

SKRIPSI

STUDI DEFORMASI PERMUKAAN TANAH MENGUNAKAN SURVEI GPS (Studi kasus DKI Jakarta)



Disusun Oleh:

Nama : Leo Eka Prasetyo
NIM : 12.25.919

**JURUSAN TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2014**

3014

НАЦИОНАЛ ЛЕКТОРСКИ КУРСОВЕ НАСТАВ
ПОКРЕТАЈЕ ЛЕКЦИЈИ СИБИР ДУМ ЛЕКТОРОВИ
ПРЕДВА ЛЕКЦИЈИ СЕОДЕСИ

ЛЕКЦИЈА
НАСТАВ

: ЛЕКТОР
: ПОС. СИБ. ЛЕКТОР

ЛЕКЦИЈА ОСТА

(СИБИР НАСТАВ ДИ. ЛЕКТОР)
ЛЕКТОРОВИ НАСТАВ ОСТА
ЛЕКТОРОВИ ЛЕКЦИЈА НАСТАВ

ЛЕКЦИЈА

LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI DEFORMASI PERMUKAAN TANAH MENGGUNAKAN
SURVEI GPS**

(Studi Kasus : DKI Jakarta)

SKRIPSI

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

Oleh :

LEO EKA PRASETIO

12.25.919

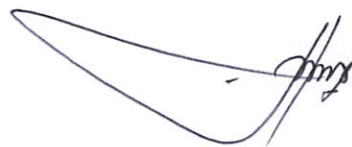
Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Dosen Pembimbing II



(Hery Purwanto, ST., MSc.)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



(M. Edwin Lijahjadi ST, M. Geom, Sc. Ph.D)





PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLAAN PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura No. 2 Telp. (0341)551431 (Hunting), Fax. (0341)553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341)417634 Malang

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

STUDI DEFORMASI PERMUKAAN TANAH
MENGUNAKAN SURVEI GPS
(Studi Kasus : DKI Jakarta)

Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Skripsi Jenjang Strata – 1 (S-1)

Pada hari : Selasa

Tanggal : 19 Agustus 2014

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

Oleh :

LEO EKA PRASETIO

12.25.919

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Ir. Agus Darpono, MT)

Sekretaris

(Silvester Sari Sai, ST, MT)

Anggota Penguji

Penguji I

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Penguji II

(Dedy Kurnia Sunaryo, ST., MT)

Penguji III

(Ir. Pradono Joanes De Deo, M.Si)

STUDI DEFORMASI PERMUKAAN TANAH
MENGGUNAKAN SURVEI GPS
(Studi Kasus : DKI Jakarta)

Leo Eka Prasetyo (1225919)

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

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

Abstraksi

Penyebab terjadinya deformasi permukaan tanah di Jakarta adalah karena sifat atau karakteristik geologi tanah di wilayah ibukota yang merupakan lapisan akumulasi endapan (quarter) sedimen yang belum stabil, adanya beban statis (bangunan) dan dinamis (beban bergerak seperti kendaraan bermotor) yang mempercepat terjadinya proses pemadatan lapisan tanah, dan karena adanya gaya tektonis yang menyebabkan getaran dan pergerakan lapisan kulit bumi/tanah yang juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan muka tanah.

Setiap tahun permukaan tanah di Jakarta terindikasi mengalami pergeseran permukaan tanah. Geodesi adalah disiplin ilmu yang berperan dalam melakukan analisis untuk survei deformasi, analisa yang dilakukan adalah analisa geometrik. Analisa geometrik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa pergeseran (displacement) dan arah (direction). Analisa ini dilakukan tanpa melibatkan efek – efek penyebab dan sifat – sifat materi.

Hasil perhitungan uji statistik Distribusi Normal untuk koordinat UTM datum WGS 84 dengan tingkat kepercayaan (confidence level) 95% menyatakan bahwa terdapat dua titik pantau mengalami pergeseran secara lateral. Hasil perhitungan uji statistik Distribusi Normal untuk tinggi ellipsoid dengan tingkat kepercayaan (confidence level) 95% menyatakan bahwa semua titik tidak mengalami penurunan.

Kata Kunci: Jakarta, permukaan tanah, GPS, deformasi, uji statistik.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Leo Eka Prasetyo
NIM : 12.25.919
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul

**“STUDI DEFORMASI PERMUKAAN TANAH
MENGUNAKAN SURVEI GPS
(Studi Kasus : DKI Jakarta)”**

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

Malang, 19 Agustus 2014

Yang membuat pernyataan

Leo Eka Prasetyo

NIM : 12.25.919

LEMBAR PERSEMBAHAN

*Allah swt yang selalu memberikan rahmat dan hidayah
Nabi Muhamad saw yang selalu memberikan panutan -
panutan kepada pengikutnya*

*Ibu penulis Sudarmi yang selalu memberi semangat
dorongan dan doa kepada penulis*

*Bapak penulis Januari Husor Aritonang yang selalu
menuntun dan memberi motivasi*

Adik penulis Maya R.Y.D dan Ayub K.B.

*Serta Seluruh Keluarga yang memberi motivasi semangat
dan bimbingan*

*Seluruh keluarga, sahabat - sahabatku yang selalu
mendukung, memotivasi dan membantu selama kuliah di
Institut Teknologi Nasional.*

MOTTO

*Waktu adalah kehidupan, penggunaan waktu dengan bijak
dan hal bermanfaat, waktu tak akan mundur seperti
kehidupan yang tak akan kembali.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai syarat kelulusan jenjang Strata 1 Teknik Geodesi untuk mencapai derajat Sarjana Teknik di bidang survei pemetaan.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan itu penulis ingin menghaturkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

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 Kontrakan BENNY, RANDY, RISKY, KLIF.
7. Teman – teman satu angkatan yang selalu mendukung penulis.

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,

Penyusun

DAFTAR ISI

Judul	i
Lembar Persetujuan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstraksi.....	iv
Surat Pernyataan Keaslian Skripsi	v
Lembar Persembahan	vi
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Batasan Masalah	4
I.5 Tinjauan Pustaka	4
BAB II DASAR TEORI	5
II.1. Deformasi	5
II.2 Survei Deformasi Menggunakan GPS	6
II.3 Analisis Deformasi.....	8
II.4. Sistem Koordinat	9
II.4.1 Koordinat Kartesian	10
II.4.2 Sistem Koordinat Bola	10
II.4.3 Sistem Koordinat Elipsoida	11
II.4.4 Sistem Koordinat Proyeksi	13

II.5. Least Square Adjustment	13
II.5.1. Bobot Pengamatan Dari Varian	15
II.6. Uji Statistik	16
II.6.1. Distribusi Normal	17
II.6.2. Distribusi Chi Square	18
II.6.3. Distribusi F	20
II.6.4. Global Test	22
II.6.5. A New Strategy for Deformation Detection	24
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	27
III.1. Persiapan	27
III.1.1. Lokasi Penelitian	27
III.1.2. Alat Penelitian	28
III.1.3. Bahan Penelitian	28
III.2. Diagram Alir Penelitian	29
III.3. Pengukuran Lapangan.....	31
III.4. Pengolahan Data	35
III.4.1 Pembuatan Project Trimble Business Centre.....	35
III.4.1.1 Pengaturan Sistem Koordinat	36
III.4.1.2 Pengaturan Satuan.....	37
III.4.1.3 Pengaturan ketelitian Pengolahan Baseline	38
III.4.2 Import Data	39
III.4.3 Pengolahan Baseline.....	40
III.4.4 Edit A Session Dan Pemrosesan Ulang Baseline.....	42
III.4.5 Adjust Network	42
III.4.6 Desain Jaring Pengukuran	44
III.5 Uji Statistik.....	45

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
IV.1. Hasil Penelitian.....	48
IV.1.1. Survei GPS Tahun 2011	48
IV.1.2. Survei GPS Tahun 2012	51
IV.1.3. Nilai Vektor Deformasi	54
IV.1.4. Uji Statistik Deformasi	56
IV.1.5. Gambar Vektor Deformasi	59
IV.2. Pembahasan.....	60
 BAB V PENUTUP	 62
V.1. Kesimpulan.....	62
V.2. Saran.....	63
 DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel daftar peralatan dan perlengkapan	31
Tabel 4.1. Hasil pengolahan baseline jaring pengukuran GPS tahun 2011.....	49
Tabel 4.2. Daftar koordinat grid UTM zona 48S datum WGS84 Tahun 2011.....	50
Tabel 4.3. Hasil pengolahan baseline jaring pengukuran GPS tahun 2012.....	52
Tabel 4.4. Daftar koordinat grid UTM zona 48S datum WGS84 tahun 2012.....	53
Tabel 4.5. Selisih koordinat tahun 2011 dengan 2012	54
Tabel 4.6. Vektor deformasi hasil survei jaring GPS tahun 2011 – 2012	55
Tabel 4.7. Uji statistik vektor deformasi untuk komponen horisontal 2011 – 2012..	56
Tabel 4.8. Uji statistik vektor deformasi untuk komponen vertikal 2011 – 2012.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Prinsip penentuan posisi dengan <i>GPS</i>	6
Gambar 2.2. Metode dan Sistem Penentuan Posisi dengan <i>GPS</i>	7
Gambar 2.3. Metode Survei Penentuan Posisi Pseudo-Kinematik	8
Gambar 2.4. Pendefinisian sistem koordinat WGS 84	9
Gambar 2.5. Sistem Koordinat Kartesian 3 Dimensi	10
Gambar 2.6. Sistem Koordinat Bola	11
Gambar 2.7. ellips	12
Gambar 2.8 Distribusi normal baku	18
Gambar 3.1. Lokasi penelitian pada citra	27
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 3.3. Gambar titik BCOL	32
Gambar 3.4. Gambar lampu indikator pada receiver Trimble	34
Gambar 3.5 Tampilan <i>tools bar</i> Trimble Business Centre	35
Gambar 3.6 Tampilan pemilihan system koordinat	36
Gambar 3.7 Tampilan pemilihan satuan sudut	37
Gambar 3.8 Tampilan <i>Project setting</i> pemilihan kriteria kualitas <i>baseline</i>	38
Gambar 3.9 Tampilan jendela <i>propertis</i>	39
Gambar 3.10 Tampilan <i>baseline</i> hasil <i>import data</i>	40
Gambar 3.11 Tampilan jendela <i>proses baseline</i>	41
Gambar 3.12 Tampilan <i>report</i> pengolahan <i>baseline</i>	41
Gambar 3.13 Tampilan jendela <i>session editor</i>	42

Gambar 3.14 Tampilan <i>report adjust network</i>	43
Gambar 3.15 Tampilan desain jaring pengamatan GPS tahun 2011.....	44
Gambar 3.16 Tampilan desain jaring pengamatan GPS tahun 2012.....	44
Gambar 3.17 Tampilan pilihan uji statistik.....	45
Gambar 3.18 Tampilan jendela distribusi normal.....	46
Gambar 3.19 Tampilan hasil distribusi normal.....	46
Gambar 4.1 Gambar jaring pengamatan GPS untuk deformasi tahun 2011.....	48
Gambar 4.2 Gambar jaring pengamatan GPS untuk deformasi tahun 2012.....	51
Gambar 4.3 Vektor deformasi GCP10	59
Gambar 4.4 Vektor deformasi GCP28	60

BAB I

I.1 Latar Belakang

Deformasi adalah perubahan kedudukan/pergerakan secara absolute atau relative dari posisi suatu materi atau perubahan kedudukan dalam dimensi yang linier. (Abidin,dkk.2011). Pergerakan 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.

Penyebab terjadinya deformasi permukaan tanah di Jakarta adalah karena sifat atau karakteristik geologi tanah di wilayah ibukota yang merupakan lapisan akumulasi endapan (quarter) sedimen yang belum stabil, adanya beban statis (bangunan) dan dinamis (beban bergerak seperti kendaraan bermotor) yang mempercepat terjadinya proses pemadatan lapisan tanah , dan karena adanya gaya tektonis yang menyebabkan getaran dan pergerakan lapisan kulit bumi/tanah yang juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan muka tanah.

Seiring dengan terjadinya deformasi permukaan tanah yang setiap tahun meningkat, menyebabkan dampak negatif antara lain banjir Rob, 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 perunan tanah diketahui dengan sebaik – baiknya dan sedini mungkin.

Manfaat dari informasi penurunan tanah antara lain pengendalian banjir, perencanaan tata ruang, perencanaan pembangunan sarana dan prasarana, pelestarian lingkungan pengendalian intrusi air laut, pengendalian pengambilan air tanah. (Abidin,2007)

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

Studi permukaan tanah menggunakan *GPS* mempunyai beberapa keunggulan : (Abidin, 2007)

1. *GPS* memberikan nilai penurunan tanah dalam suatu system koordinat referensi yang tunggal.
2. *GPS* dapat memberikan komponen beda tinggi ellipsoid dengan tingkat presisi sampai beberapa mm, dengan konsistensi yang tinggi baik secara spasial maupun temporal.
3. *GPS* dapat dimanfaatkan secara kontinyu tanpa tergantung waktu (Siang atau malam), dalam segala kondisi cuaca.

Mengingat pentingnya pemantauan deformasi dan karena latar belakang tersebut penulis tertarik mengambil tema penelitian “ Studi Deformasi Permukaan Tanah Menggunakan Survei GPS “

I.2 Rumusan Masalah

Setiap tahun permukaan tanah di Jakarta terindikasi mengalami pergeseran permukaan tanah. Geodesi adalah disiplin ilmu yang berperan dalam melakukan analisis untuk survei deformasi, analisa yang dilakukan adalah analisa geometrik. Analisa geometrik yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisa pergeseran (*displacement*) dan arah (*direction*). Analisa ini dilakukan tanpa melibatkan efek – efek penyebab dan sifat – sifat materi.

Untuk menghitung besar pergeseran (*deformasi*) digunakan data pengukuran koordinat yang dilakukan secara periodik. Pada penelitian ini pengukuran dilakukan menggunakan GPS tipe geodetik menggunakan metode jaring dengan selang waktu satu tahun. Pengukuran dilakukan pada titik – titik pantau (GCP) yang dipasang di DKI Jakarta. Vektor pergeseran (*deformasi*) diperoleh dari selisih koordinat titik pantau yang diamat secara periodik. Nilai vector deformasi menginformasikan besar dan arah pergeseran permukaan tanah di DKI Jakarta.

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besaran vektor deformasi permukaan tanah di Jakarta pada tahun 2011 dan 2012 berdasarkan data temporal hasil pengamatan GPS Geodetik.

I.4 Batasan Masalah

1. Lokasi penelitian di DKI Jakarta.
2. Data penelitian tahun 2011 dan 2012.
3. Perhitungan vektor pergeseran dx_{EN} , dx_h .
4. Perhitungan Deformasi menggunakan metode *new strategy for deformation detection*.

I.5 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Tomi Wijaya dengan judul “STUDI DEFORMASI MUKA TANAH MENGGUNAKAN METODE SURVEI GPS” (Studi Kasus : Kota Semarang)”. Metode penelitian yang digunakan adalah dengan melakukan pengukuran GPS *metode radial* pada titik – titik BM yang tersebar di Kota Semarang.

BAB II

DASAR TEORI

II.1 Deformasi

Deformasi adalah perubahan kedudukan/pergerakan secara absolute atau relative dari posisi suatu materi atau perubahan kedudukan dalam dimensi yang linier. Ini merupakan perubahan bentuk materi yang terbagi dalam tiga fenomena, yaitu : (Abidin,dkk.2011).

1. *Secular* (perubahan linier, lambat dan merambat).
2. Periodik (perubahan mempunyai selang waktu antara detik sampai perubahan tahun).
3. Episodik (perubahan secara tiba-tiba dan cepat).

Penyebab terjadinya deformasi permukaan tanah di Jakarta adalah karena sifat atau karakteristik geologi tanah di wilayah ibukota yang merupakan lapisan akumulasi endapan (quarter) sedimen yang belum stabil, adanya beban statis (bangunan) dan dinamis (beban bergerak seperti kendaraan bermotor) yang mempercepat terjadinya proses pemadatan lapisan tanah , dan karena adanya gaya tektonis yang menyebabkan getaran dan pergerakan lapisan kulit bumi/tanah yang juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan muka tanah.

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang,1996). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik

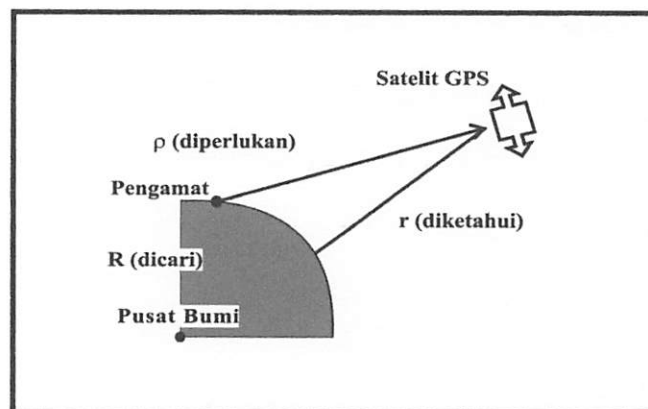
yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif).

Deformasi adalah perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu materi baik merupakan bagian dari alam ataupun buatan manusia dalam skala waktu dan ruang. (Andreas, 2007).

II.2 Survei Deformasi Menggunakan GPS

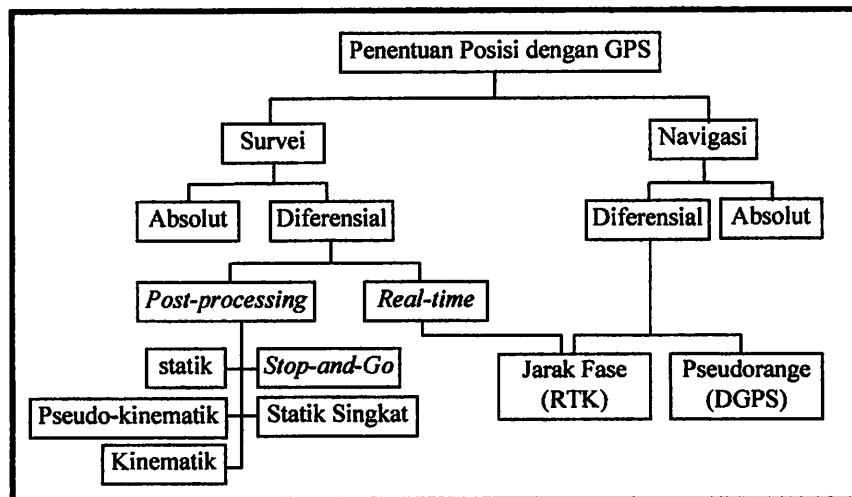
GPS adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit milik Amerika Serikat. Nama formal dari sistem satelit militer ini adalah *NAVSTAR GPS*, kependekan dari *NAVigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*. Sistem yang dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca ini, didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi yang teliti, dan juga informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia. (Abidin, dkk. 2006)

Konsep dasar penentuan posisi koordinat dengan GPS adalah reseksi (pengikatan kebelakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui.



Gambar 2.1. Prinsip penentuan posisi dengan GPS. (Sumber: Diadopsi dari Abidin.2000).

Secara umum dikenal beberapa metode dan sistem penentuan posisi dengan *GPS*, yaitu seperti yang secara skematis ditunjukkan pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2. Metode dan Sistem Penentuan Posisi dengan *GPS* (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

1. Metode Survei Statik Singkat

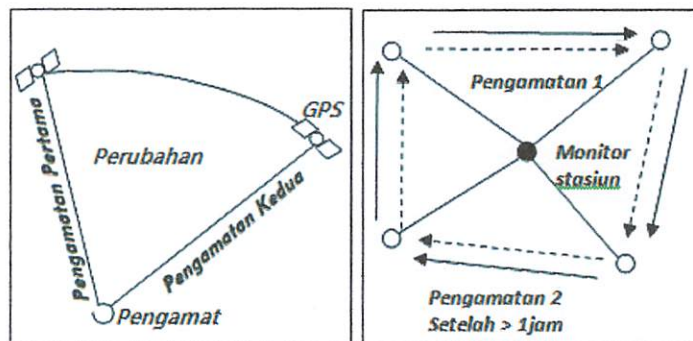
Metode penentuan posisi dengan survei statik singkat (*rapid static*) pada dasarnya adalah survei statik dengan waktu pengamatan yang lebih singkat, yaitu 5-20 menit ketimbang 1-2 jam. Prosedur operasional lapangan dari survei statik singkat ini adalah sama seperti dengan survei statik, hanya selang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

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).



Gambar 2.3. Metode Survei Penentuan Posisi Pseudo-Kinematik (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

II.3. Analisis Deformasi

Analisis Deformasi ada dua macam di antaranya :

- Analisis Geometrik :

Bila kita hanya tertarik pada status geometrik (ukuran dan dimensi) dari benda yang terdeformasi.

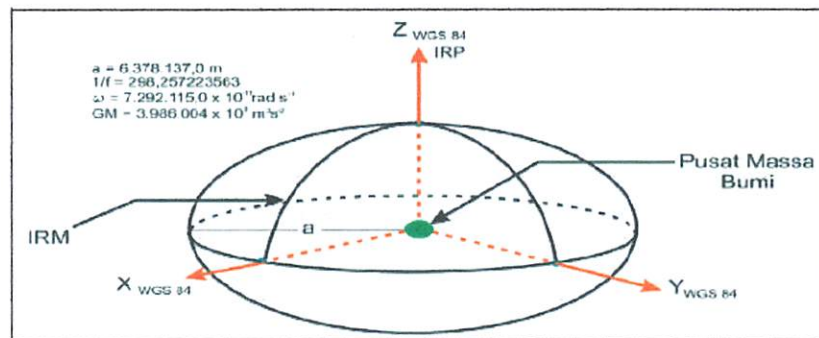
- Analisis Fisis :

Bila kita bermaksud untuk menentukan status fisis dari benda yang terdeformasi, regangan, dan hubungan antara gaya dengan deformasi yang terjadi.

Dalam analisis fisis deformasi, hubungan antara gaya dan deformasi dapat dimodelkan dengan menggunakan *metode empiris (statistik)*, yaitu melalui korelasi antara pengamatan deformasi dan pengamatan gaya. Metoda lain dalam analisis fisis yaitu *metode deterministik*, yang memanfaatkan informasi dari gaya, jenis material dari benda, dan hubungan fisis antara regangan (*strain*) dan tegangan (*stress*) pada benda. (Andreas, 2007).

II.4 Sistem Koordinat

Salah satu fungsi utama geodesi adalah menentukan posisi titik di bumi. Posisi titik di bumi selalu dinyatakan dalam koordinat. Ada berbagai macam sistem koordinat yang digunakan dalam geodesi. Bila diklasifikasikan maka dapat diklasifikasikan menurut posisi pengamatan, kedudukan bumi, bentuk sistem koordinat dan kedudukan originnya (titik awal).



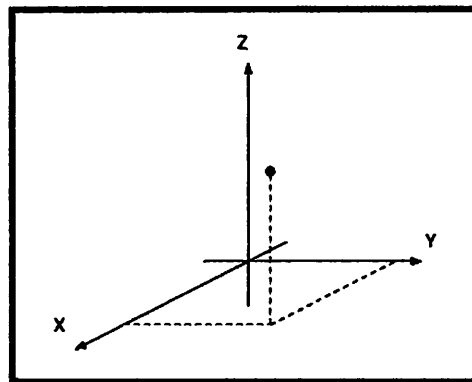
Gambar 2.4. Pendefinisian sistem koordinat WGS 84 [NIMA, 2000].

World Geodetic System 1984 atau biasa disebut WGS 84 adalah sistem koordinat kartesian terikat bumi, pusatnya berimpit dengan sumbu putar bumi, sumbu Z-nya berimpit dengan sumbu putar bumi yang melalui CTP (*Conventional Terrestrial Pole*), sumbu X-nya terletak pada bidang meridian nol (

Greenwich) yang didefinisikan oleh BIH, sumbu Y-nya tegak lurus sumbu – sumbu X dan Z, membentuk system tangan kanan. Di gunakan oleh GPS sejak tahun 1987. (Abidin,2007).

II.4.1 Koordinat Kartesian

Sistem Koordinat Kartesian 3 Dimensi, pada prinsipnya sama dengan sistem koordinat kartesian 2 Dimensi, hanya menambahkan satu sumbu lagi yaitu sumbu Z, yang ketiganya saling tegak lurus, seperti yang terlihat pada gambar 2.3. (YuliHandoko.2004)



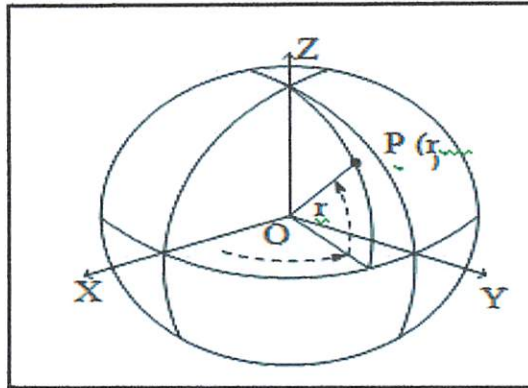
Gambar 2.5. Sistem Koordinat Kartesian 3 Dimensi,(YuliHandoko.2004).

Titik O merupakan titik pusat dari ketiga sumbu koordinat X, Y, dan Z. Sedangkan titik P didefinisikan dengan $P(x, y, z)$. Penggunaan sistem koordinat kartesian 3 Dimensi banyak digunakan dalam pengukuran menggunakan sistem GPS.

II.4.2 Sistem Koordinat Bola

Posisi suatu titik dalam ruang, selain didefinisikan dengan system kartesian 3Dimensi, dapat juga didefinisikan dalam sistem koordinat bola

(prinsip dasarnya sama dengan koordinat polar, yaitu sudut dan jarak). (Yuli Handoko.2004)



Gambar 2.6. Sistem Koordinat Bola (Yuli Handoko.2004)

Pada gambar 2.4, koordinat titik P didefinisikan dengan nilai $P(r, \phi, \lambda)$. Jika kita cermati, koordinat ini sama halnya dengan koordinat lintang dan bujur yang sering digunakan dalam globe, atau peta, atau lainnya. Terdapat hubungan anatar sistem koordinat bola dan sistem koordinat kartesian 3 dimensi, seperti ditunjukan dalam persamaan matematis berikut ini :

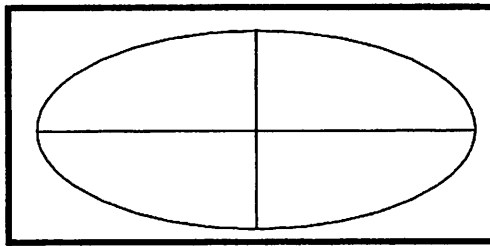
$$x = r \cdot \cos \phi \cdot \cos \lambda, y = r \cdot \cos \phi \cdot \sin \lambda, z = r \cdot \sin \phi \dots\dots\dots(2.1)$$

atau

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \lambda = \arctan \frac{y}{x}, \phi = \arctan \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \dots\dots\dots(2.2)$$

II.4.3 Sistem Koordinat Elipsoida

Untuk pendefinisian bentuk bumi sangatlah susah. Bentuk bumi dikenal sebagai geoid. Geoid didekati oleh permukaan muka laut rata-rata. Untuk mempermudah hitungan bentuk bumi, digunakan suatu model matematik yang disebut ellipsoida yaitu ellips yang putar. (Yuli Handoko.2004)



Gambar 2.7. ellips (Yuli Handoko.2004)

Ellipsoid secara matematis di tuliskan menjadi :

$$\frac{x^2+y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \quad ; \quad f = \frac{a-b}{a} \quad ; \quad e = \sqrt{2f - f^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan :

- a = sumbu semi-mayor (setengah sumbu panjang)
- b = sumbu semi-minor (setengah sumbu pendek)
- f = flattening (penggepengan)
- e = eksentrisitas

Dalam pengukuran geodesi secara umum, dikembangkan hubungan antara sistem koordinat kartesian 3 Dimensi dengan sistem koordinat Ellipsoids.

Persamaan hubungan matematis dari sistem koordinat kartesian 3 dimensi dan koordinat ellipsoid

$$x = (R_N+h)\cos\phi.\cos\lambda \quad , \quad y = (R_N+h) \cos\phi.\cos\lambda \quad , \quad z = (\frac{b^2}{a^2}R_N+h)\sin\phi \dots\dots\dots(2.4)$$

Besaran a dan b tergantung dari model ellipsoid yang digunakan, misalnya. WGS84, Bessel 1881, dan lain-lain.

II.4.4 Sistem Koordinat Proyeksi

Proyeksi peta dimaksudkan “memindahkan” koordinat ellipsoid referensi ke koordinat bidang datar atau bidang yang dapat didatar untuk tujuan pemetaan. Bidang tersebut dinamakan bidang proyeksi. Bidang datar atau bidang yang dapat di datarkan antara lain bidang datar, bidang kerucut dan bidang silinder. Telah banyak sistem koordinat proyeksi yang umum digunakan, antara lain sistem koordinat Universal Transverse Mercator (UTM) yang dibagi kedalam beberapa zone yang lebar zone 6^0 . Dalam sistem pemetaan nasional di Indonesia, menggunakan sistem koordinat UTM. (Yuli Handoko.2004).

II.5 Least Square Adjustment

Metoda Kuadrat Terkecil (*Least Square Adjustment*) adalah salah satu metoda yang paling populer dalam menyelesaikan masalah hitung perataan (Setyadji, 2005).

Model fungsional ini ditentukan menggunakan sejumlah variabel (baik parameter maupun pengamatan) dan hubungan diantara mereka.

Selalu ada jumlah minimum variabel bebas yang secara unik menentukan model tersebut. Sebuah model fisis, bisa saja memiliki beberapa model fungsional yang berlainan, tergantung dari tujuan pengukuran atau informasi yang diinginkan. Jumlah minimum variabel dapat ditentukan setelah tujuan pengukuran berhasil ditetapkan, tidak terikat pada jenis pengukuran yang perlu dilakukan.

Sebagai contoh:

1. Bentuk sebuah segitiga pada bidang datar (sebuah model fungsional geometrik tertentu) dapat secara unik ditentukan dengan dua buah variabel (minimum).

2. Bentuk dan ukuran segitiga pada bidang datar membutuhkan minimum tiga buah variabel.
3. Jika diperlukan juga posisi dan orientasi segitiga tersebut, maka perlu ada tambahan tiga variabel lagi, sehingga diperlukan total enam variabel.

Jumlah minimum variabel biasa disebut n_0 . Jika jumlah pengamatan, n , lebih kecil daripada jumlah minimum yang diperlukan, maka akan muncul kondisi defisit. Jika n lebih besar dari pada n_0 maka muncul *redundancy*, r , atau ukuran lebih atau derajat kebebasan (*degree of freedom*) dalam statistic dan perlu ada hitung perataan untuk mendapatkan satu set nilai estimasi yang unik. $r = n - n_0$ dengan syarat n bebas linier satu sama lain. (Setyadi, 2005).

Bentuk sederhana dari persamaan *least square* yang dilakukan dengan pendekatan aljabar dalam bentuk matrik dapat dituliskan sebagai berikut :

$${}_m\mathbf{A}_n \mathbf{X}_1 = {}_m\mathbf{L}_1 + {}_m\mathbf{V}_1 \dots\dots\dots(2.5)$$

Atau

$${}_m\mathbf{V}_1 = {}_m\mathbf{A}_n \mathbf{X}_1 - {}_n\mathbf{L}_1 \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan mempelajari penyajian matriks, akan terlihat bahwa persamaan normal dapat diperoleh sebagai berikut :

$$\mathbf{A}^T \mathbf{A} \mathbf{X} = \mathbf{A}^T \mathbf{L} \dots\dots\dots (2.7)$$

Pada persamaan diatas, $\mathbf{A}^T \mathbf{A}$ adalah matriks koefisien persamaan normal dari bilangan unknown. Dengan mengalikan persamaan diatas dengan $\mathbf{A}^T \mathbf{A}$ dan kurangkan, hasilnya adalah :

$$(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} (\mathbf{A}^T \mathbf{A}) \mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{L} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{L} \dots\dots\dots (2.9)$$

Bila menggunakan bobot maka;

$$X = (A^T W A)^{-1} A^T W L \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

X= Matriks koreksi parameter dicari (*unknown*)

A = Matriks koefisien atau matriks Jacobian

L = Matriks pengamatan/observasi

V = Matriks residu

W = Matrik bobot

Nilai numerik untuk koefisien pada matriks A, dapat diperoleh dengan menggunakan perkiraan awal untuk parameter *unknown*, yaitu (*Wolf dan Ghilani, 2006*)

Melakukan proses iterasi apabila nilai residu belum sesuai. Adapun persamaan matrik untuk menghitung nilai residu setelah penyesuaian, sebagai berikut (*Wolf dan Ghilani, 2006*):

$$V = AX - L \dots\dots\dots(2.11)$$

Rumus varian adalah :

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T W V}{n-u} \dots\dots\dots(2.12)$$

Rumus standart deviasi adalah :

$$\hat{S}_o = \sqrt{\frac{V^T W V}{n-u}} \dots\dots\dots(2.13)$$

II.5.1 Bobot Pengamatan dari Varian

Ketika data survei yang dikumpulkan, biasanya harus sesuai dengan kondisi geometrik, dan ketika tidak sesuai dengan kondisi geometrik, pengukuran harus mendekati penutup geometrik. Pengukuran dengan presisi tinggi,

ditunjukkan oleh varians kecil. Sebaliknya, pengukuran dengan presisi yang lebih rendah ditunjukkan oleh varians yang lebih besar (*Wolf dan Ghilani, 2006*).

Bobot observasi adalah ukuran nilai relatif dibandingkan untuk pengukuran lainnya. Bobot yang digunakan untuk mengontrol ukuran koreksi diterapkan untuk pengukuran dalam penyesuaian. Pengamatan yang lebih tepat, semakin tinggi bobotnya, dalam kata lain, semakin kecil varians. Dari analisis ini dapat dinyatakan secara intuitif bahwa bobot yang terbalik sebanding dengan varians.

Pengamatan memiliki (w) bobot dengan demikian, sering disebut varians dari suatu pengamatan satuan berat, disingkat menjadi varian dari satuan berat ditetapkan dengan Persamaan (*Wolf dan Ghilani, 2006*).

$$W_i = \frac{1}{\sigma^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

II.6 Uji Statistik

Suatu pernyataan yang dibuat mengenai peluang dari populasi disebut hipotesis statistik. Untuk setiap hipotesis H_0 ada alternatif (hipotesis tandingan) yaitu H_a . H_0 dan H_a disebut hipotesis nol atau hipotesis tandingan. Suatu hipotesis diuji dengan penggambaran satu sampel populasi, menghitung nilai sampel statistik dan kemudian membuat keputusan menerima atau menolak hipotesis berdasar nilai statistik. Statistik yang digunakan untuk melakukan atau membuat uji tersebut disebut Uji Statistik (Usman dan Akbar, 2000).

Dalam statistik untuk mengetahui tingkat keandalan pengukuran terhadap suatu besaran ditentukan dengan menetapkan suatu selang kepercayaan terhadap pengamatan tersebut. Pendekatan yang dipilih untuk menyatakan selang kepercayaan dari suatu parameter P ditulis (Usman dan Akbar, 2000) :

$$P(P_1 < P < P_2) = 1 - \alpha \dots\dots\dots(2.15)$$

$(1 - \alpha)$ disebut tingkat kepercayaan yang biasanya ditentukan sendiri nilainya, misalnya 95%. Dengan menetapkan nilai ini, akan diperoleh selang yang diharapkan mengandung nilai parameter yang sesungguhnya. Nilai P_1 dan P_2 disebut sebagai batas kepercayaan teratas dan terbawah untuk parameter P .

Penerapan statistik dalam Geodesi dapat berupa penaksiran terhadap parameter suatu populasi besaran pengamatan. Penaksiran tersebut antara lain dilakukan dengan cara menghitung nilai rata-rata sampel yang selanjutnya dijadikan penaksir terhadap nilai menengah populasi, menghitung nilai variansi sampel yang akan diukur sebagai variansi populasi dan menghitung rasio dari dua variansi yang berbeda.

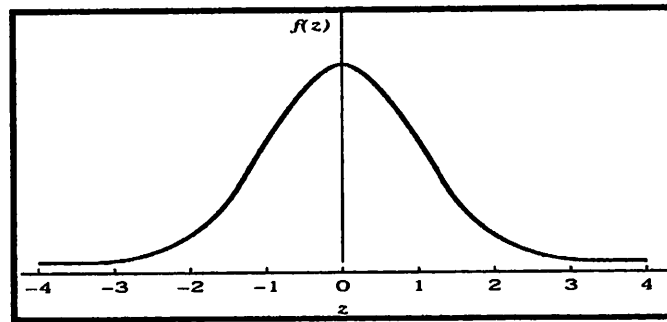
II.6.1 Distribusi Normal

Distribusi normal disebut juga distribusi Gauss merupakan distribusi kontinyu yang mensyaratkan variabel yang diukur harus kontinyu. Distribusi inilah yang paling banyak digunakan dalam statistika, misalnya galat (error) yang timbul dalam pengukuran.

Distribusi normal yang paling sederhana adalah distribusi normal baku (*Standart Normal Distribution*) yang ditunjukkan pada gambar 2.8. disebut juga distribusi Z. variable normal baku Z memiliki rata – rata (μ) = 0, dan standart deviasi (σ)=1.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana X adalah nilai variable, μ adalah rata – rata dan σ adalah standart deviasi.



Gambar 2.8 Distribusi normal baku (Sumber : Diadopsi dari Wonnacott, Ronald.j. dkk, 1991).

Pengujian hipotesa menggunakan Distribusi Normal adalah sebagai berikut. Melakukan perumusan hipotesa, missal $H_0: \mu = \mu_0$ dan $H_a: \mu > \mu_0$, kemudian menentukan nilai α (tingkat nyata atau significant level) = probabilitas untuk melakukan kesalahan dari nilai Z_α atau $Z_{\alpha/2}$ dari tabel normal. Kemudian menghitung Z_0 sebagai kriteria pengujian. Apabila $Z_0 \leq Z_\alpha$ maka H_0 diterima, tetapi jika $Z_0 > Z_\alpha$ maka H_0 ditolak dan menerima H_a .

II.6.2 Distribusi *Chi Square*

Distribusi *chi square* dilambangkan sebagai χ^2 , untuk membandingkan hubungan antara varians populasi dan varians dari sampel ditetapkan berdasarkan pada jumlah pengulangan dalam sampel. Jika sampel acak dari n pengamatan, $y_1, y_2, \dots, y_n$, yang dipilih dari populasi yang memiliki normal distribusi dengan rata-rata μ dan varians σ^2 , kemudian, menurut definisi χ^2 distribusi sampel adalah menggunakan rumus berikut (Wolf dan Ghilani, 2006):

$$\chi^2 = \frac{vS^2}{\sigma^2} \dots \dots \dots (2.17)$$

Jumlah redundansi (derajat kebebasan) dalam statistik sampel set seperti untuk varians $v = n - 1$, selanjutnya pada kuadrat terkecil akan menunjukkan

bahwa jumlah redudansi didasarkan pada jumlah independen pengamatan dan parameter yang tidak diketahui. Dalam kasus pengamatan, rata-rata satu diperlukan untuk penentuannya, sehingga meninggalkan $n-1$ nilai-nilai sebagai pengamatan lebih.

Tabel Kurva distribusi χ^2 memiliki dari 1 hingga 120 derajat kebebasan. Untuk menemukan daerah di *upper tail* kurva (sisi kanan), kita mulai di beberapa spesifik χ^2 nilai dan, ke infinity, berpotongan baris sesuai dengan sesuai derajat kebebasan, ν , dengan kolom yang sesuai dengan diinginkan daerah di bawah kurva. Sebagai contoh, untuk menemukan spesifik χ^2 Nilai berkaitan 1% ($\alpha = 0,010$) daerah di bawah kurva memiliki 10 derajat kebebasan, kita memotong baris oleh 10 dengan kolom oleh 0,010 dan menemukan nilai a χ^2 dari 23.21. Ini berarti bahwa 1% dari area di bawah kurva ini antara nilai 23.21 dan ϕ .

Karena sifat asimetris distribusi, persentase poin1 (α) dari *lower tail* (sisi kiri kurva) harus dihitung dari yang ditabulasikan untuk bagian *upper tail*. Sebuah area spesifik di bawah kiri sisi kurva dimulai dari nol dan pergi ke nilai tertentu χ^2 ditemukan oleh mengurangkan ditabulasikan α (sisi kanan area) dari 1. Hal ini dapat dilakukan karena daftar tabel α (daerah) mulai dari nilai χ^2 dan pergi ke ϕ dan total area di bawah kurva adalah 1. Misalnya, jika ada 10 derajat kebebasan dan χ^2 nilai berkaitan dengan 1% dari daerah di bawah sisi kiri kurva adalah dibutuhkan, baris sesuai dengan sama α dengan 10 yang berpotongan dengan kolom oleh $\alpha = 0,990 (1-0,010)$, Dan nilai 2,56 diperoleh. Ini berarti bahwa 1% dari luas daerah di bawah kurva terjadi 0-2,56.

Distribusi χ^2 digunakan dalam pengambilan sampel statistik untuk menentukan rentang di dimana varians dari populasi dapat diharapkan terjadi

berdasarkan (1) beberapa probabilitas persentase tertentu, (2) varians sampel ditetapkan, dan (3) jumlah derajat kebebasan dalam sampel.

Bagian distribusi ini digunakan untuk membangun pernyataan probabilitas tentang varians dari populasi berada di kisaran berpusat sekitar varians S^2 sampel memiliki ν derajat kebebasan. Dalam bagian uji statistik disajikan dengan menggunakan distribusi χ^2 untuk memeriksa apakah varians sampel adalah perkiraan yang valid untuk varians populasi.

II.6.3 Distribusi F

Distribusi F digunakan ketika membandingkan varians dihitung dari dua sampel set. Jika data adalah dua *chi-square* random variabel dengan ν_1 dan ν_2 derajat kebebasan, masing-masing, dan kedua variabel independen, maka dengan definisi

$$F = \frac{X_1^2/\nu_1}{X_2^2/\nu_2} \dots \dots \dots (2.18)$$

Distribusi ini memiliki derajat pembilang ν_1 kebebasan dan ν_2 denominator derajat kebebasan, yang sesuai dengan dua set sampel. Dengan demikian, tidak seperti χ^2 dan distribusi t , setiap titik persentase yang diinginkan harus diwakili dalam tabel terpisah. tabel untuk nilai lebih umum digunakan dari α (0,20, 0,10, 0,05, 0,025, 0,01, 0,005, dan 0,001) terdaftar. Tampak dalam persentase point (daerah di bawah *upper tail* kurva).

Untuk menggambarkan penggunaan tabel, anggaplah bahwa nilai F untuk 1% dari area di bawah ekor atas kurva yang dibutuhkan. Juga menganggap bahwa 5 adalah pembilang derajat kebebasan yang berkaitan dengan S_1 dan 10 adalah derajat penyebut kebebasan yang berkaitan dengan S_2 . Dalam contoh ini, α sama dengan 0,01 dan dengan demikian tabel F ditulis untuk $\alpha = 0.01$ harus digunakan.

Di meja itu, berpotongan baris dipimpin oleh v_2 sebesar 10 dengan kolom dipimpin oleh v_1 sama dengan 5, dan menemukan nilai F dari 5,64. Ini berarti bahwa 1% dari luas di bawah kurva dibangun menggunakan derajat kebebasan terletak pada wilayah dari 5,64 sampai untuk menentukan area di ekor lebih rendah dari distribusi ini, gunakan berikut hubungan fungsional:

$$F_{\alpha, v_1, v_2} = \frac{1}{F_{1-\alpha, v_2, v_1}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Nilai kritis F untuk data dalam paragraf sebelumnya [v_1 sama dengan 5 dan v_2 sebesar 10 dengan α sebesar 0,99 (0,01 di bawah)] ditentukan dengan pergi ke persimpangan baris dipimpin oleh 5 dengan kolom menuju dengan 10 di bagian $\alpha = 0,01$. Persimpangan ini di F sebesar 2,19. Menurut untuk Persamaan (4.4), yang penting F 0,99, 5,10 adalah $1/F_{0,01, 10,5} = 1/2.19 = 0,457$. Dengan demikian, 1% dari daerah di bawah kurva F-distribusi dari $-\phi$ = sampai 0,457.

Distribusi F digunakan untuk menjawab pertanyaan apakah dua sampel set berasal dari populasi yang sama. Sebagai contoh, anggaplah bahwa dua sampel memiliki varians S_1^2 dan S_2^2 . Jika kedua varians sampel mewakili 1 2 sama populasi varians, rasio varians populasi mereka (σ_1^2/σ_2^2) harus sama dengan 1 (yakni, $\sigma_1^2/\sigma_2^2 = 1$). Distribusi ini memungkinkan 1 2 interval kepercayaan yang akan didirikan untuk rasio varians populasi. Juga, seperti dibahas dalam Bagian 5.5, distribusi dapat digunakan untuk menguji apakah rasio dari dua varians secara statistik sama dengan 1.

II.6.4 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 penyesuaian dua *epoch* adalah mungkin untuk menghitung perpindahan (deformasi) vektor dan terkait varians matriks kovarians dari (James, 1985).

Vektor perpindahan dari penyesuaian dua *epoch* dan terkait varians- kovarians matriks dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$d\hat{x} = \hat{x}_2 - \hat{x}_1 \dots\dots\dots(2.20)$$

$$C_{d\hat{x}} = C_{\hat{x}} + C_{\hat{x}} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$X = (A^T W A)^{-1} A^T W b \dots\dots\dots(2.22)$$

$$C = (A^T W A)^{-1} \dots\dots\dots(2.23)$$

Hipotesis nol dari tes kongruensi global dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$H_o : E(d\hat{x}) = 0 \dots\dots\dots(2.24)$$

$$H_A : E(d\hat{x}) \neq 0 \dots\dots\dots(2.25)$$

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 penurunan elevasi.

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

$$\omega = \frac{\Omega}{h\sigma_0^2} \sim F_{hf} \dots\dots\dots(2.26)$$

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

ω = merupakan nilai kesalahan dibandingkan terhadap distribution Fisher (F)

f = *degrees of freedom*

h = dimensi matrik $C_{d\hat{x}}$

$$\hat{\sigma}_o = (f_1 \hat{\sigma}_{o1} + f_2 \hat{\sigma}_{o2}) / f \dots\dots\dots(2.28)$$

$$f = f_1 + f_2 \dots\dots\dots(2.29)$$

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

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

σ_{01}^2 : *varian epoch pertama*

σ_{02}^2 : *varian epoch kedua.*

II.6.5 A New Strategy for Deformation Detection

Dari rumus mengenai pengujian gross error (Baarda 1968). Kita dapat menyusun rumus sebagai berikut:

Vektor pergeseran $d\hat{x}_i$ dari setiap titik (i) dari pengukuran dua epochs diasumsikan terdistribusi normal dengan rata – rata nol dan varian $\sigma_{d\hat{x}}^2$ yaitu $d\hat{x}_i \sim N(0, \sigma_{d\hat{x}}^2)$. Dalam kasus tersebut tidak terjadi pergerakan atau deformasi.

Jika titik pantau mengalami pergerakan ($d\hat{x}_i$) akan terdistribusi normal dengan dengan mean μ 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 menentukan hipotesis nol dan alternatif sebagai berikut:

$$H_0: E(d\hat{x}_i) = 0 \dots\dots\dots(2.30)$$

$$H_A: E(d\hat{x}_i) \neq 0 \dots\dots\dots(2.31)$$

Setelah menstandarisasi masing – masing elemen vektor pergerakan, dapat ditetapkan pengujian sebagai berikut.

$$H_0: \omega_i = \frac{d\hat{x}_i}{\sigma_{d\hat{x}_i}} \sim N(0,1) \dots\dots\dots(2.32)$$

$$H_A: \omega_i = \frac{d\hat{x}_i}{\sigma_{d\hat{x}_i}} \sim N(\mu,1) \dots\dots\dots(2.33)$$

Dalam studi ini untuk mengecek signifikansi secara statisik vektor deformasi dterapkan varibel sebagai berikut:

$$dx_{EN} = \sqrt{dE^2 + dN^2} \dots\dots\dots(2.34)$$

$$dx_h = h_2 - h_1 \dots\dots\dots(2.35)$$

$$\sigma dx_{EN} = \sqrt{\left(\frac{dE}{dE^2 + dN^2}\right)^2 \sigma dE_{ij}^2 + \left(\frac{dN}{dE^2 + dN^2 + dh^2}\right)^2 \sigma dN_{ij}^2} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$\sigma dx_h = \sqrt{\sigma h_2^2 + \sigma h_1^2} \dots\dots\dots(2.37)$$

Dimana dx_{EN} adalah vektor deformasi horisontal, dx_h adalah vektor deformasi vertikal, σdx_{EN} adalah standar deviasi dari dx_{EN} dan σdx_h adalah standar deviasi dari dx_h .

Dari persamaan 2.28 dan 2.29 hipotesa nol dan hipotesa alternatif yang digunakan pada uji statistik vektor deformasi horisontal adalah:

$$H_0 : dx_{EN} = 0 \dots\dots\dots(2.38)$$

$$H_a : dx_{EN} \neq 0 \dots\dots\dots(2.39)$$

Dari persamaan 2.30 uji statistik yang digunakan untuk uji pergeseran ini adalah:

$$\omega_i = \frac{dx_{EN}}{\sigma dx_{EN}} \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana ω_i dibandingkan terhadap distribusi normal . ω_i mempunyai distribusi normal (N) jika hipotesa nol adalah benar. Selang dimana hipotesa nol ditolak adalah:

$$\omega_i > Z_\alpha \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana α adalah signifikan level yang digunakan pada pengujian ini.

Hipotesa nol dan hipotesa alternatif yang digunakan pada uji statistik vektor deformasi vertikal adalah:

$$H_0 : dx_h = 0 \dots\dots\dots(2.42)$$

$$H_a : dx_h \neq 0 \dots\dots\dots(2.43)$$

Dari persamaan 2.30 uji statistik yang digunakan untuk uji pergeseran ini adalah:



$$\omega_i = \frac{dx_h}{\sigma dx_h} \dots \dots \dots (2.44)$$

Dimana ω_i dibandingkan terhadap distribusi normal . ω_i mempunyai distribusi normal (N) jika hipotesa nol adalah benar. Selang dimana hipotesa nol ditolak adalah:

$$(\omega_i > Z_\alpha) \dots \dots \dots (2.45)$$

Dimana α adalah signifikan level yang digunakan pada pengujian ini. Pengamatan GPS dilakukan selama 2 jam, dalam studi ini digunakan level kepercayaan 95% dimana nilai $Z_{95\%}$ adalah 1.960 .

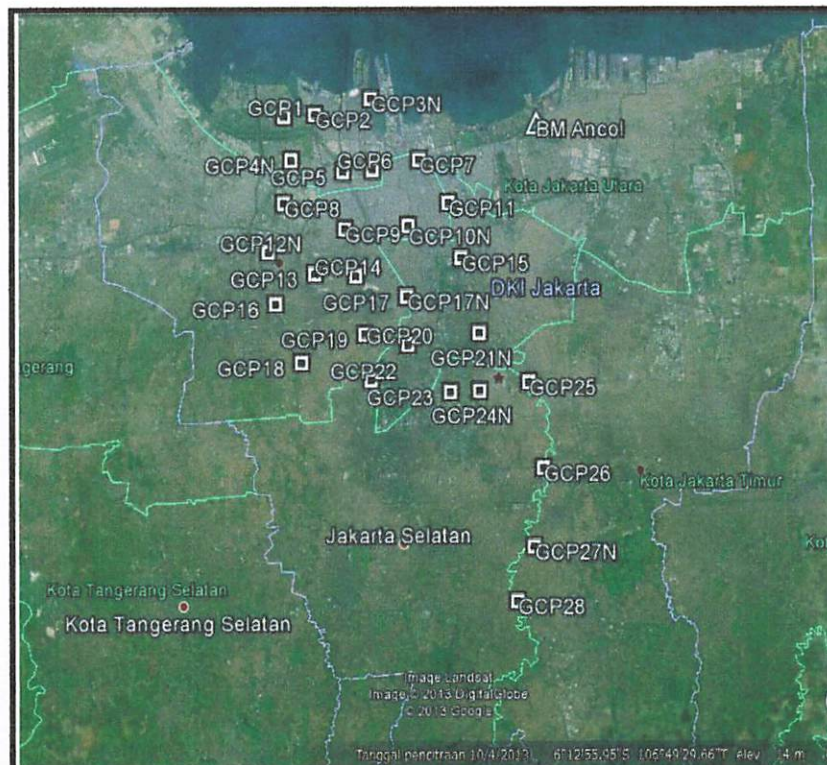
BAB III

METODOLOGI 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 Lokasi Penelitian



Gambar 3.1. Lokasi penelitian.

III.1.2 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 R3 single frequency
 - b. GPS Trimble 4600LS
2. Peralatan Studio terdiri dari:
 - a. Laptop ASUS A43SV, memory 2 GB
 - b. Printer CANON IP1900

3. *Software* yang digunakan adalah

- a. *Microsoft Office 2007*

Microsoft Office adalah paket aplikasi perkantoran buatan Microsoft.

- b. *Software Trimble Business Centre*.

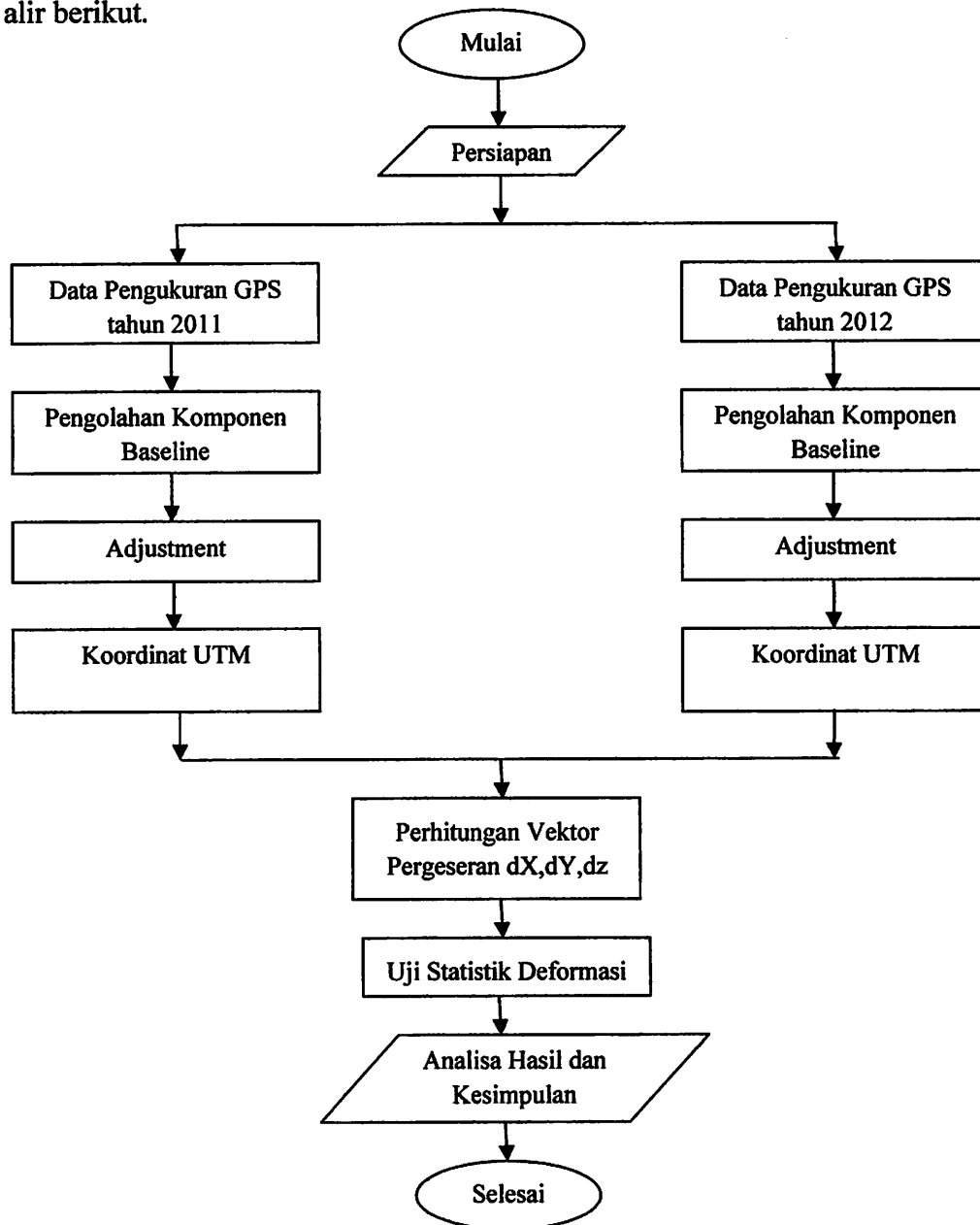
Software yang digunakan untuk mengolah data *GPS* tahun 2011 dan tahun 2012.

III.1.3 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa data pengatan GPS geodetik titik-titik GCP sebanyak 28 titik yang tersebar di DKI Jakarta.

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 berupa data pengamatan GPS selama periode 2 tahun.
3. Perhitungan Data GPS menggunakan *software Trimble Business Centre*.
4. Menghitung vektor pergeseran dX, dY, dz .
5. Perhitungan deformasi menggunakan metode *new strategy for detecting deformation*
6. Memberikan analisa dan kesimpulan dari hasil dari uji statistik.

III.3 Pengukuran Lapangan

Tahapan pengukuran lapangan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Persiapan

Sebelum pengamatan GPS dilaksanakan pertama dilakukan pembuatan desain jaring GPS. Kemudian 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.

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

- Melakukan pengecekan pada semua receiver GPS beserta antena.
- Semua baterai telah terisi penuh, serta menyiapkan baterai cadangan.
- Memori card setiap receiver telah dikosongkan.

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				

B. Pengamatan satelit

Dalam pelaksanaan survei 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.
- Pengambilan dokumentasi dalam bentuk foto dengan tujuan untuk mengetahui keadaan titik.

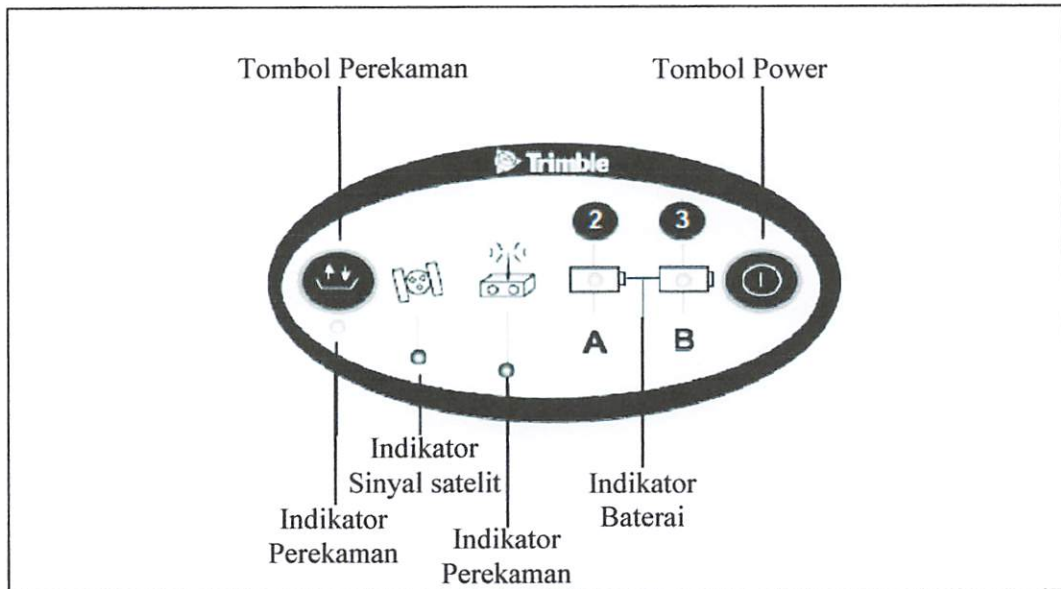


Gambar 3.3. Gambar titik BCOL.

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.
- 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.



Gambar 3.4. Gambar lampu indikator pada receiver Trimble.

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.
- Membereskan semua peralatan dan perlengkapan, tempatkan kembali receiver GPS dengan baik dan aman kedalam tempat pembawanya.
- Check list kembali semua peralatan dan perlengkapan pengamatan

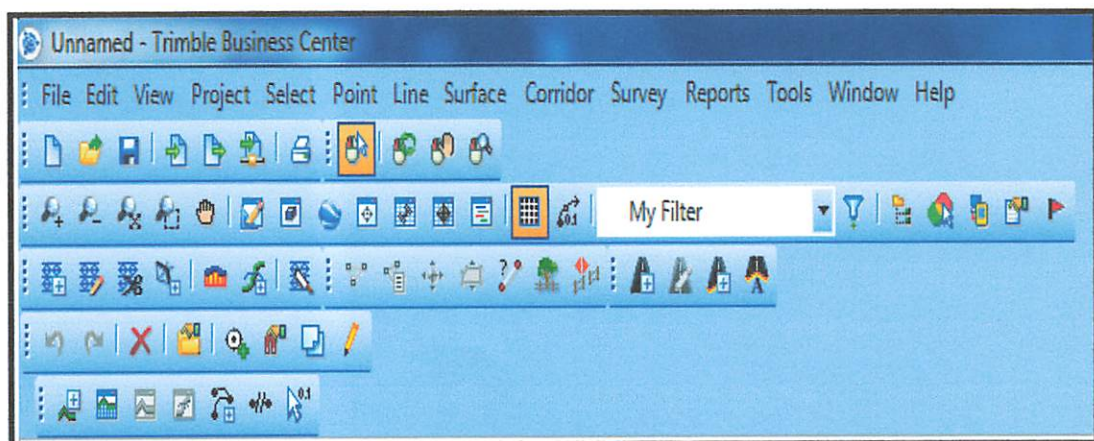
III.4 Pengolahan Data

Pengolahan data GPS metode jaring menggunakan software Trimble Business Centre memiliki beberapa tahapan antara lain, membuat project, import data, pengolahan baseline, network adjustment.

III.4.1 Pembuatan Project Trimble Business Centre

Pada tahap pembuatan *project Trimble Business Centre* dengan cara pilih menu *file new project*. Kemudian mengatur project yang telah dibuat dengan cara,

pilih menu *project* → *project setting*, atau klik icon  di *tools bar*. Untuk lebih jelas tampilan *tools bar* dapat dilihat pada gambar 3.5.



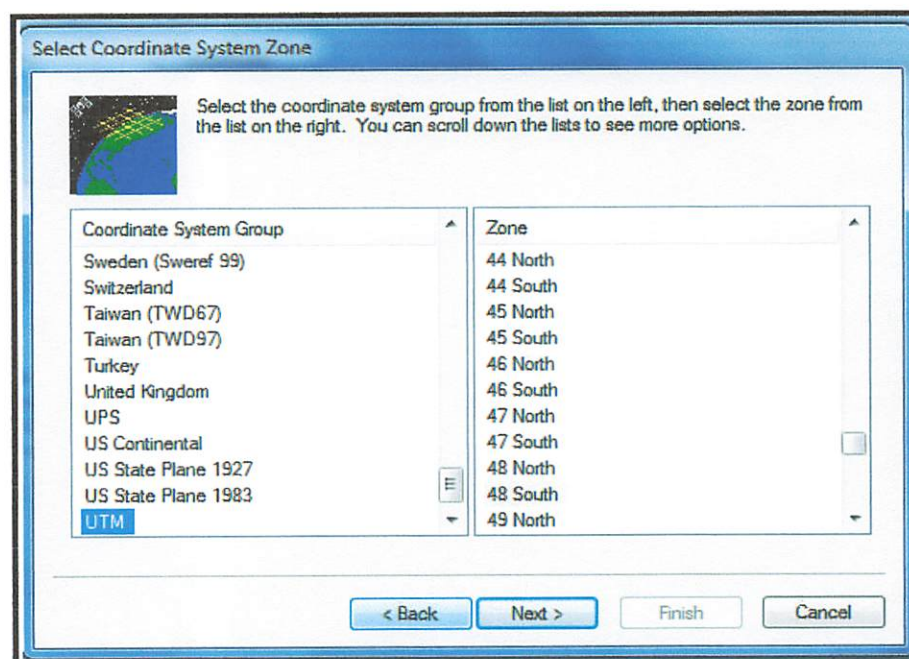
Gambar 3.5 Tampilan *tools bar* Trimble Business Centre.

Setelah membuat project langkah selanjutnya adalah melakukan pengaturan project meliputi pengaturan system koordinat, pengaturan satuan, ketelitian pengolahan baseline.

III.4.1.1 Pengaturan Sistem Koordinat

Pada tahap ini adalah memilih system koordinat untuk output koordinat dengan cara sebagai berikut.

1. Pada menu navigasi *project settings*, pilih *coordinate system*, klik tombol *change* untuk memilih system koordinat dan zona.
2. Klik *new system* pada *select coordinate system*, kemudian akan tampil *select coordinate system type* dialog.
3. Kemudian pilih pengaturan:
 - a. Pilih sistem koordinat *UTM zona 48S*
 - b. Pilih datum *WGS 1984*



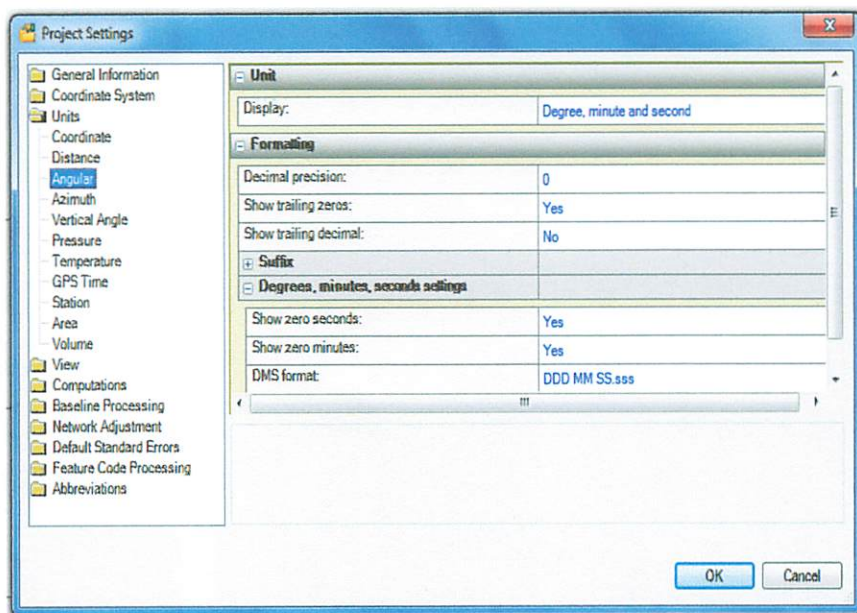
Gambar 3.6 Tampilan pemilihan sistem koordinat.

4. Kemudian klik *finish*.

III.4.1.2 Pengaturan Satuan

Untuk memilih satuan pada *project* yang dibuat dilakukan dengan langkah sebagai berikut: .

1. Untuk memilih tampilan koordinat yang ditampilkan klik *project setting* pilih *unit > coordinate*, kemudian pada *display order* pilih *northing, easting, elevation*.
2. Untuk memilih satuan jarak dengan pilih *unit > distance*, kemudian pilih satuan meter.
3. Satuan waktu pada GPS dapat dipilih dengan cara *unit > GPS Time* kemudian pilih *GPS*.

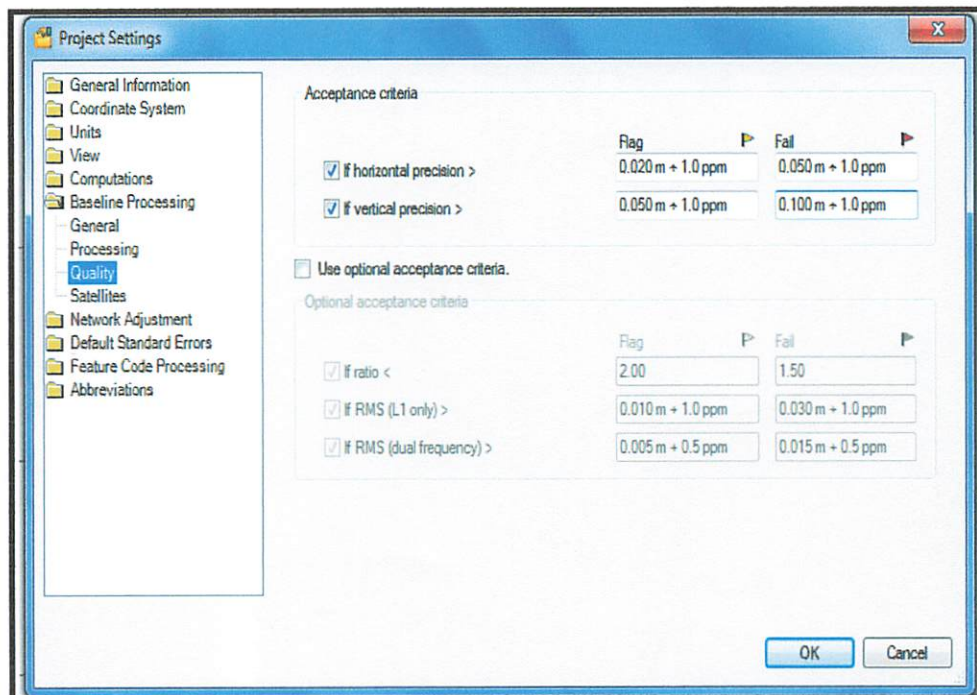


Gambar 3.7 Tampilan pemilihan satuan sudut.

III.4.1.3 Pengaturan Ketelitian Pengolahan *Baseline*

Menentukan kriteria ketelitian untuk pengolahan baseline dilakukan sebagai berikut :

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: $0.100\text{ m} + 1.0\text{ ppm}$



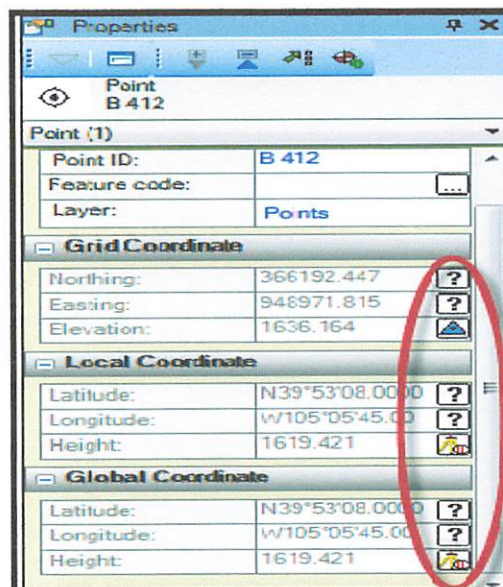
Gambar 3.8 Tampilan *Project setting* pemilihan kriteria kualitas *baseline*.

2. kemudian pilih *File* > *Save Project* .

III.4.2 Import Data

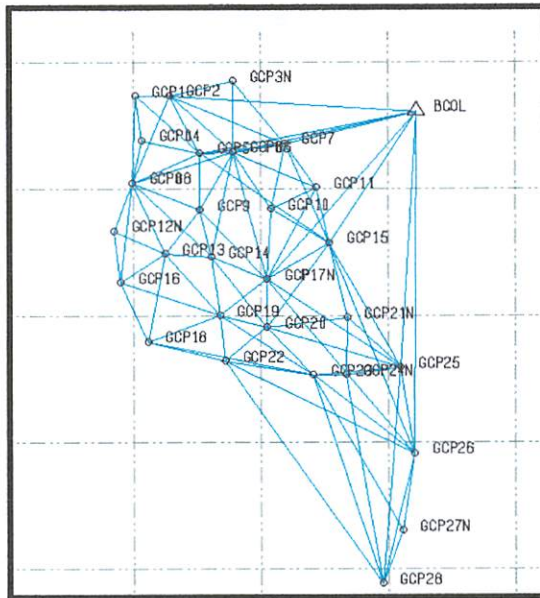
Memasukkan data ukuran kedalam project dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Pilih *File* → *Import*, atau klik *icon Import* pada toolbar .
2. Pada jendela *Import*, pilih *Browse* , pada *browse for folder dialog* pilih direktori penyimpanan data, pilih file yang akan di import.
3. Memilih titik kontrol, dilakukan dengan langkah klik *BCOL* pada *plan view*, klik kanan pilih *properties*.
4. Pada jendela *Properties*, nilai *horizontal* pilih *Unknown Control*, *heights* pilih *Survey Grade quality*; *elevation* pilih *Control quality*.



Gambar 3.9 Tampilan jendela properties.

5. Kemudian *import* data titik – titik yang lain.



Gambar 3.10 Tampilan baseline hasil *import data*.

III.4.3 Pengolahan *Baseline*

Untuk mengolah baseline dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Pilih *Baseline* yang akan diproses, *survei* → *Proses Baseline* , atau klik icon



Proses Baseline pada toolbar .

2. Tampilan jendela *Prosessing Baseline*.

Save	Observation	Solutio	Horiz. Precisi	Vert. Precisio	RMS	Ratio	Length
☒	BCOL --- GCP15	Fixed	0.005	0.024	0.013	8.87	6226.210
☒	GCP15 --- GCP21N	Fixed	0.004	0.022	0.026	2.02	3049.796
☒	GCP15 --- GCP11	Fixed	0.004	0.018	0.014	2.14	2229.893
☒	GCP11 --- GCP10	Fixed	0.004	0.006	0.020	2.10	1974.803
☒	GCP15 --- GCP17	Fixed	0.004	0.017	0.012	3.53	2841.615
☒	GCP17 --- GCP20	Fixed	0.004	0.005	0.011	10.01	1876.479
☒	GCP20 --- GCP22	Fixed	0.004	0.006	0.017	2.45	2126.963
☒	GCP20 --- GCP23	Fixed	0.004	0.007	0.015	5.24	2636.274
☒	GCP17 --- GCP14	Fixed	0.003	0.014	0.028	2.01	2381.804
☒	GCP17 --- GCP14	Fixed	0.004	0.014	0.026	2.00	2381.818
☒	GCP14 --- GCP13	Fixed	0.004	0.005	0.024	2.09	1820.748
☒	GCP13 --- GCP16	Fixed	0.004	0.007	0.013	2.03	2090.416
☒	GCP13 --- GCP18	Fixed	0.004	0.020	0.025	2.01	3536.515
☒	GCP14 --- GCP19	Fixed	0.004	0.017	0.028	2.10	2328.478
☒	GCP15 --- GCP17N	Fixed	0.005	0.008	0.015	3.52	2834.398

Gambar 3.11 Tampilan jendela *proses baseline*.

3. Simpan dengan klik tombol *save*.
4. Untuk melihat *report* pengolahan *baseline* klik menu *report – baseline processing report*.
5. Tampilan *baseline processing report*.

Project Information				Coordinate System			
Name:	E:\SKRIPSI LEO\pengolahan data\data jadi 2012\2012 vce			Name:	UTM		
Size:	1 MB			Datum:	WGS 1984		
Modified:	5/12/2014 10:50:22 AM			Zone:	48 South		
Reference number:				Geoid:			
Description:				Vertical datum:			

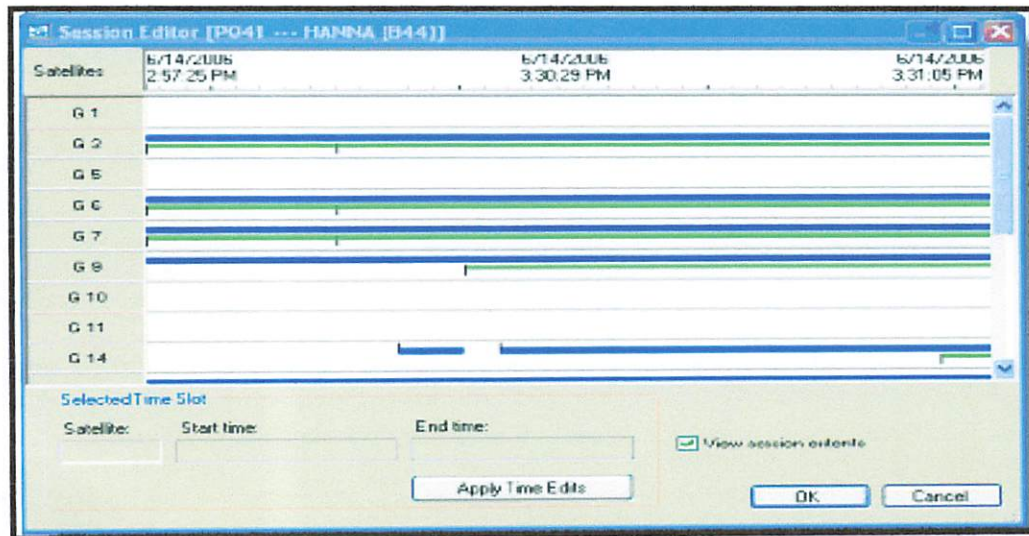
Baseline Processing Report								
Processing Summary								
Observation	From	To	Solution Type	H. Prec. (Meter)	V. Prec. (Meter)	Geodetic Az.	Ellipsoid Dist. (Meter)	DHeight (Meter)
BCOL --- GCP17 (B16)	BCOL	GCP17	Fixed	0.007	0.036	221°21'12"	8878.423	1.919
GCP21 --- GCP23 (B120)	GCP21	GCP23	Fixed	0.009	0.016	161°32'52"	8683.261	15.819
GCP27N --- GCP23 (B23)	GCP27N	GCP23	Fixed	0.008	0.015	330°03'19"	7084.776	-15.200
GCP25 --- GCP20 (B120)	GCP25	GCP20	Fixed	0.006	0.033	286°51'30"	5519.059	-3.927
GCP17 --- GCP16 (B66)	GCP17	GCP16	Fixed	0.005	0.008	344°46'30"	5217.741	-4.820
GCP26 --- GCP23 (B26)	GCP26	GCP23	Fixed	0.006	0.011	307°26'04"	5061.496	-4.363
GCP23 --- GCP26 (B102)	GCP23	GCP26	Fixed	0.007	0.008	127°26'17"	5061.477	4.332
GCP23 --- GCP26 (B44)	GCP23	GCP26	Fixed	0.010	0.018	127°26'19"	5061.493	4.381
GCP23 --- GCP19 (B98)	GCP23	GCP19	Fixed	0.005	0.009	302°33'40"	4380.378	-8.923
GCP6 --- GCP2 (B30)	GCP6	GCP2	Fixed	0.005	0.011	311°43'37"	3357.895	-0.998
GCP22 --- GCP23 (B99)	GCP22	GCP23	Fixed	0.004	0.009	99°05'02"	3512.100	1.171
GCP13 --- GCP23 (B31)	GCP13	GCP23	Fixed	0.004	0.018	150°03'18"	3711.541	6.518

Gambar 3.12 Tampilan *report* pengolahan *baseline*.

III.4.4 Edit A Session Dan Pemrosesan Ulang Baseline

Tahap ini digunakan untuk memperbaiki *cycle slip* pada sinyal satelit didalam data.

1. Pilih *baseline*, klik kanan pilih *Session Editor*.



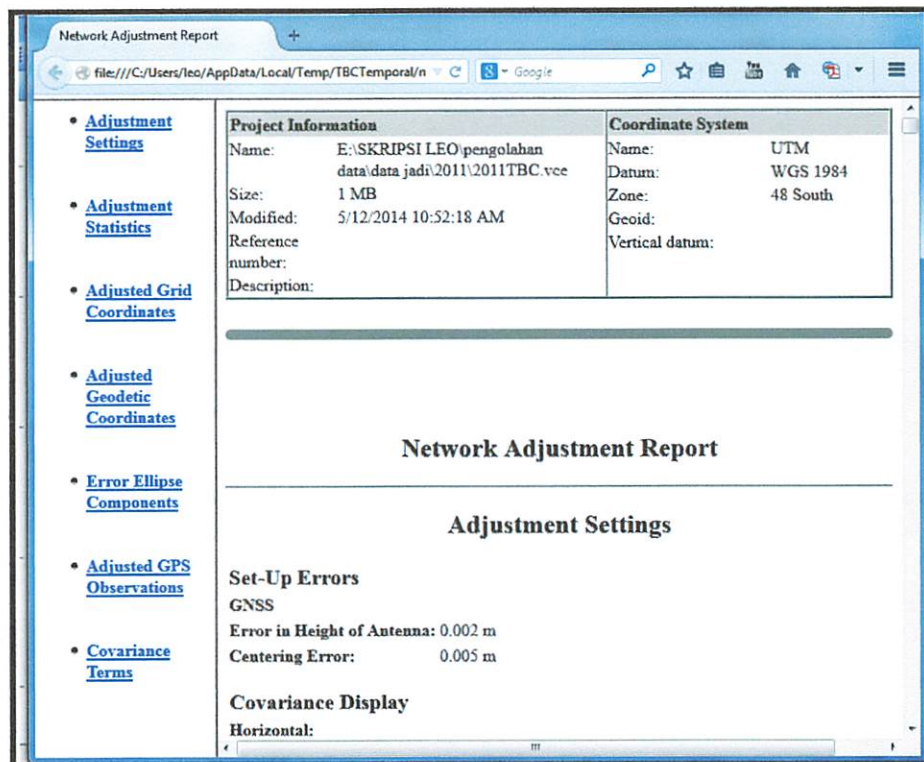
Gambar 3.13 Tampilan jendela *session editor*.

2. Kemudian disable sinyal satelit yang terdapat *cycle slip*.
3. Kemudian klik OK pada jendela *Session Editor*.
4. Setelah cycle clip telah dihilangkan baseline diproses seperti langkah pada sub bab III.4.4.

III.4.5 Adjust Network

Tahap ini dilakukan untuk menghitung perataan baseline yang telah diolah pada sub bab III.4.4. dengan langkah sebagai berikut.

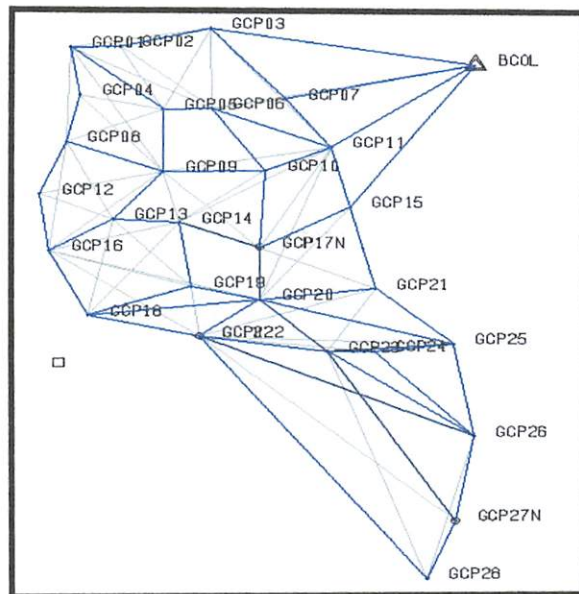
1. Pilih survei→ *Adjust Network*. Pada jendela *Adjust Network*, pada pilihan *Fixed Coordinat* centang 2D dan h.
2. Kemudian klik *Adjust*.
3. Untuk melihat *Report*, pada menu pilih *report*→ *Network Adjustment Report*.



Gambar 3.14 Tampilan *report adjust network*.

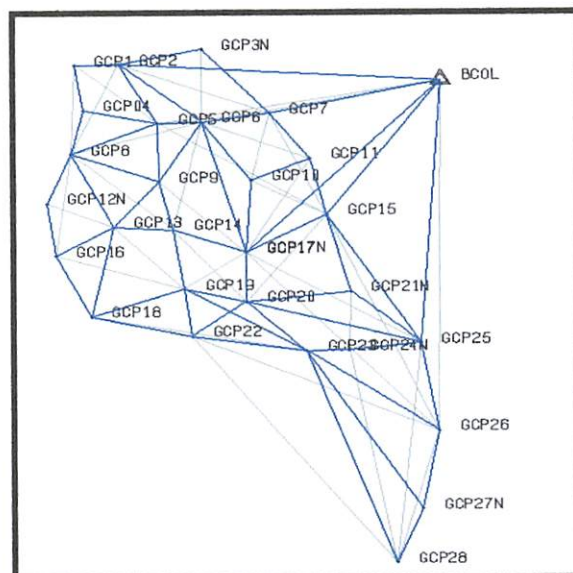
III.4.6 Desain Jaring Pengukuran

1. Desain jaring pengamatan GPS tahun 2011



Gambar 3.15 Tampilan desain jaring pengamatan GPS tahun 2011.

2. Desain jaring pengamatan GPS tahun 2012



Gambar 3.16 Tampilan desain jaring pengamatan GPS tahun 2012.

III.5 Uji Statistik

Perhitungan uji statistik distribusi normal terhadap vektor deformasi menggunakan *software Stats version 3.0* sebagai berikut:

1. Menentukan hipotesa

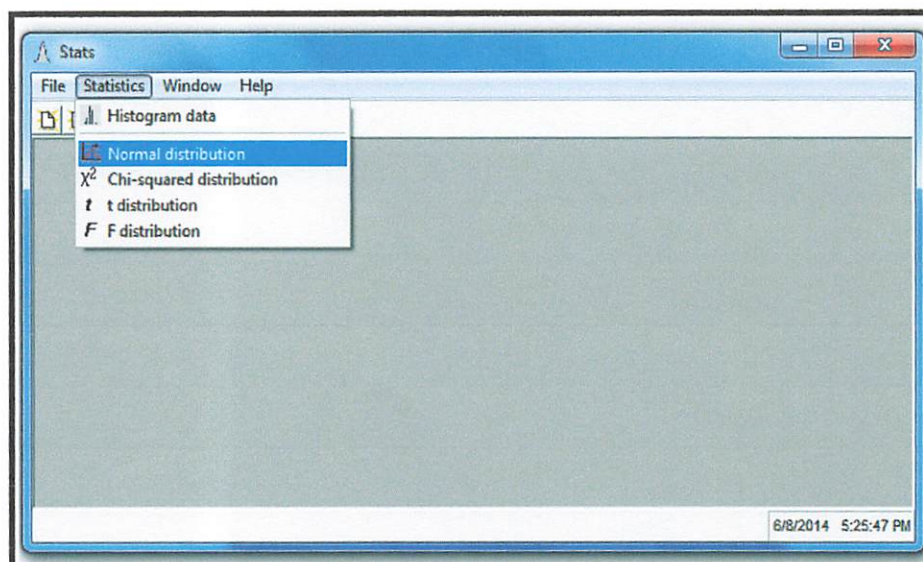
$$H_0 : dx_{EN} = 0$$

$$H_a : dx_{EN} \neq 0$$

2. Menghitung nilai ω_i

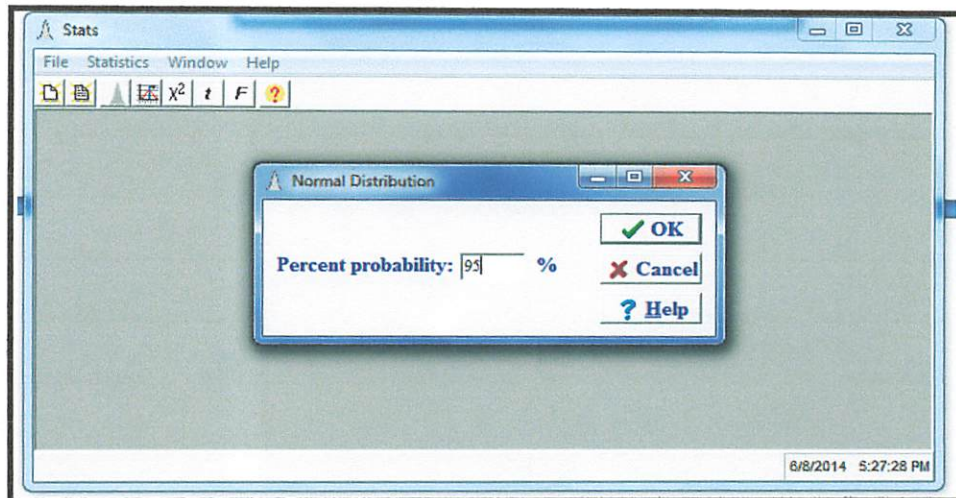
$$\omega_i = \frac{dx_{EN}}{\sigma dx_{EN}}$$

3. Untuk menentukan nilai dari tabel distribusi normal dengan cara, buka *software Stats*, kemudian pilih *statistics* → *normal distribution*.



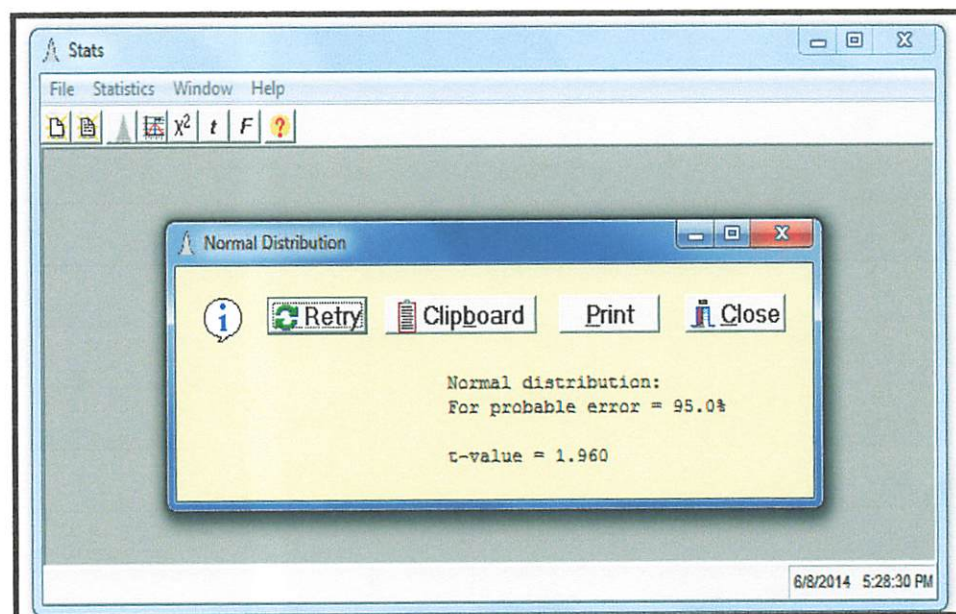
Gambar 3.17 Tampilan pilihan uji statistik.

4. Masukkan derajat kepercayaan, 95%. Kemudian ok.



Gambar 3.18 Tampilan jendela distribusi normal.

5. Hasil tabel distribusi normal adalah 1.96.



Gambar 3.19 Tampilan hasil distribusi normal .

6. H_0 ditolak jika nilai dari $\omega_i >$ tabel distribusi normal .

BAB IV

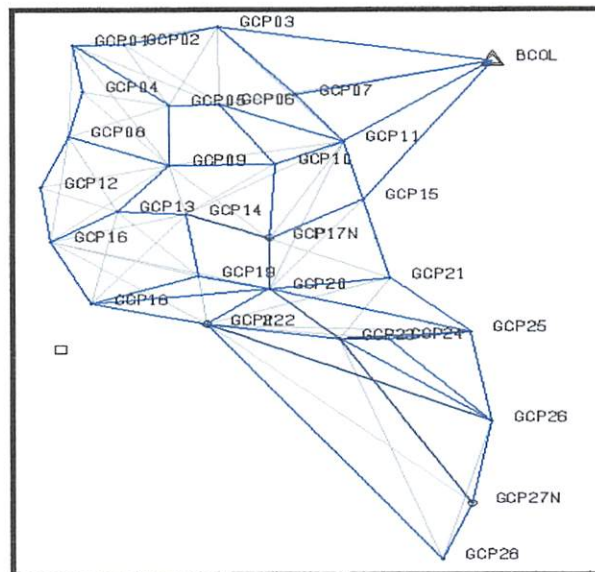
HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian studi deformasi permukaan tanah di wilayah DKI Jakarta adalah besaran vektor deformasi titik – titik pantau periode tahun 2011 - 2012.

IV.1.1. Survei GPS Tahun 2011

Titik - titik pantau (GCP) yang telah diamat menggunakan GPS pada tahun 2011 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Gambar jaring pengamatan GPS untuk deformasi tahun 2011.

Hasil pengolahan baseline pengukuran tahun 2011 menggunakan software *Trimble Business Centre* dari langkah kerja pada sub bab III.3. sebagai berikut.

Tabel 4.1. Hasil pengolahan baseline jaring pengukuran GPS tahun 2011.

Observation	From	To	Solution Type	H. Prec. (Meter)	V. Prec. (Meter)	Geodetic Az.	Ellipsoid Dist. (Meter)	DHeight (Meter)
GCP07 — BCOL (B33)	BCOL	GCP07	Fixed	0.006	0.01	256°05'37"	5346.691	-1.875
BCOL — GCP07 (B35)	BCOL	GCP07	Fixed	0.006	0.012	256°05'37"	5346.688	-1.856
GCP11 — GCP07 (B38)	GCP07	GCP11	Fixed	0.003	0.016	144°28'55"	2135.212	-0.24
GCP07 — GCP11 (B42)	GCP07	GCP11	Fixed	0.004	0.008	144°28'57"	2135.211	-0.263
GCP11 — GCP10 (B85)	GCP11	GCP10	Fixed	0.004	0.006	244°37'05"	1974.723	-0.755
GCP10 — GCP09 (B99)	GCP10	GCP09	Fixed	0.005	0.009	268°45'07"	2795.064	0.856
GCP06 — GCP05 (B24)	GCP06	GCP05	Fixed	0.004	0.008	267°48'40"	1315.798	2.732
GCP23 — GCP26 (B69)	GCP26	GCP23	Fixed	0.005	0.01	307°26'03"	5061.472	-4.26
GCP04 — GCP08 (B3)	GCP04	GCP08	Fixed	0.004	0.007	192°12'55"	1732.505	0.2
GCP15 — BCOL (B44)	BCOL	GCP15	Fixed	0.006	0.012	213°29'15"	6226.131	0.453
GCP15 — GCP17 (B93)	GCP15	GCP17	Fixed	0.004	0.008	238°48'25"	2841.585	1.413
GCP14 — GCP17 (B77)	GCP17	GCP14	Fixed	0.004	0.006	291°41'28"	2381.802	-2.654
GCP13 — GCP14 (B106)	GCP14	GCP13	Fixed	0.004	0.008	273°56'23"	1820.673	-1.376
GCP26 — GCP27 (B65)	GCP26	GCP27	Fixed	0.005	0.009	188°57'17"	3100.166	10.784
GCP25 — GCP26 (B62)	GCP26	GCP25	Fixed	0.005	0.009	350°34'19"	3425.738	-8.139
GCP20 — GCP17 (B79)	GCP17	GCP20	Fixed	0.004	0.007	180°00'10"	1876.492	1.24
GCP19 — GCP20 (B118)	GCP20	GCP19	Fixed	0.004	0.008	283°39'43"	1922.385	-1.273
GCP18 — GCP19 (B116)	GCP19	GCP18	Fixed	0.004	0.008	249°43'00"	3015.084	7.53
GCP18 — GCP19 (B120)	GCP19	GCP18	Fixed	0.004	0.009	249°43'00"	3015.08	7.526
GCP22 — GCP20 (B108)	GCP20	GCP22	Fixed	0.004	0.008	230°37'48"	2126.93	6.521
GCP28 — GCP22 (B56)	GCP28	GCP22	Fixed	0.012	0.023	324°44'06"	10768.791	-16.968
GCP15 — GCP21 (B95)	GCP15	GCP21	Fixed	0.004	0.008	166°32'07"	3050.631	3.245
GCP25 — GCP21 (B91)	GCP21	GCP25	Fixed	0.006	0.009	132°47'57"	2917.525	3.298
GCP24 — GCP25 (B61)	GCP25	GCP24	Fixed	0.004	0.009	262°38'08"	2191.417	1.803
GCP24 — GCP26 (B54)	GCP24	GCP26	Fixed	0.005	0.011	138°34'26"	4132.615	6.356
GCP20 — GCP25 (B90)	GCP20	GCP25	Fixed	0.008	0.011	106°51'50"	5519.055	3.861
BCOL — GCP03 (B36)	BCOL	GCP03	Fixed	0.007	0.015	279°54'37"	7387.968	-4.963
GCP02 — GCP03 (B2)	GCP03	GCP02	Fixed	0.004	0.011	254°52'28"	2553.659	1.094
GCP02 — GCP01 (B11)	GCP02	GCP01	Fixed	0.004	0.008	268°08'49"	1357.59	-0.377
GCP16 — GCP12 (B18)	GCP16	GCP12	Fixed	0.004	0.006	352°35'01"	2066.113	-2.511
GCP01 — GCP04 (B15)	GCP01	GCP04	Fixed	0.004	0.007	171°09'09"	1753.418	1.397
GCP16 — GCP18 (B112)	GCP16	GCP18	Fixed	0.003	0.006	155°03'57"	2569.594	7.377
GCP18 — GCP16 (B115)	GCP18	GCP16	Fixed	0.004	0.009	335°03'54"	2569.579	-7.405
GCP27 — GCP28 (B47)	GCP27	GCP28	Fixed	0.004	0.006	200°32'54"	2242.132	0.661
GCP16 — GCP13 (B9)	GCP16	GCP13	Fixed	0.004	0.008	56°51'18"	2090.423	-4.302
GCP13 — GCP16 (B107)	GCP13	GCP16	Fixed	0.004	0.009	236°51'11"	2090.409	4.281
GCP15 — GCP11 (B92)	GCP15	GCP11	Fixed	0.004	0.007	346°40'29"	2229.903	-2.594
GCP13 — GCP09 (B20)	GCP13	GCP09	Fixed	0.004	0.008	38°21'24"	2204.603	0.197
GCP19 — GCP14 (B122)	GCP19	GCP14	Fixed	0.004	0.008	351°28'49"	2328.474	-2.753
GCP12 — GCP08 (B17)	GCP12	GCP08	Fixed	0.004	0.007	20°47'28"	2020.409	-2.23
GCP05 — GCP09 (B28)	GCP05	GCP09	Fixed	0.004	0.008	179°24'15"	2250.202	-1.869
GCP10 — GCP17 (B78)	GCP10	GCP17	Fixed	0.004	0.007	182°43'15"	2798.245	4.779
GCP26 — GCP22 (B57)	GCP26	GCP22	Fixed	0.008	0.017	295°52'10"	8321.058	-5.47
GCP06 — GCP10 (B45)	GCP06	GCP10	Fixed	0.004	0.009	146°07'59"	2697.121	-0.035
GCP18 — GCP22 (B110)	GCP18	GCP22	Fixed	0.004	0.008	103°57'06"	3144.516	0.261
GCP09 — GCP08 (B29)	GCP09	GCP08	Fixed	0.005	0.009	291°46'34"	2873.01	-0.659
GCP09 — GCP08 (B21)	GCP09	GCP08	Fixed	0.005	0.008	291°46'34"	2873.025	-0.67
GCP05 — GCP01 (B10)	GCP05	GCP01	Fixed	0.005	0.01	311°20'28"	3393.556	-4.168

Observation	From	To	Solution Type	H. Prec. (Meter)	V. Prec. (Meter)	Geodetic Az.	Ellipsoid Dist. (Meter)	DHeight (Meter)
GCP05 --- GCP01 (B13)	GCP05	GCP01	Fixed	0.005	0.009	311°20'29"	3393.553	-4.151
GCP23 --- GCP25 (B100)	GCP23	GCP25	Fixed	0.006	0.008	84°59'56"	3471.14	-3.794
GCP11 --- GCP06 (B39)	GCP11	GCP06	Fixed	0.006	0.008	292°57'52"	3570.193	-0.791
GCP24 --- GCP23 (B72)	GCP24	GCP23	Fixed	0.005	0.01	269°01'27"	1284.638	2.484
GCP03 --- GCP07 (B32)	GCP03	GCP07	Fixed	0.005	0.01	140°46'14"	3300.679	3.108
BCOL --- GCP11 (B41)	BCOL	GCP11	Fixed	0.005	0.011	232°34'11"	4973.426	-2.089
GCP23 --- GCP22 (B101)	GCP23	GCP22	Fixed	0.007	0.009	279°04'50"	3512.089	-1.137
GCP20 --- GCP21 (B74)	GCP20	GCP21	Fixed	0.006	0.009	83°04'43"	3164.178	0.585
GCP11 --- GCP21 (B88)	GCP11	GCP21	Fixed	0.006	0.011	166°35'41"	5280.527	5.848
GCP18 --- GCP20 (B111)	GCP18	GCP20	Fixed	0.005	0.01	82°49'43"	4733.147	-6.242
GCP23 --- GCP22 (B67)	GCP23	GCP22	Fixed	0.005	0.01	279°04'50"	3512.127	-1.24
GCP22 --- GCP23 (B71)	GCP22	GCP23	Fixed	0.007	0.013	99°05'11"	3512.239	1.679
GCP23 --- GCP20 (B102)	GCP23	GCP20	Fixed	0.006	0.008	316°13'28"	2636.24	-7.692
GCP23 --- GCP27 (B66)	GCP23	GCP27	Fixed	0.008	0.016	150°03'37"	7084.633	14.912

Berdasarkan hasil perataan jaring tahun 2011 didapat koordinat sebagai berikut.

Tabel 4.2. Daftar koordinat grid UTM zona 48S datum WGS84 Tahun 2011

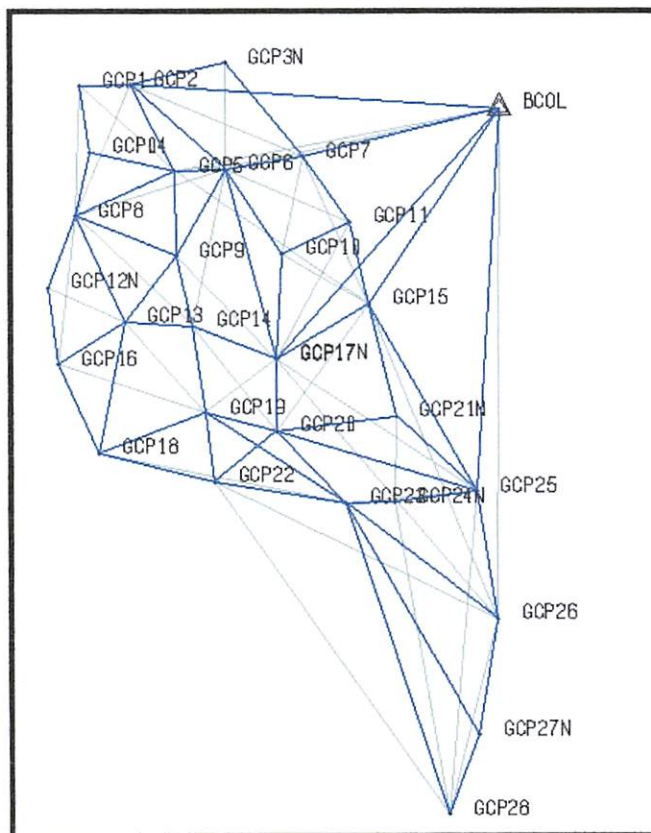
Point ID	Northing(m)	$\sigma_N(m)$	Easting(m)	$\sigma_E(m)$	h(m)	$\sigma_h(m)$
BCOL	9323048.255	0	706134.643	0	22.295	0
GCP01	9323647.524	0.029	695035.864	0.029	18	0.022
GCP02	9323686.946	0.029	696392.978	0.029	18.39	0.023
GCP03	9324345.104	0.021	698860.582	0.021	17.315	0.019
GCP04	9321913.973	0.033	695299.881	0.033	19.398	0.024
GCP05	9321397.298	0.028	697576.433	0.028	22.149	0.021
GCP06	9321443.138	0.025	698891.547	0.025	19.417	0.019
GCP07	9321781.125	0.016	700939.654	0.016	20.432	0.013
GCP08	9320221.793	0.03	694927.702	0.03	19.6	0.022
GCP09	9319146.968	0.027	697592.33	0.027	20.265	0.021
GCP10	9319198.38	0.024	700387.17	0.024	19.41	0.018
GCP11	9320038.829	0.017	702174.341	0.017	20.184	0.014
GCP12	9318335.192	0.034	694204.289	0.034	21.83	0.025
GCP13	9317422.618	0.031	696218.409	0.031	20.056	0.023
GCP14	9317291.41	0.036	698034.498	0.036	21.435	0.026
GCP15	9317866.987	0.02	702680.89	0.02	22.775	0.016
GCP16	9316285.36	0.031	694464.238	0.031	24.341	0.023
GCP17	9316403.486	0.028	700244.826	0.028	24.189	0.02
GCP18	9313951.541	0.031	695539.872	0.031	31.721	0.023
GCP19	9314987.282	0.032	698371.73	0.032	24.191	0.024
GCP20	9314526.817	0.03	700238.338	0.03	25.463	0.023
GCP21	9314897.447	0.025	703381.073	0.025	26.033	0.02
GCP22	9313183.147	0.033	698589.323	0.033	31.981	0.025



Point ID	Northing(m)	$\sigma_N(m)$	Easting(m)	$\sigma_E(m)$	h(m)	$\sigma_h(m)$
GCP23	9312616.838	0.038	702055.819	0.038	33.22	0.029
GCP24	9312634.256	0.038	703340.578	0.038	31.13	0.029
GCP25	9312907.547	0.032	705515.143	0.032	29.331	0.025
GCP26	9309525.71	0.035	706064.456	0.036	37.48	0.028
GCP27	9306464.691	0.041	705570.975	0.041	48.268	0.033
GCP28	9304367.773	0.04	704776.443	0.041	48.931	0.035

IV.1.2. Survei GPS Tahun 2012

Titik - titik pantau (GCP) yang telah diamat menggunakan GPS pada tahun 2012 sebagai berikut.



Gambar 4.2 Gambar jaring pengamatan GPS untuk deformasi tahun 2012.

Hasil pengolahan baseline pengukuran tahun 2012 menggunakan software

Trimble Business Centre dari langkah kerja pada sub bab III.3. sebagai berikut.

Tabel 4.3. Hasil pengolahan baseline jaring pengukuran GPS tahun 2012.

Observation	From	To	Solution Type	H. Prec.	V. Prec.	Geodetic Az.	Ellipsoid Dist.	DHeight
				(Meter)	(Meter)		(Meter)	(Meter)
BCOL --- GCP17 (B16)	BCOL	GCP17	Fixed	0.007	0.036	221°21'12"	8878.423	1.919
GCP23 --- GCP28 (B126)	GCP23	GCP28	Fixed	0.009	0.016	161°32'52"	8685.261	15.819
GCP27N --- GCP23 (B23)	GCP27N	GCP23	Fixed	0.008	0.015	330°03'19"	7084.776	-15.2
GCP25 --- GCP20 (B120)	GCP25	GCP20	Fixed	0.006	0.033	286°51'30"	5519.059	-3.927
GCP17 --- GCP6 (B66)	GCP17	GCP6	Fixed	0.005	0.008	344°46'30"	5217.741	-4.82
GCP23 --- GCP26 (B102)	GCP23	GCP26	Fixed	0.007	0.008	127°26'17"	5061.477	4.332
GCP23 --- GCP19 (B98)	GCP23	GCP19	Fixed	0.005	0.009	302°33'40"	4380.378	-8.923
GCP6 --- GCP2 (B30)	GCP6	GCP2	Fixed	0.005	0.011	311°43'57"	3357.895	-0.998
GCP22 --- GCP23 (B99)	GCP22	GCP23	Fixed	0.004	0.009	99°05'02"	3512.1	1.171
GCP15 --- GCP25 (B51)	GCP15	GCP25	Fixed	0.004	0.018	150°03'18"	5711.543	6.538
GCP22 --- GCP18 (B53)	GCP22	GCP18	Fixed	0.004	0.008	283°56'55"	3144.515	-0.315
GCP18 --- GCP19 (B113)	GCP18	GCP19	Fixed	0.004	0.007	69°43'11"	3015.076	-7.485
GCP21N --- GCP20 (B22)	GCP21N	GCP20	Fixed	0.004	0.01	263°03'40"	3163.959	-0.586
GCP8 --- GCP13 (B37)	GCP8	GCP13	Fixed	0.003	0.007	155°03'23"	3082.189	0.5
GCP8 --- GCP9 (B93)	GCP8	GCP9	Fixed	0.004	0.006	111°46'43"	2873.007	0.74
GCP5 --- GCP2 (B68)	GCP5	GCP2	Fixed	0.004	0.008	332°28'34"	2577.174	-3.897
GCP6 --- GCP10 (B41)	GCP6	GCP10	Fixed	0.004	0.018	146°08'04"	2697.148	0.093
GCP3N --- GCP2 (B11)	GCP3N	GCP2	Fixed	0.004	0.007	257°09'11"	2551.17	0.174
GCP17N --- GCP10 (B129)	GCP17N	GCP10	Fixed	0.005	0.018	2°45'17"	2782.691	-4.655
GCP18 --- GCP16 (B63)	GCP18	GCP16	Fixed	0.003	0.006	335°03'52"	2569.565	-7.338
GCP9 --- GCP5 (B95)	GCP9	GCP5	Fixed	0.004	0.006	359°24'14"	2250.206	1.831
GCP20 --- GCP19 (B96)	GCP20	GCP19	Fixed	0.004	0.006	283°39'43"	1922.384	-1.261
GCP22 --- GCP19 (B97)	GCP22	GCP19	Fixed	0.004	0.006	352°55'45"	1817.051	-7.791
GCP14 --- GCP17N (B17)	GCP14	GCP17N	Fixed	0.004	0.017	111°21'11"	2375.204	2.739
GCP23 --- GCP24N (B24)	GCP23	GCP24N	Fixed	0.004	0.007	89°10'22"	1283.339	-1.863
GCP20 --- GCP17N (B57)	GCP20	GCP17N	Fixed	0.005	0.006	359°58'26"	1892.024	-1.27
GCP25 --- GCP21N (B119)	GCP25	GCP21N	Fixed	0.004	0.019	312°48'12"	2918.254	-3.343
GCP13 --- GCP9 (B109)	GCP13	GCP9	Fixed	0.004	0.02	38°21'30"	2204.643	0.294
GCP7 --- GCP11 (B85)	GCP7	GCP11	Fixed	0.003	0.016	144°28'57"	2135.2	-0.24
GCP04 --- GCP8 (B46)	GCP04	GCP8	Fixed	0.004	0.005	192°12'56"	1732.484	0.248
GCP12N --- GCP16 (B82)	GCP12N	GCP16	Fixed	0.004	0.018	172°35'14"	2066.089	2.305
GCP04 --- GCP1 (B45)	GCP04	GCP1	Fixed	0.004	0.005	351°09'08"	1753.407	-1.412
GCP14 --- GCP9 (B108)	GCP14	GCP9	Fixed	0.004	0.005	346°24'18"	1907.337	-1.132
GCP2 --- GCP1 (B28)	GCP2	GCP1	Fixed	0.004	0.006	268°08'47"	1357.577	-0.388
GCP2 --- BCOL (B29)	BCOL	GCP2	Fixed	0.011	0.019	273°33'08"	9761.59	-3.877

Observation	From	To	Solution Type	H. Prec.	V. Prec.	Geodetic Az.	Ellipsoid Dist.	DHeight
				(Meter)	(Meter)		(Meter)	(Meter)
GCP27N — GCP28 (B125)	GCP27N	GCP28	Fixed	0.004	0.017	200°32'48"	2242.198	0.622
GCP26 — GCP27N (B25)	GCP26	GCP27N	Fixed	0.004	0.018	188°57'19"	3100.113	10.833
GCP25 — GCP26 (B121)	GCP25	GCP26	Fixed	0.007	0.01	170°34'21"	3425.777	8.115
GCP24N — GCP25 (B32)	GCP25	GCP24N	Fixed	0.004	0.008	262°33'14"	2193.183	1.978
BCOL — GCP25 (B50)	BCOL	GCP25	Fixed	0.007	0.034	183°17'44"	10158.425	6.981
GCP3N — GCP7 (B88)	GCP7	GCP3N	Fixed	0.004	0.007	319°57'21"	3210.263	-2.257
GCP9 — GCP6 (B110)	GCP6	GCP9	Fixed	0.004	0.006	209°18'33"	2638.041	0.927
GCP12N — GCP8 (B19)	GCP8	GCP12N	Fixed	0.003	0.017	200°47'14"	2020.392	2.546
GCP8 — GCP5 (B49)	GCP5	GCP8	Fixed	0.004	0.006	245°52'37"	2897.64	-2.592
GCP04 — GCP5 (B90)	GCP5	GCP04	Fixed	0.005	0.017	282°35'44"	2334.25	-2.866
GCP5 — GCP6 (B74)	GCP6	GCP5	Fixed	0.004	0.007	267°48'40"	1315.803	2.834
GCP6 — GCP7 (B87)	GCP7	GCP6	Fixed	0.004	0.006	260°26'07"	2075.637	-0.997
GCP7 — GCP6 (B84)	GCP7	GCP6	Fixed	0.004	0.015	260°26'08"	2075.624	-1.025
GCP7 — BCOL (B21)	BCOL	GCP7	Fixed	0.006	0.01	256°05'36"	5346.677	-1.89
GCP17N — GCP15 (B127)	GCP15	GCP17N	Fixed	0.005	0.008	239°05'09"	2834.387	1.392
GCP14 — GCP19 (B105)	GCP14	GCP19	Fixed	0.004	0.017	171°28'48"	2328.468	2.725
GCP18 — GCP13 (B62)	GCP13	GCP18	Fixed	0.004	0.02	190°52'11"	3536.48	11.709
GCP13 — GCP16 (B6)	GCP13	GCP16	Fixed	0.004	0.007	236°51'12"	2090.403	4.281
GCP14 — GCP13 (B2)	GCP14	GCP13	Fixed	0.004	0.005	273°56'23"	1820.741	-1.381
GCP14 — GCP17 (B1)	GCP17	GCP14	Fixed	0.003	0.014	291°41'31"	2381.794	-2.797
GCP20 — GCP23 (B55)	GCP20	GCP23	Fixed	0.004	0.007	136°13'34"	2636.251	7.657
GCP20 — GCP22 (B54)	GCP20	GCP22	Fixed	0.004	0.006	230°37'49"	2126.943	6.54
GCP20 — GCP17 (B59)	GCP17	GCP20	Fixed	0.004	0.005	180°00'09"	1876.471	1.248
GCP15 — GCP17 (B7)	GCP15	GCP17	Fixed	0.004	0.017	238°48'25"	2841.604	1.494
GCP11 — GCP10 (B13)	GCP11	GCP10	Fixed	0.004	0.006	244°37'03"	1974.796	-0.742
GCP11 — GCP15 (B34)	GCP15	GCP11	Fixed	0.004	0.018	346°40'29"	2229.883	-2.578
GCP21N — GCP15 (B38)	GCP15	GCP21N	Fixed	0.004	0.022	166°32'15"	3049.781	3.358
GCP15 — BCOL (B15)	BCOL	GCP15	Fixed	0.005	0.024	213°29'13"	6226.186	0.418

Berdasarkan hasil perataan jaring tahun 2012 didapat koordinat sebagai berikut.

Tabel 4.4. Daftar koordinat grid UTM zona 48S datum WGS84 tahun 2012.

Point ID	Northing(m)	$\sigma_N(m)$	Easting(m)	$\sigma_E(m)$	h(m)	$\sigma_h(m)$
BCOL	9323048	0	706134.643	0	22.295	0
GCP1	9323647	0.05	695035.88	0.051	17.945	0.042
GCP2	9323687	0.035	696392.987	0.036	18.34	0.036
GCP3N	9324246	0.046	698882.384	0.047	18.161	0.039
GCP04	9321914	0.046	695299.892	0.046	19.35	0.041
GCP5	9321397	0.036	697576.435	0.036	22.195	0.036

Point ID	Northing(m)	$\sigma_N(m)$	Easting(m)	$\sigma_E(m)$	h(m)	$\sigma_h(m)$
GCP6	9321443	0.032	698891.549	0.032	19.404	0.034
GCP7	9321781	0.032	700939.674	0.033	20.411	0.032
GCP8	9320222	0.037	694927.705	0.038	19.596	0.038
GCP9	9319147	0.035	697592.343	0.035	20.332	0.036
GCP10	9319198	0.041	700387.128	0.042	19.482	0.049
GCP11	9320039	0.04	702174.351	0.041	20.211	0.048
GCP12N	9318335	0.052	694204.393	0.052	22.107	0.061
GCP13	9317423	0.039	696218.373	0.04	20.087	0.04
GCP14	9317291	0.034	698034.501	0.034	21.476	0.038
GCP15	9317867	0.031	702680.901	0.031	22.772	0.042
GCP16	9316285	0.048	694464.218	0.048	24.374	0.044
GCP17	9316403	0.031	700244.827	0.031	24.232	0.038
GCP17N	9316419	0.037	700243.934	0.038	24.186	0.042
GCP18	9313952	0.042	695539.862	0.043	31.71	0.043
GCP19	9314987	0.037	698371.74	0.038	24.219	0.041
GCP20	9314527	0.034	700238.347	0.035	25.475	0.039
GCP21N	9314898	0.04	703380.77	0.041	26.056	0.05
GCP22	9313183	0.041	698589.322	0.042	32.009	0.042
GCP23	9312617	0.038	702055.808	0.039	33.153	0.042
GCP24N	9312631	0.041	703339.218	0.042	31.274	0.045
GCP25	9312908	0.033	705515.157	0.033	29.335	0.045
GCP26	9309526	0.043	706064.465	0.044	37.49	0.047
GCP27N	9306465	0.05	705570.973	0.051	48.34	0.058
GCP28	9304368	0.056	704776.478	0.057	48.967	0.065

IV.1.3 Nilai Vektor Deformasi

Hasil perhitungan vektor deformasi menggunakan metode pada sub bab

II.6.5 pengukuran tahun 2011 dengan tahun 2012 adalah sebagai berikut:

1. Berikut ini adalah hasil perhitungan selisih koordinat *Easting* dan *Northing*.

Tabel 4.5.Selisih koordinat tahun 2011 dengan 2012.

ID	dE	σdE	dN	σdN	Keterangan
GCP1	0.011	0.057	-0.073	0.056	
GCP2	0.005	0.045	-0.058	0.045	
GCP3N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP04	0.006	0.056	-0.067	0.056	

ID	dE	σdE	dN	σdN	Keterangan
GCP5	-0.003	0.047	-0.040	0.046	
GCP6	0.001	0.041	-0.033	0.040	
GCP7	0.019	0.036	-0.040	0.036	
GCP8	-0.003	0.050	-0.054	0.050	
GCP9	0.012	0.046	-0.055	0.046	
GCP10	-0.043	0.047	-0.103	0.046	
GCP11	0.009	0.043	-0.052	0.042	
GCP12N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP13	-0.039	0.051	-0.056	0.050	
GCP14	0.002	0.051	-0.052	0.050	
GCP15	0.009	0.035	-0.052	0.035	
GCP16	-0.024	0.056	-0.053	0.056	
GCP17	-0.003	0.041	-0.073	0.041	
GCP17N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP18	-0.014	0.052	-0.030	0.052	
GCP19	0.007	0.050	-0.045	0.050	
GCP20	0.007	0.045	-0.046	0.045	
GCP21N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP22	-0.003	0.053	-0.042	0.052	
GCP23	-0.011	0.054	-0.052	0.054	
GCP24N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP25	0.014	0.045	-0.040	0.045	
GCP26	0.014	0.058	-0.076	0.056	
GCP27N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP28	0.037	0.069	-0.144	0.067	

2. Berikut ini adalah hasil perhitungan vector deformasi pengamatan GPS tahun 2011 – 2012.

Tabel 4.6. Vektor deformasi hasil survei jaring GPS tahun 2011 – 2012.

ID	$dx_{EN}(m)$	$\sigma dx_{EN}(m)$	$dx_h(m)$	$\sigma dx_h(m)$	Keterangan
GCP1	0.074	0.056	0.055	0.046	
GCP2	0.058	0.045	0.050	0.042	
GCP3N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP04	0.067	0.056	0.048	0.047	
GCP5	0.040	0.046	-0.046	0.042	
GCP6	0.033	0.040	0.013	0.038	
GCP7	0.044	0.036	0.021	0.033	
GCP8	0.054	0.050	0.004	0.043	

ID	$dx_{EN}(m)$	$\sigma dx_{EN}(m)$	$dx_h(m)$	$\sigma dx_h(m)$	Keterangan
GCP9	0.056	0.046	-0.067	0.042	
GCP10	0.112	0.046	-0.072	0.049	
GCP11	0.053	0.042	-0.027	0.047	
GCP12N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP13	0.068	0.050	-0.031	0.045	
GCP14	0.052	0.050	-0.041	0.046	
GCP15	0.053	0.035	0.003	0.043	
GCP16	0.058	0.056	-0.033	0.048	
GCP17	0.073	0.041	-0.043	0.042	
GCP17N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP18	0.033	0.052	0.011	0.047	
GCP19	0.046	0.050	-0.028	0.047	
GCP20	0.047	0.045	-0.012	0.044	
GCP21N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP22	0.042	0.052	-0.028	0.047	
GCP23	0.053	0.054	0.067	0.050	
GCP24N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP25	0.042	0.045	-0.004	0.051	
GCP26	0.077	0.056	-0.010	0.055	
GCP27N	-	-	-	-	Rekontruksi
GCP28	0.149	0.067	-0.036	0.070	

Titik – titik GCP3N, GCP12N, GCP17N, GCP21N, GCP24N, GCP27N telah mengalami rekontruksi pada pengamatan tahun 2012, sehingga tidak digunakan dalam perhitungan vektor deformasi.

IV.1.4 Uji Statistik Deformasi

Uji statistik vektor pergeseran deformasi menggunakan Distribusi Normal dengan derajat kepercayaan 95%. Didapat nilai $t = 1.960$.

Tabel 4.7. Uji statistik vektor deformasi untuk komponen horisontal 2011 – 2012.

ID	$dx_{EN}(m)$	$\sigma dx_{EN}(m)$	ω
GCP1	0.074	0.056	1.316
GCP2	0.058	0.045	1.303
GCP04	0.067	0.056	1.205
GCP5	0.040	0.046	0.864

ID	$dx_{EN}(m)$	$\sigma dx_{EN}(m)$	ω
GCP6	0.033	0.040	0.829
GCP7	0.044	0.036	1.238
GCP8	0.054	0.050	1.082
GCP9	0.056	0.046	1.229
GCP10	0.112	0.046	2.431
GCP11	0.053	0.042	1.267
GCP13	0.068	0.050	1.363
GCP14	0.052	0.050	1.036
GCP15	0.053	0.035	1.498
GCP16	0.058	0.056	1.033
GCP17	0.073	0.041	1.780
GCP18	0.033	0.052	0.634
GCP19	0.046	0.050	0.917
GCP20	0.047	0.045	1.043
GCP22	0.042	0.052	0.812
GCP23	0.053	0.054	0.988
GCP25	0.042	0.045	0.936
GCP26	0.077	0.056	1.373
GCP28	0.149	0.067	2.210

Pada perhitungan uji statistik menggunakan distribusi normal untuk vektor pergeseran horisontal, titik GCP10, GCP28, menolak H_0 menerima H_a . Yang berarti pada titik titik tersebut mengalami deformasi.

Tabel 4.8.Uji statistik vektor deformasi untuk komponen vertikal 2011 – 2012.

ID	$dx_h(m)$	$\sigma dx_h(m)$	ω
GCP1	0.055	0.046	1.205
GCP2	0.050	0.042	1.194
GCP04	0.048	0.047	1.029
GCP5	-0.046	0.042	1.104
GCP6	0.013	0.038	0.341
GCP7	0.021	0.033	0.642
GCP8	0.004	0.043	0.093
GCP9	-0.067	0.042	1.608
GCP10	-0.072	0.049	1.458
GCP11	-0.027	0.047	0.573
GCP13	-0.031	0.045	0.685
GCP14	-0.041	0.046	0.890

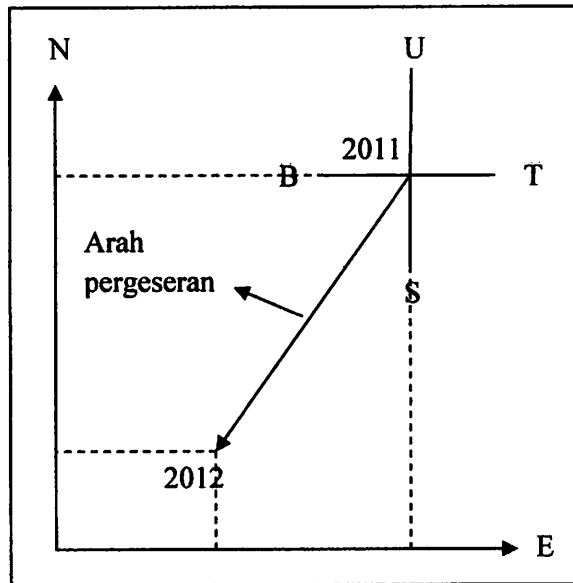
ID	$dx_h(m)$	$\sigma dx_h(m)$	ω
GCP15	0.003	0.043	0.070
GCP16	-0.033	0.048	0.689
GCP17	-0.043	0.042	1.022
GCP18	0.011	0.047	0.234
GCP19	-0.028	0.047	0.600
GCP20	-0.012	0.044	0.270
GCP22	-0.028	0.047	0.594
GCP23	0.067	0.050	1.334
GCP25	-0.004	0.051	0.079
GCP26	-0.010	0.055	0.183
GCP28	-0.036	0.070	0.512

Pada perhitungan uji statistik menggunakan distribusi normal untuk vektor pergeseran vertikal seluruh titik menerima H_0 menolak H_a . Yang berarti pada titik titik tersebut tidak mengalami deformasi.

IV.1.5 Gambar Vektor Deformasi

Gambar vektor deformasi uji statistik dari hitungan pada sub bab IV.2.2 adalah sebagai berikut.

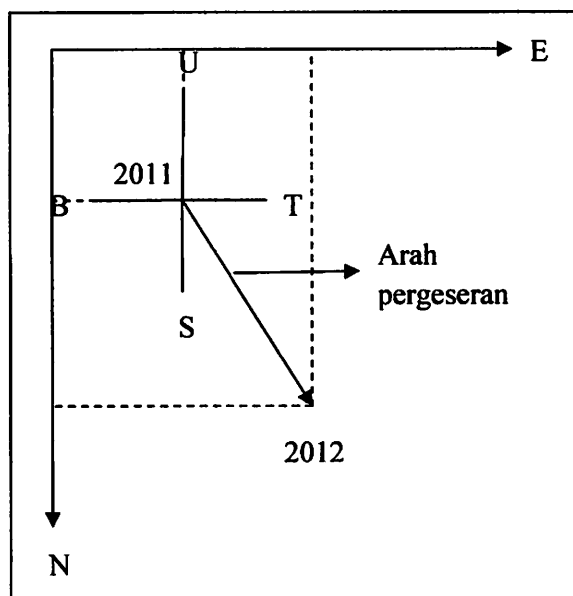
1. GCP 10



Gambar 4.3 Vektor deformasi GCP10.

- Tidak terjadi pergeseran arah vertikal.
- Besar vektor perubahan adalah 0.112 m dengan azimuth $202^{\circ}39'33.6''$.

2. GCP 28



Gambar 4.4 Vektor deformasi GCP28.

- Tidak terjadi pergeseran arah vertikal.
- Besar vektor perubahan adalah 0.149 m dengan azimuth $165^{\circ}35'23.6''$.

IV.2 Pembahasan

Pembahasan perhitungan vektor deformasi di DKI Jakarta pada tahun 2011

- tahun 2012 dan uji statistik sebagai berikut:

- Uji hipotesa dilakukan terhadap vektor deformasi dengan $H_0: dx_{EN} = 0$ dan $H_a: dx_{EN} \neq 0$. Hipotesa H_0 menyatakan tidak terjadi deformasi sedangkan hipotesa H_a menyatakan terjadi deformasi.
- Nilai ω setiap titik dibandingkan terhadap tabel distribusi normal dengan tingkat kepercayaan 95% bernilai 1.960. apabila nilai ω diatas nilai tabel maka mengalami deformasi. Sehingga dari 28 titik pantau terdapat dua (2) titik pantau yang mengalami pergeseran secara lateral

(GCP 10 dan GCP 28), dan tidak ada titik pantau yang mengalami pergeseran vertikal.

BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan mengenai pergeseran permukaan tanah (deformasi) di DKI Jakarta menggunakan data observasi GPS tahun 2011 dan data observasi GPS tahun 2012 adalah sebagai berikut.

1. Pergeseran terkecil yang dapat dideteksi dari metode yang digunakan dalam penelitian tergantung dari standart eror perhitungan tiap titik. Semakin kecil standart eror maka deformasi yang dapat dideteksi semakin kecil.
2. Ketelitian dari perhitungan deformasi juga dipengaruhi oleh kualitas pengukuran titik – titik pantau.
3. Hasil perhitungan uji statistik Distribusi Normal untuk koordinat UTM datum WGS 84 dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% menyatakan bahwa titik GCP 10 dan GCP 28 mengalami pergeseran lateral.
4. Hasil perhitungan uji statistik Distribusi Normal untuk tinggi ellipsoid dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% menyatakan bahwa titik – titik pantau tidak mengalami pergeseran 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. Untuk daerah yang luas, sebaiknya titik ikat (BM) lebih dari satu, agar hasil pengolahan data lebih akurat.
2. Dilakukan pengecekan terhadap titik BM yang akan digunakan sebagai titik kontrol.
3. Menggunakan alat GPS dual frekuensi.
4. Untuk hasil yang lebih baik pengolahan data menggunakan software ilmiah (GAMIT, BERNESE).
5. Penentuan titik pengamatan sebaiknya dicari tempat yang tidak banyak gangguan seperti pepohonan, banyak rumah, maupun banyak kendaraan besar yang bisa mengakibatkan ketidakstabilan *receiver* GPS.
6. Studi pergeseran (deformasi) permukaan tanah sebaiknya menggunakan data lebih dari dua periode sehingga dapat diketahui pola pergeserannya tanahnya.
7. 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. 2000. *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. P.T. Pradnya Paramita, Jakarta. Edisi ketiga. ISBN 978-979-408-377-2.
- Abidin, H.Z.dkk. 2011. Analisa Deformasi Permukaan Patahan Aktif Segmen Seulimum dan Segmen Aceh. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Kebencanaan TDMRC-Unsyiah, Banda Aceh, 13 – 19 April 2011.
- Abidin, H.Z.dkk. 2006. Karakteristik Deformasi Gunungapi Ijen dalam Periode 2002-2005 Hasil Estimasi Metode Survei GPS. PROC. ITB Sains & Tek, Vol. 39 A, No. 1&2, 2007, 1-22.
- Abidin, H.Z, Andrew Jones, Kahar. J, 2002. *SURVEI DENGAN GPS*. PRADNYA PARAMITA. Jakarta.
- Ali H. Fagir, Mudathir O. Ahmed. *A Procedure For Detection Of Deformations Using Survei Control Networks*, Sudan University of Science & Technology.
- Andreas,Heri.2007. KARAKTERISTIK DEFORMASI Strain dan Stress. ITB: bandung.
- Artikel, <http://yudopotter.wordpress.com/2009/05/06/faktor-faktor-penyebab-penurunan-muka-tanah-land-subsidence>. (diakses tanggal 2 oktober 2013).
- Basuki, Slamet., 2011,Ilmu Ukur Tanah, Edisi Revisi, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Baarda,W.1967. *Statistical consept in geodesy*. "Netherland Geod.Com.Publ.on Geodesy.New Series 2,No.4,Delft , Netherland.
- Baarda,W.1968. *A testing procedure for use in geodetic network*. "Netherland Geod.Com.Publ.on Geodesy.New Series 2,No.5,Delft , Netherland.
- Caspary, w.f. 1987. Concepts of Networks and Deformations Analysis, Monograph No.21, the university of New South Wales, School of Surveying.
- C. D. Ghilani and P. R. Wolf. 2006. *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*. John Wiley & Sons, New York.
- Kahar,S.2006.Pengukuran Untuk Mendeteksi Deformasi Bangunan Sipil.Fakultas Teknik UNDIP
- Kelompok Keilmuan Geodesi , 2006, Studi Deformasi Bendungan Jatiluhur dengan GPS, Glossary Geodesi, http://geodesy.gd.itb.ac.id/?page_id=95. [Diakses tanggal 20 November 2013]
- Kuang, Shanlong., 1996. *Geodetic network analysis and optimal design: Concepts And applications*, Ann Arbor Press, Chelsea, Mich.

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

NIMA TR8350.2 3rd Edition, <http://earthinfo.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/wgs84fin.pdf>, (diakses tanggal 21 November 2013)

Setyadji. B, 2005, *Hitung Perataan I*. Fakultas Teknik Jurusan Geodesi. ITB: Bandung.

Tita, 2009. <http://tita.wordpress.com/pengujian-hipotesis-distribusi-uji-t-dan-f-pada-model-regresi-berganda/> (2 oktober 2013).

Wonnacott, Ronald J., Thomas H. 1991. Pengantar Statistika. Erlangga. Jakarta. Edisi Keempat.

Yuli Handoko, Eko. 2004. PENDIDIKAN DAN PELATIHAN (DIKLAT) TEKNIS PENGUKURAN DAN PEMETAAN KOTA. Institut Teknologi Sepuluh November : Surabaya