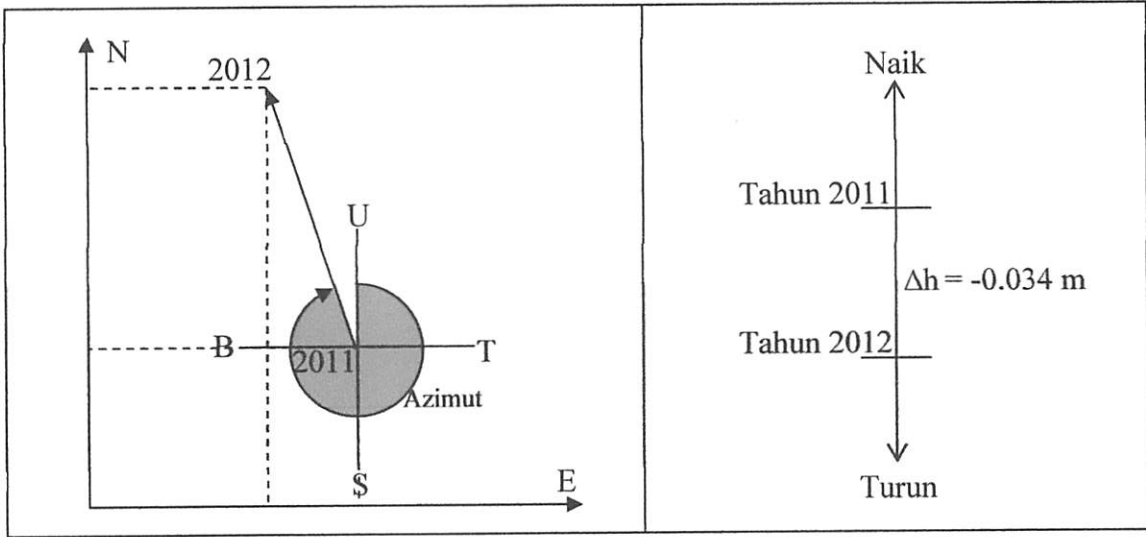


Gambar 4.23. Perubahan Lateral BM42

Gambar 4.24. Perubahan Vertikal BM42

- Terjadi penurunan tanah sebesar -0.116 meter.
- Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $288^{\circ}46'59.69''$ .

12. BM45

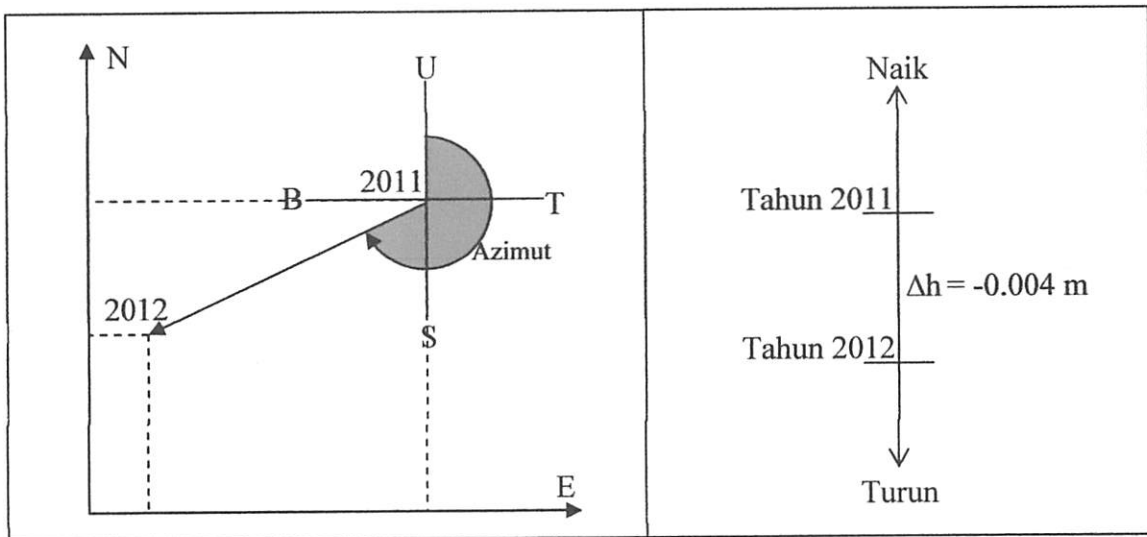


Gambar 4.25. Perubahan Lateral BM45

Gambar 4.26. Perubahan Vertikal BM45

- a. Terjadi penurunan tanah sebesar -0.034 meter.
- b. Vector pergeseran ke arah barat laut dengan azimut  $341^{\circ}33'54.18''$ .

13. N10259

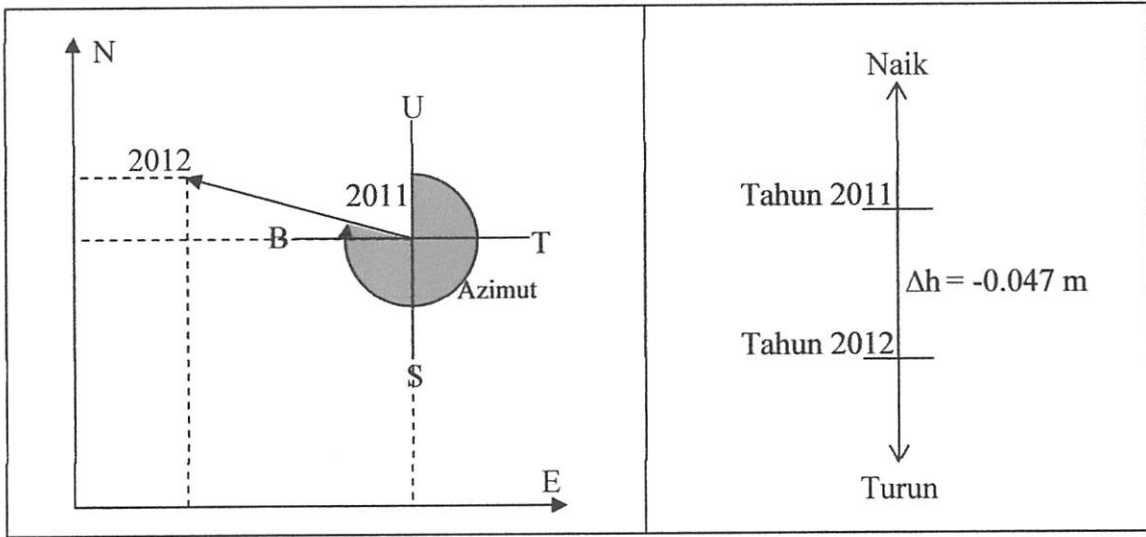


Gambar 4.27. Perubahan Lateral N10259

Gambar 4.28. Perubahan Vertikal N10259

- a. Tidak terjadi penurunan tanah.
- b. Vector pergeseran ke arah tenggara dengan azimut  $245^{\circ}2'42.89''$ .

14. BM44



Gambar 4.29. Perubahan Lateral BM44

Gambar 4.30. Perubahan Vertikal BM44

- Terjadi penurunan tanah sebesar -0.047 meter.
- Vector pergeseran ke arah barat daya dengan azimut  $285^{\circ}10'55.22''$ .

**IV.4. Analisis Statistik (T-Student)**

Pada uji statistik ini digunakan pengujian dengan tingkat kepercayaan 95%.

Dari tingkat kepercayaan tersebut didapat nilai  $t_{0.025}$  sebesar 1.960.

Tabel 4.4. T Hitung Vektor Easting dan Northing

No	Titik	dE	$\sigma E$	dN	$\sigma N$	$\delta d$	$\delta \sigma d$	T
1	BM33	-0.1450	0.0014	-0.1000	0.0014	0.1761	0.0014	124.549
2	BM35	-0.1520	0.0014	-0.0720	0.0014	0.1682	0.0014	118.929
3	BM32	-0.1890	0.0014	-0.0880	0.0014	0.2085	0.0014	147.419
4	BM03	-0.2000	0.0014	-0.0640	0.0014	0.2100	0.0014	148.486
5	BM31	-0.2240	0.0014	-0.0530	0.0014	0.2302	0.0014	162.765
6	BM11	-0.2020	0.0014	-0.0660	0.0014	0.2125	0.0014	150.266
7	BM01	-0.1940	0.0014	-0.0150	0.0014	0.1946	0.0014	137.588
8	BM14	-0.1730	0.0014	0.0200	0.0014	0.1742	0.0014	123.144
9	BM41	-0.1720	0.0014	0.0490	0.0014	0.1788	0.0014	126.461
10	BM04	-0.1740	0.0014	0.0940	0.0014	0.1978	0.0014	139.843
11	BM42	-0.1970	0.0014	0.0670	0.0014	0.2081	0.0014	147.136
12	BM 45	-0.2590	0.0014	0.7770	0.0014	0.8190	0.0014	579.142
13	N10259	-0.1010	0.0014	-0.0470	0.0014	0.1114	0.0014	78.772
14	BM 44	-0.1990	0.0014	0.0540	0.0014	0.2062	0.0014	145.803

Tabel 4.5. T Hitung Vektor h

No	Titik	$\delta dh$	$\delta \sigma dh$	T
1	BM33	0.0220	0.0064	3.436
2	BM35	-0.0800	0.0051	-15.689
3	BM32	-0.1620	0.0071	-22.910
4	BM03	0.0080	0.0100	0.800
5	BM31	-0.0890	0.0071	-12.587
6	BM11	-0.2380	0.0071	-33.658
7	BM01	-0.0520	0.0099	-5.253
8	BM14	-0.0710	0.0081	-8.806
9	BM41	-0.1050	0.0081	-13.024
10	BM04	-0.0580	0.0106	-5.456
11	BM42	-0.1160	0.0081	-14.388
12	BM 45	-0.0340	0.0081	-4.217
13	N10259	-0.0040	0.0064	-0.625
14	BM 44	-0.0470	0.0089	-5.255

Perhitungan T Student untuk uji statistik tingkat kepercayaan 95%, pada koordinat easting-northing semua titik menolak  $H_0$  dan menerima  $H_A$  yang berarti mengalami pergeseran. Pada pengujian tinggi diatas ellipsoid terdapat dua titik yang tidak mengalami penurunan yaitu BM03 dan N10259.





## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **V.1. Kesimpulan**

Penelitian yang telah dilaksanakan mengenai analisa pergeseran muka tanah (deformasi) di Semarang menggunakan data observasi GPS tahun 2011 dan data observasi GPS tahun 2012 adalah sebagai berikut.

1. Hasil perhitungan uji statistik T-Student untuk koordinat grid datum WGS 84 dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% menyatakan bahwa semua titik pantau mengalami pergeseran.
2. Hasil perhitungan uji statistik T-Student untuk tinggi ellipsoid dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% menyatakan bahwa BM03 dan N10259 tidak mengalami penurunan. Titik yang lain menolak  $H_0$  dan menerima  $H_A$  yang berarti mengalami penurunan.
3. Dari penelitian ini mengindikasikan bahwa ada pergeseran permukaan tanah di daerah Semarang baik untuk komponen horizontal (*lateral*) dan komponen vertikal.

#### **V.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan penyusun berdasarkan hasil penelitian ini, untuk mendapatkan nilai pergeseran permukaan tanah yang lebih akurat adalah sebagai berikut.

1. Metode yang digunakan pada observasi GPS sebaiknya menggunakan model jaring agar dapat dilakukan perataan jaring sehingga koordinat yang diperoleh lebih akurat.
2. Penentuan titik pengamatan sebaiknya dicari tempat yang tidak banyak gangguan seperti pepohonan, banyak rumah, maupun banyak kendaraan besar yang bisa mengakibatkan ketidakstabilan *receiver* GPS.
3. Studi pergeseran (deformasi) permukaan tanah sebaiknya menggunakan data lebih dari dua periode sehingga dapat diketahui pola pergeserannya tanahnya.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut yang bersifat berkala agar dapat mengetahui perkembangan nilai pergerakan permukaan tanah sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk dilakukan penanggulangan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin.H.Z.,Andreas.H.,Gumilar.I.,Sidiq.I.P, Gamal.M, Murdohardono.D, Supriyadi, Fukuda.Y,2010. *Studiying Land Subsidence in Semarang (Indonesia) Using Geodetics Methods. FIG Congress ,Sydney,Australia, April 11-16.*
- Abidin,H.Z., Heri Andreas., M.Gamal., D. Darmawan,2006.*Land Subsidence Characteristics of Bandung Basin (Indonesia) between 2000 and 2005 as Estimated from GPS Surveys, Munich, Germany.*
- Abidin, H.Z, Andrew Jones, Kahar. J, 2002. *SURVEI DENGAN GPS. PRADNYA PARAMITA. Jakarta.*
- Akbar.K, M.Taufik, E.Y.Handoko. 2011. *Studi Penurunan Tanah Kota Surabaya Menggunakan Global Positioning System. Seminar Nasional Pascasarjana XI – ITS, Surabaya.*
- Ali H. Fagir, Mudathir O. Ahmed. *A Procedure For Detection Of Deformations Using Survei Control Networks, Sudan University of Science & Technology.*
- BAKOSURTANAL. 2004. *Panduan Praktis Survei Penentuan Posisi dengan GPS. Cibinong*
- Djaja, R., Rais, J., Abidin, H.Z., Wedyanto, K. 2004. *Land Subsidence of Jakarta Metropolitan Area. FIG Regional Conference. Jakarta.*
- Joyosumario.S, Djawahir, Soeta'at, Riyadi.G, Prihandito.A, Muryamto.R. 1993. *Hitungan Geodesi dan Proyeksi Peta. PT. PETRAKONSULINDO UTAMA.*
- Kelompok Keilmuan Geodesi , 2006, *Studi Deformasi Bendungan Jatiluhur dengan GPS, Glossary Geodesi, [http://geodesy.gd.itb.ac.id/?page\\_id=95](http://geodesy.gd.itb.ac.id/?page_id=95). [Diakses tanggal 17 Desember 2012]*
- LAPAN, 2013, *Kajian Pemanfaatan Data Synthetic Aperture Radar SAR untuk Analisa Penurunan Lahan Land Subsidence, <http://www.lapanrs.com/p/detail/660-KAJIAN-PEMANFAATAN-DATA-SYNTHETIC-APERTURE-RADAR-SAR-UNTUK-ANALISA>*

[PENURUNAN-LAHAN-LAND-SUBSIDENCE](#). [Diakses tanggal 20  
Maret 2013]

Michelle Sneed, Marti E. Ikehara, D.L. Galloway, Falk Amelung. 2001. *Detection And Measurement of Land Subsidence Using Global Positioning System and Interferometric Synthetic Aperture Radar, Coachella Valley, California, 1996–98*. Water-Resources Investigations Report 01–4193. U.S. GEOLOGICAL SURVEY.

NIMA, 2000, "Department of Defense World Geodetic System 1984 Its Definition and Relationships with Local Geodetic", *Technical Report*.

NIMA TR8350.2 3<sup>rd</sup> Edition,

<http://earthinfo.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/wgs84fin.pdf>,

(diakses tanggal 1 Oktober 2012)

PP No.24, 1997, Pendaftaran Tanah, [http://hukum.unsrat.ac.id/pp/pp\\_24\\_97.htm](http://hukum.unsrat.ac.id/pp/pp_24_97.htm)

[Diakses tanggal 21 September 2012]

Rizos, C., 1999, "GPS Survey",

[http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps\\_survey](http://www.gmat.unsw.edu.au/snap/gps/gps_survey), (diakses tanggal 23

September 2012).

Yudopotter, 2009, Teori Dasar Deformasi,

<http://yudopotter.wordpress.com/2009/05/05/teori-dasar-deformasi>.

[Diakses tanggal 17 Desember 2012]

