

SKRIPSI

ANALISA PENURUNAN PERMUKAAN TANAH (LAND SUBSIDENCE) MENGGUNAKAN PERHITUNGAN METODE LOCALIZATION

(Studi Kasus : Wilayah DKI Jakarta)



Disusun oleh :

**ADKHA YULIANANDHA MABRUR
11.25.906**

**JURUSAN TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2013**

3043
501743
KEMENTERIAN PERTANAHAN
KEMENTERIAN PERTANAHAN
KEMENTERIAN PERTANAHAN
KEMENTERIAN PERTANAHAN

11'33'000
KEMENTERIAN PERTANAHAN
KEMENTERIAN PERTANAHAN

KEMENTERIAN PERTANAHAN
KEMENTERIAN PERTANAHAN
KEMENTERIAN PERTANAHAN
KEMENTERIAN PERTANAHAN

3043

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PENURUNAN PERMUKAAN TANAH (*LAND SUBSIDENCE*)
MENGUNAKAN PERHITUNGAN METODE LOCALIZATION
(*Studi Kasus : Wilayah 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**

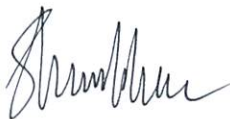
Oleh :

ADKHA YULIANANDHA MABRUR

11.25.906

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Agus Darpono, MT)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



(Ir. Agus Darpono, MT)



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

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

NI (PERSERO) MALANG
ANK NIAGA MALANG

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

ANALISA PENURUNAN PERMUKAAN TANAH (*LAND SUBSIDENCE*)

MENGUNAKAN PERHITUNGAN METODE LOCALIZATION

(Studi Kasus : Wilayah DKI Jakarta)

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 :

ADKHA YULIANANDHA MABRUR

11.25.906

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Ir. Agus Darpono, MT)

Sekretaris

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Anggota Penguji

Penguji I

(Ir. Agus Darpono, MT)

Penguji II

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

Penguji III

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

**ANALISA PENURUNAN PERMUKAAN TANAH (LAND SUBSIDENCE)
MENGUNAKAN PERHITUNGAN METODE LOCALIZATION
(Studi Kasus : Wilayah DKI Jakarta)**

Adkha Yulianandha Maburr (1125906)

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

Dosen Pembimbing 2 : Ir. Agus Darpono, MT

Abstraksi

Salah satu penyebab turunnya tanah di Jakarta adalah eksploitasi air tanah yang berlebih. Sejak awal abad ke-20, penduduk Jakarta memanfaatkan air tanah untuk memenuhi kebutuhan air minum, maupun kebutuhan industri pabrik. Namun seiringnya waktu, kebutuhan air meningkat, sehingga pemanfaatan air tanah juga meningkat. Peningkatan pemanfaatan air tanah menyebabkan turunnya tanah di Jakarta. Setiap tahunnya di DKI Jakarta mengalami penurunan tanah, maka perlu adanya pemantauan seberapa besar indikasi penurunan tanah di DKI Jakarta pada tahun 2011 sampai 2012.

Melalui penelitian ini, pengujian indikasi penurunan tanah di DKI Jakarta menggunakan data pengukuran leveling tahun 2011 dan 2012. Perhitungan perataan tinggi menggunakan metode perataan kuadrat terkecil (least square adjustment), kemudian uji statistik hasil perataan tinggi menggunakan distribusi chi square. Sedangkan perhitungan deformasi menggunakan metode global test dan local test serta uji statistik deformasi menggunakan distribusi F.

Nilai dari perhitungan uji statistik dengan menggunakan metode localization (local test) omega (ω) menyatakan tingkat perubahan deformasi yang terjadi. Apabila nilai omega (ω) dibawah nilai tabel F-Test maka berarti tidak mengalami deformasi, dan apabila nilai omega (ω) diatas nilai tabel F-Test maka berarti mengalami deformasi. Dalam hal ini nilai dari uji F test dengan signifikan level (tingkat kepercayaan) 95% adalah 2.82, sehingga dari 17 titik pantau terdapat satu titik yang omega (ω) dibawah nilai F-test yaitu titik GCP 28 sebesar 1.01745592 . Hal ini berarti bahwa hasil uji local test mendeteksi bahwa ada satu titik yang menerima H_0 dengan ini menunjukkan bahwa pada titik pantau tersebut tidak mengalami deformasi. Dari dua uji tersebut menunjukkan bahwa terjadi deformasi tanah di DKI Jakarta pada tahun 2011-2012. Hasil perhitungan deformasi menunjukan adanya indikasi penurunan tanah sebesar 5,2 cm

Kata Kunci: DKI Jakarta, penurunan tanah, uji statistik.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Adkha Yulianandha Mabror
NIM : 11.25.906
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

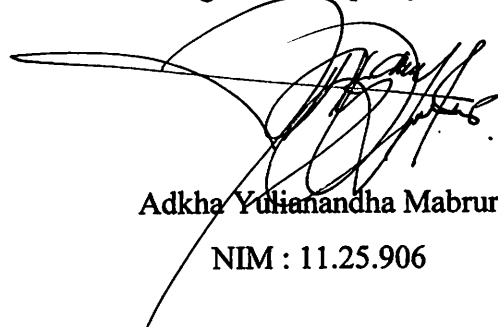
Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul

**“ANALISA PENURUNAN PERMUKAAN TANAH (*LAND SUBSIDENCE*)
MENGUNAKAN PERHITUNGAN METODE LOCALIZATION
(*Studi Kasus : Wilayah 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, 17 Juli 2013

Yang membuat pernyataan



Adkha Yulianandha Mabror

NIM : 11.25.906



*“Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih
lagi Maha Penyayang”*

Skripsi ini penulis persembahkan kepada :

“Ayahanda Mochamad Makis dan Ibunda Nuryati yang selama ini tidak
pernah lelah memberikan kasih sayang dan doa hingga saat ini”.

“kakak tercinta Wanvanna ND, yang selalu mengingatkan penulis untuk
selalu belajar”.

“Keluarga besar penulis di kampung yang selalu memberikan semangat”.

“kekasihku Irvania Sukma Kumala yang selalu mendampingi dan memberi
dukungan.”

Serta teman2 yang selalu membantu disaat kesulitan.

Kebahagiaan datang jika kita berhenti mengeluh tentang kesulitan-
kesulitan yang kita hadapi, dan mengucapkan terima kasih atas kesulitan-
kesulitan yang tidak menimpa kita.

Tempat untuk berbahagia itu di sini. Waktu untuk berbahagia itu kini.

Cara untuk berbahagia ialah dengan membuat orang lain berbahagia. –

Robert G. Ingersoll

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT Sang Pencipta semesta alam, karena hanya dengan segala rahmat dan hidayah-NYA, penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul "Analisis Penurunan Permukaan Tanah (Land Subsidence) Menggunakan Perhitungan Metode Localization (*Study Kasus : Wilayah DKI Jakarta*)", 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 Ir. Soeparno Djiwo, MT selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Dr. Ir. Kustamar, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Agus Darpono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang.
4. Bapak Silvester Sari Sai, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Ir. Agus Darpono, MT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Segenap dosen, staf pengajar dan *recording* Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
7. Kedua orang tuaku Suranto, SE dan Dra. Sri Purwanti yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa.

8. Rekan-rekan, sahabat, dan semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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, 17 Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

Judul	i
Lembar Persetujuan	ii
Lembar Pengesahan	iii
Abstraksi	iv
Lembar Pernyataan Keaslian Skripsi	v
Lembar Persembahan.....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Tinjauan Pustaka	3
BAB II DASAR TEORI	5
2.1. Sistem dan Kerangka Kontrol	5
2.1.1. Kerangka Kontrol Horizontal	6
2.1.1.1. Metode Triangulasi	6
2.1.1.2. Metode Trilaterasi	7
2.1.1.3. Metode Poligon	8

2.1.2. Kerangka Kontrol Vertikal	10
2.1.2.1. Metode Pengukuran Sipat Datar	10
2.1.2.2. Ketelitian Pengukuran Sipat Datar	14
2.1.2.3. Metode Pengukuran Trigonometri	15
2.1.2.4. Metode Pengukuran Barometris	16
2.2. Sistem dan Kerangka Koordinat	16
2.3. Penurunan Permukaan Tanah (<i>Land Subsidence</i>)	18
2.3.1. Pengertian Penurunan Permukaan Tanah (<i>Land Subsidence</i>)	18
2.3.1. Faktor-Faktor Penyebab Penurunan Muka Tanah	20
2.3.2. Teknik Pemantauan Land Subsidence	21
2.3.3. Teknik Pemantauan Land Subsidence dengan Metode Levelling.....	21
2.3.4. Metode Pengamatan Deformasi	22
2.4. Hitung Perataan Kuadrat Terkecil (<i>Least Square Adjusment</i>)	24
2.4.1. Sistem Persamaan Kuadrat Terkecil (<i>Least Square Adjusment</i>)	26
2.4.2. Bobot Pengamatan Dari Varians	28
2.5. Uji Statistik untuk Penentuan Deformasi	29
2.5.1. Distribusi <i>Chi Square</i>	30
2.5.2. Distribusi F.....	31
2.5.3. Uji Hipotesa	33
2.5.4. <i>Metode Global Test</i>	34
2.5.5. <i>Metode Local Test (Metode Localization)</i>	36
 BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN	 38
3.1. Peralatan Penelitian	38
3.2. Bahan Penelitian	38
3.2.1. Gambar Jalur Pengukuran Levelling	40
3.3. Diagram Alir Penelitian	42
3.3.2. Keterangan Diagram Alir	43

3.4. Perhitungan Tinggi Titik Pantau Tahun 2012 (<i>Standard Error</i>).....	44
3.4.1. Data Pengukuran Levelling Tahun 2011	44
3.4.2. Perhitungan Penutup Tinggi Tahun 2011	45
3.4.3. Perhitungan Perataan Tinggi Tahun 2011	47
3.4.4. Perhitungan Uji Statistik <i>Chi Square</i> Tahun 2011	55
3.5. Perhitungan Tinggi Titik Pantau Tahun 2012 (<i>Standard Error</i>).....	57
3.5.1. Data Pengukuran Levelling Tahun 2012.....	57
3.5.2. Perhitungan Penutup Tinggi Tahun 2012	58
3.5.3. Perhitungan Perataan Tinggi Tahun 2012	59
3.5.4. Perhitungan Uji Stastistik <i>Chi Square</i> Tahun 2012	66
3.6. Perhitungan Deformasi dan Uji Statistik.....	68
3.6.1. Tabel Hasil Elevasi Tahun 2011 dan Tahun 2012	68
3.6.2. Input Data Hasil Perhitungan Elevasi.....	68
3.6.3. Perhitungan Nilai Vektor Deformasi	70
3.6.4. Perhitungan Uji Statistik Metode Global Test.....	71
3.6.5. Perhitungan Uji Statistik Metode Local Test (<i>Metode Localization</i>)	75
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	81
4.1 Hasil Penelitian	81
4.1.1. Hasil Perhitungan Penutup Tinggi 2011	81
4.1.2. Hasil Perhitungan Penutup Tinggi 2012.....	83
4.1.3. Hasil Perhitungan Data Levelling Tahun 2011 – 2012.....	84
4.1.3.1. Hasil Perataan Tinggi Data Tahun 2011.....	84
4.1.4.2. Hasil Perataan Tinggi Data Tahun 2012.....	86
4.1.4.3. Hasil Nilai Vektor Deformasi	88
4.2 Pembahasan	92
4.2.1. Pembahasan Hasil Perhitungan Penutup Tinggi 2011	92
4.2.2. Pembahasan Hasil Perhitungan Penutup Tinggi 2012	93

4.2.3. Pembahasan Hasil Hitung Perataan Tahun 2011 dan 2012	93
4.2.4. Pembahasan Perhitungan Vektor Deformasi dan Uji Statistik	94
BAB V PENUTUP	95
5.1. Kesimpulan	95
5.2. Saran	96

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Pencatatan Penurunan Muka Tanah di Berbagai Negara*)	19
Tabel 3.1. Data pengukuran leveling 2011	45
Tabel 3.2. Data perhitungan looping 1 tahun 2011.....	46
Tabel 3.3. Data perhitungan looping 2 tahun 2011.....	46
Tabel 3.4. Data perhitungan looping 3 tahun 2011.....	47
Tabel. 3.5. Persamaan matriks jacobian (A)	48
Tabel.3.6. Persamaan matriks jacobian (A)	49
Tabel 3.7. Hasil nilai parameter (X) tinggi titik kontrol survei tahun tahun 2011	52
Tabel 3.8. Hasil residu pengukuran tahun 2011	53
Tabel 3.9. Hasil standart deviasi setiap titik pengamatan	54
Tabel 3.10. Data pengukuran leveling 2012	57
Tabel 3.11. Data perhitungan looping 1 tahun 2012.....	58
Tabel 3.12. Data perhitungan looping 2 tahun 2012	59
Tabel 3.13. Data perhitungan looping 3 tahun 2012	59
Tabel. 3.14. Persamaan matriks jacobian (A)	60
Tabel.3.15. Persamaan matriks jacobian (A)	61
Tabel 3.16. Hasil nilai parameter (X) tinggi titik kontrol survei tahun tahun 2012..	64
Tabel 3.17. Hasil residu pengukuran tahun 2012.....	65
Tabel 3.18. Hasil perhitungan tinggi tahun 2011 dan 2012	68

Tabel 3.19. Nilai vektor deformasi dan ketelitiannya	71
Tabel 3.20. Nilai tinggi dan varians	76
Tabel 3.21. Nilai uji statistik localization	77
Tabel 4.1. Perhitungan Kesalahan Penutup Beda Tinggi Hasil Survei Waterpass Tahun 2011	81
Tabel 4.2. Perhitungan Kesalahan Penutup Beda Tinggi Hasil Survei Waterpass Tahun 2012	83
Tabel 4.3. Hasil Nilai Parameter (X) Tinggi Titik Hasil Survei Tahun 2011	84
Tabel 4.4. Hasil Nilai Residu Pengukuran Tahun 2011	85
Tabel 4.5. Hasil Nilai Parameter (X) Tinggi Titik Hasil Survei Tahun 2012.....	86
Tabel 4.6. Hasil Nilai Residu Pengukuran Tahun 2012	87
Tabel. 4.7. Vektor Deformasi Menggunakan Bobot Pengukuran.....	88
Tabel 4.8. Nilai uji statistik localization	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pengukuran Triangulasi dikutip dari Plengdut-pustaka online.	7
Gambar 2.2. Pengukuran Trilaterasi (Rinha, 2011).....	8
Gambar 2.3. Poligon tertutup (Basuki, S., 2006).	9
Gambar 2.4. Pengukuran sipat datar	11
Gambar 2.5. Pengukuran sipat datar	11
Gambar 2.6. Pengukuran sipat datar	12
Gambar 2.7. Pengukuran sipat datar berantai	13
Gambar 2.8. Pengukuran Trigonometrik	15
Gambar 2.9. Pendefinisian sistem koordinat WGS 84 (NIMA, 2000).....	17
Gambar 2.10. Tinggi elipsoid dan tinggi orthometrik	18
Gambar 2.11. Jaring absolut.	23
Gambar 2.12. Jaring relatif.	23
Gambar. 2.13. Distribusi χ^2	31
Gambar 2.14. Distribusi F	32
Gambar 2.15. Kurva statistik distribusi F	34
Gambar.3.1. Persebaran titik-titik tinggi untuk penelitian menggunakan <i>aplikasi Google Earth (2012)</i>	39
Gambar 3.2. Jalur pengukuran leveling pada tahun 2011.	40
Gambar 3.3. Jalur pengukuran leveling pada tahun 2012	41

Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian	42
Gambar.3.5. Input nilai <i>chi distribution</i> pengujian 2011.	55
Gambar.3.6. Hasil nilai <i>upper chi distribution</i> pengujian 2011.....	56
Gambar.3.7. Hasil nilai <i>lower chi distribution</i> pengujian 2011.	56
Gambar. 3.8. Input nilai <i>chi distribution</i> pengujian 2012	66
Gambar.3.9. Hasil nilai <i>upper chi distribution</i> pengujian 2012.....	67
Gambar.3.10. Hasil nilai <i>lower chi distribution</i> pengujian 2012	67
Gambar. 3.11. Tampilan <i>software stats version 3.0</i>	73
Gambar. 3.12. Tampilan <i>F distribution</i>	74
Gambar. 3.13. Input nilai <i>F distribution</i>	74
Gambar. 3.14. Hasil tabel <i>F-Test</i>	74
Gambar.3.15. Kurva statistik distribusi F	74
Gambar. 3.16. Tampilan <i>software stats version 3.0</i>	78
Gambar. 3.17. Tampilan <i>F distribution</i>	79
Gambar. 3.18. Input nilai <i>F distribution</i>	79
Gambar. 3.19. Hasil tabel <i>F-Test</i>	79
Gambar.3.20. Kurva statistik distribusi <i>F-Test</i> GCP 28	79
Gambar 4.1. Posisi Horisontal	89
Gambar 4.2. Perubahan Vertikal	89
Gambar 4.3. Posisi Horisontal	89
Gambar 4.4. Perubahan Vertikal	89

Gambar 4.5. Posisi Horisontal 90

Gambar 4.6. Perubahan Vertikal 90

Gambar 4.7. Posisi Horisontal 90

Gambar 4.8. Perubahan Vertikal 90

Gambar 4.9. Posisi Horisontal 91

Gambar 4.10. Perubahan Vertikal 91

Gambar 4.11. Posisi Horisontal 91

Gambar 4.12. Perubahan Vertikal 91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Penurunan tanah (*Land subsidence*) adalah salah satu dari deformasi vertikal kerak bumi sebagai konsekuensi dari kerak dinamika. Penurunan tanah mengubah posisi vertikal (ketinggian/elevasi) dari titik kontrol tanah sebagai titik acuan untuk semua karya rekayasa, dan yang juga mempengaruhi struktur dari semua infrastruktur dan kegiatan terkait lainnya di daerah tersebut. Penurunan tanah merupakan permasalahan utama yang dihadapi beberapa kota besar seperti Jakarta (Djaja,dkk,2004) dan Semarang (Abidin,dkk,2010). Perkembangan kota memberikan dampak yang besar terhadap terjadinya penurunan tanah, selain faktor fisik seperti tektonisme, dan konsolidasi tanah. Kota-kota seperti Jakarta, Semarang dan Surabaya mengalami perkembangan pembangunan yang sangat pesat sebagai pusat bisnis, perdagangan, hiburan dan tempat tinggal berkembang. Perkembangan inilah yang juga dapat mempengaruhi penurunan tanah. (Abidin,dkk.2010). Pengamatan penurunan tanah di Kota DKI Jakarta dibutuhkan untuk melihat kecenderungan pada pola geometrik dan pola fisik yang terjadi.

Dari studi penurunan tanah yang dilakukan selama ini, diidentifikasi ada beberapa faktor penyebab terjadinya penurunan tanah yaitu pengambilan air tanah yang berlebihan, penurunan karena beban bangunan, penurunan karena adanya konsolidasi alamiah dari lapisan-lapisan tanah, serta penurunan karena gaya-gaya tektonik.

Menurut data yang menunjukkan besaran kuantitatif subsidence di Jakarta, sejak 1974-2010 ditemukan fakta telah terjadi penurunan muka tanah hingga 4,1 meter, dan itu terjadi di wilayah Muara Baru, Cilincing, Jakarta Utara. Sedangkan, data itu pun menyebutkan sejumlah wilayah lainnya seperti di Cengkareng Barat 2,5 meter, Daan Mogot 1,97 meter, Ancol 1,88 meter (titik pantau di area wisata Ancol), Cempaka Mas 1,5 meter, Cikini 0,80 meter dan Cibubur 0,25 meter. Diketahui sejak 1974-1982 land subsidence belum terjadi begitu signifikan seperti saat ini, karena penggunaan air tanah belum begitu banyak dan bangunan juga

masih sedikit. Sedangkan mulai 1982-1991 mulai turun dan 1991-2010 semakin meluas penurunannya. Faktanya, apabila pemakaian air tanah dihentikan, penurunan muka tanah tetap akan terjadi selama 10-15 tahun. Sehingga diperkirakan Jakarta bisa mengalami penurunan tanah hingga 6,6 meter pada 2030. Inilah yang membuat sejumlah peneliti menyatakan Jakarta diprediksi akan tenggelam pada tahun tersebut (Aquinta, 2011).

Mengacu pada pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa informasi penurunan tanah sangat diperlukan di setiap wilayah, khususnya wilayah berkembang seperti kota – kota besar. Adapun Teknik pemantauan penurunan tanah (*Land subsidence*) menurut H. Ali Fagir dan Mudathir O. Ahmed salah satunya ialah dengan Metode Global test dan Metode Lokalization. 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 digunakan untuk menghitung perpindahan (deformasi) vektor dan terkait varians matriks kovarians. Dengan mempelajari pola dan kecepatan perubahan ketinggian dari titik-titik tersebut dari survei satu ke survei berikutnya, maka karakteristik land subsidence atau penurunan tanah akan dapat dihitung dan dipelajari lebih lanjut.

1.2. Perumusan Penelitian

Pada penelitian ini akan melakukan analisa tentang penurunan tanah yang berada di DKI Jakarta. Hasil akhir yang akan dicari adalah untuk memperoleh informasi secara akurat tentang besar dan arah (vektor) penurunan tanah. Vektor penurunan tanah ditentukan berdasarkan data temporal hasil pengukuran Waterpass untuk penentuan posisi vertikal (H). Data pengukuran Waterpass sejumlah 28 sebaran titik pantau secara temporal pada tahun 2011 dan 2012 maka dapat diketahui nilai penurunan tanah (dH). Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan cara melakukan pengujian pada masing – masing titik pantau. Apabila nilai dH sama dengan nol maka pada titik tesebut tidak terjadi

penurunan, dan sebaliknya jika nilai dH tidak sama dengan nol maka terjadi penurunan pada titik tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Memperoleh data beda tinggi (dH) dan tinggi *orthometrik* (H) secara berkala pada tahun 2011 dan 2012 dari sebaran titik pengamatan.
- b. Menentukan vector deformasi penurunan permukaan tanah yang terjadi di DKI Jakarta pada tahun 2011 sampai 2012.
- c. Melakukan analisa perhitungan vektor deformasi menggunakan Metode Localization

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah yang akan dibahas yaitu antara lain:

- a. Data beda tinggi (dH) dan tinggi *orthometrik* (H) bereferensi datum *Geoid* hasil dari pengukuran beda tinggi menggunakan waterpas (levelling) dengan titik referensi BM Ancol.
- b. Perhitungan pergerakan vektor dH berdasarkan pengukuran levelling tahun 2011 dan tahun 2012

1.5. Tinjauan Pustaka

Penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini adalah **"Penurunan Tanah (*Land Subsidence*) dan Pembangunan Perkotaan di Jakarta (Indonesia)"** oleh Hasanuddin Z. ABIDIN, Heri ANDREAS, Irwan GUMILAR and Mohammad GAMAL, Indonesia, Yoichi FUKUDA and T. DEGUCHI, Japan. Menyebutkan bahwa Jakarta mereda pada tingkat yang berbeda. Selama periode 1982-1997, mulai penurunan 20-200 cm terbukti di beberapa tempat di Jakarta. Secara umum penurunan tanah data spasial dan temporal variasi, dengan tingkat sekitar 1 sampai 15 cm / tahun. Beberapa lokasi dapat memiliki tingkat penurunan hingga sekitar 20-25 cm / tahun. Ada empat yang berbeda jenis *land subsidence* yang dapat diharapkan terjadi di Jakarta, yaitu: subsidensi akibat ekstraksi air tanah, *subsidence* yang disebabkan oleh

beban konstruksi (yaitu, penyelesaian tanah kompresibilitas tinggi), penurunan yang disebabkan oleh konsolidasi alami aluvial tanah dan penurunan tektonik. Ditemukan bahwa spasial dan temporal variasi penurunan tanah tergantung pada variasi sesuai ekstraksi air tanah, ditambah dengan karakteristik lapisan sedimen dan beban bangunan di atasnya. makalah ini membahas hubungan antara penurunan tanah dan kegiatan pembangunan perkotaan di Jakarta.

H. Ali Fagir dan Mudathir O. Ahmed, Sudan Universitas Sains & Teknologi, Fakultas Teknik menuliskan dalam artikel mereka **“Sebuah Prosedur Untuk Deteksi Deformasi Menggunakan Jaringan Survey Kontrol”** bahwa Survey jaringan kontrol yang digunakan untuk mendeteksi deformasi pada area spesifik oleh pengukuran yang dilakukan pada epoch yang berbeda. Perbedaan koordinat stasiun, diperoleh dari penyesuaian kuadrat terkecil, dibandingkan untuk menilai jika deformasi besarnya ditentukan ada. Secara tradisional tes global (tes kongruensi global) dilakukan sehingga untuk mendeteksi jika area jaringan telah mengalami perubahan dalam bentuk (pengangkatan atau penurunan) karena sebab-sebab yang dibuat alam atau manusia. Sebagai langkah berikutnya, metode lokalisasi yang digunakan untuk menentukan deformasi pada titik tertentu dalam hal terdapat perubahan bentuk.

Pada penelitian ini penulis ingin melakukan penelitian penurunan tanah (*Land Subsidence*) dengan menggunakan data pengukuran Waterpass (leveling) serta perhitungan dengan metode yang berbeda dari sebelumnya untuk mengetahui nilai penurunan lahan yang berada di DKI Jakarta tahun 2012.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Kerangka Kontrol Peta

Pengukuran awal dari pekerjaan pemetaan adalah pengadaan titik-titik kerangka dasar pemetaan (TKDP) yang cukup merata yang cukup merata di daerah yang akan di petakan. TKDP ini akan di jadikan ikatan dari detil-detil yang merupakan obyekdari unsur-unsur yang ada di permukaan bumi yang akan di gambarkan dalam peta. Apabila kerangka peta ini baikdalam arti bentuk, distribusi dan ketelitian nya sesuaidengan yang di harapkan, maka bisa di harapkan peta yang akan di hasilakan juga baik. Namun sebaliknya, apabila kerangka dasar pemetaannyatidak baik, peta yang di hasilkan juga di ragukan kualitasnya. (kerangka dasar pemetaan, slamet basuki, 2006) Untuk Pemetaan diperlukan adanya kerangka peta, yaitu terdiri dari titik-titik pasti di permukaan bumi yang tertentu didalam hubungan horizontal koordinat-koordinatnya (X,Y) dan hubungan vertikal yang menunjukkan ketinggian (Z). Peta yang digunakan sebagai perencanaan harus baik dan benar yang berarti pemberian informasi dari peta harus sesuai dengan keadaan yang sebenarnya dari permukaan bumi. Peta yang disajikan dalam bidang datar, sehingga posisi titik-titik yang dimuat di dalam peta dinyatakan dengan kordinat-koordinat pada bidang datar pula. Penentuan koordinatnya dilakukan dengan mengadakan pengukuran jarak dan arah jurusan, yaitu secara triangulasi, trilaterasi, poligon dan triangulaterasi. Titik-titik dinyatakan dalam sistem koordinat (X,Y) dan (Z) untuk ketinggian dari permukaan laut rata-rata. (kerangka dasar pemetaan, <http://mazprie82geodesi.blogspot.com>,2010)

Peta yang disajikan dalam bidang datar, sehingga posisi titik-titik yang dimuat di dalam peta dinyatakan dengan kordinat-koordinat pada bidang datar pula. Penentuan koordinatnya dilakukan dengan mengadakan pengukuran jarak dan arah jurusan, yaitu secara triangulasi, trilaterasi, poligon dan triangulaterasi. Titik-titik

dinyatakan dalam sistem koordinat (X,Y) dan (Z) untuk ketinggian dari permukaan laut rata-rata.

Dalam pembuatan peta yang dikenal dengan istilah pemetaan dapat dicapai dengan melakukan pengukuran- pengukuran di atas permukaan bumi yang mempunyai bentuk tidak beraturan. Pengukuran-pengukuran dibagi dalam pengukuran yang mendatar untuk mendapat hubungan titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi (Pengukuran Kerangka Dasar Horizontal) dan pengukuran-pengukuran tegak guna mendapat hubungan tegak antara titik-titik yang diukur (Pengukuran Kerangka Dasar Vertikal) serta pengukuran titik-titik detail.

Kerangka dasar pemetaan untuk pekerjaan rekayasa sipil pada kawasan yang tidak luas, sehingga bumi masih bisa dianggap sebagai bidang datar, umumnya merupakan bagian pekerjaan pengukuran dan pemetaan dari satu kesatuan paket pekerjaan perencanaan dan atau perancangan bangunan. Titik- titik kerangka dasar pemetaan yang akan ditentukan terlebih dahulu koordinat dan ketinggiannya itu dibuat tersebar merata dengan kerapatan tertentu, permanen, mudah dikenali dan didokumentasikan secara baik sehingga memudahkan penggunaan selanjutnya

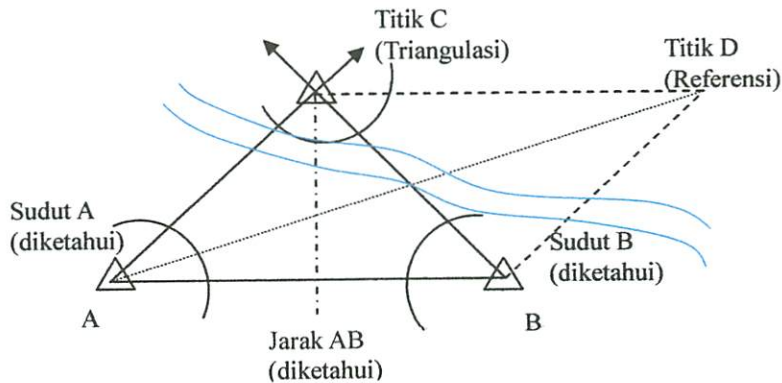
2.1.1. Kerangka Kontrol Horizontal

Untuk mendapatkan hubungan mendatar titik-titik yang diukur di atas permukaan bumi maka perlu dilakukan pengukuran mendatar yang disebut dengan istilah pengukuran kerangka dasar Horizontal. Jadi untuk hubungan mendatar diperlukan data sudut mendatar yang diukur pada skala lingkaran yang letaknya mendatar. Bagian-bagian dari pengukuran kerangka dasar horizontal adalah :

2.1.1.1. Metode Triangulasi

Triangulasi digunakan apabila daerah pengukuran mempunyai ukuran panjang dan lebar yang sama, maka dibuat jaring segitiga. Pada cara ini sudut yang diukur adalah sudut dalam tiap tiap segitiga. Metode Triangulasi metode ini juga disebut pengikatan kemuka. Untuk menentukan posisi titik C dengan cara triangulasi yang berada disebelah sungai maka; Garis Basis AB diukur jaraknya, alat ukur sudut

(teodolit) didirikan di titik A backsight ke titik C dengan bacaan $00^{\circ}00'00''$ lalu arahkan ke titik B baca sudut, ini adalah sudut a. (bisa juga backsight ke B, lalu arahkan ke C, tapi yang didapat sudut luar). setelah itu pindahkan alat ke titik B, backsight ke titik A lalu bidik titik C, baca sudut yang didapat, maka ini adalah sudut b.

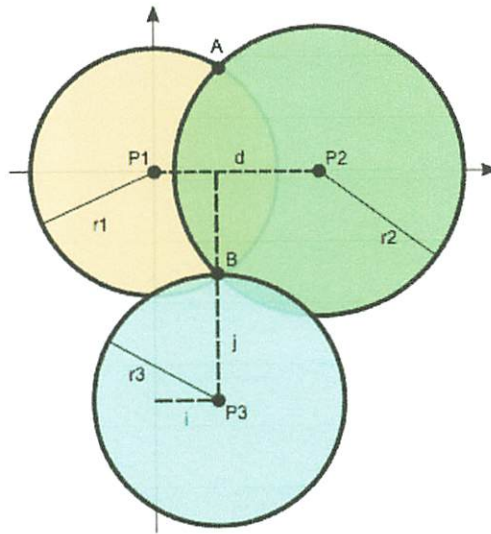


Gambar 2.1. Pengukuran Triangulasi dikutip dari Plengdut-pustaka online.

2.1.1.2. Metode Trilaterasi

Metode Trilaterasi yaitu serangkaian segitiga yang seluruh jarak jaraknya diukur di lapangan. Pada jaring segitiga akan selalu diperoleh suatu titik sentral atau titik pusat. Pada titik pusat tersebut terdapat beberapa buah sudut yang jumlahnya sama dengan 360 derajat.

Trilaterasi itu sendiri adalah proses mencari koordinat sebuah titik berdasarkan jarak titik tersebut ke minimal 3 buah koordinat yang sudah diketahui. misalkan kita ingin mengetahui koordinat titik B, dan koordinat dari titik P1, P2 dan P3 sudah diketahui. dengan mengukur r_1 (jarak antara B dengan P1), maka koordinat B pasti terletak pada keliling lingkaran dengan jari-jari r_1 . lalu dengan mengukur r_2 (jarak antara B dengan P2), maka koordinat titik pasti terletak di A atau di B, yang merupakan perpotongan antara kedua lingkaran. ketika diukur jarak r_3 (jarak antara B dengan P3), kita sudah mendapatkan sebuah titik B, yang merupakan perpotongan antara ketiga buah lingkaran.



Gambar 2.2. Pengukuran Trilaterasi (Rinha, 2011).

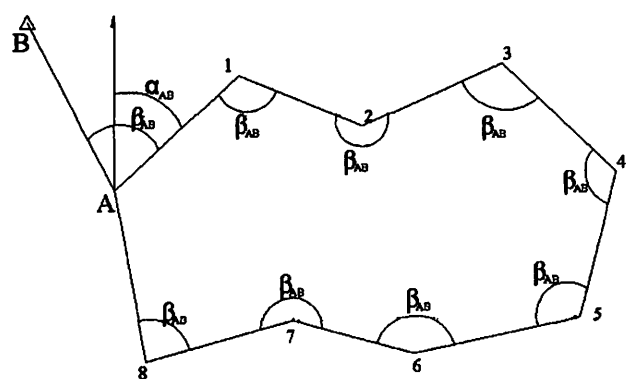
2.1.1.3. Metode Poligon

Pengukuran dan Pemetaan Poligon merupakan salah satu pengukuran dan pemetaan kerangka dasar horizontal yang bertujuan untuk memperoleh koordinat planimetris (X,Y) titik-titik pengukuran

Poligon digunakan apabila titik - titik yang akan di cari koordinatnya terletak memanjang sehingga terbentuk segi banyak (poligon). Pengukuran dan Pemetaan Poligon merupakan salah satu pengukuran dan pemetaan kerangka dasar horizontal yang bertujuan untuk memperoleh koordinat planimetris (X,Y) titik - titik pengukuran. Pengukuran poligon sendiri mengandung arti salah satu metode penentuan titik diantara beberapa metode penentuan titik yang lain. Untuk daerah yang relatif tidak terlalu luas, pengukuran cara poligon merupakan pilihan yang sering di gunakan, karena cara tersebut dapat dengan mudah menyesuaikan diri dengan keadaan daerah/lapangan. Semua sudut dan sisi pada poligon tertutup harus diukur. Sehingga apabila berbentuk segi n maka akan ada n ukuran sudut dan n ukuran jarak. Untuk keperluan proses hitungan koordinat titik poligon, salah satu titik

poligon perlu diketahui koordinatnya, juga salah satu sisi poligon perlu diketahui azimuthnya.

Jumlah titik poligon tertutup tergantung dari keadaan lokasi yang akan dipetakan. Maka dari itu syarat geometris dari poligon tertutup adalah (Basuki, 2006):



Gambar 2.3. Poligon tertutup (Basuki, S., 2006).

1. Syarat sudut

$$\sum_{i=1}^n \beta = (n - 2) \cdot 180^{\circ}, \text{ apabila sudut dalam.....(2.1)}$$

$$\sum_{i=1}^n \beta = (n + 2) \cdot 180^{\circ}, \text{ apabila sudut luar.....(2.2)}$$

2. Syarat absis

$$fx = \sum_{i=1}^n d \sin \alpha = 0$$

$$fy = \sum_{i=1}^n d \cos \alpha = 0.....(2.3)$$

Rumus umum penentuan koordinat suatu titik poligon, misal titik 2 yang diikat dari titik 1 yang telah diketahui koordinatnya :

$$X_2 = X_1 + d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}$$

$$Y_2 = Y_1 + d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}.....(2.4)$$

Dalam poligon tertutup harus dihitung kesalahan penutup absis (fx) dan kesalahan penutup ordinat (fy) karena pada poligon tertutup syarat tersebut harus nol tapi pasti sangat sulit, sebagai koreksi kesalahan penutup absis dan ordinat tiap titik dapat dicari dengan rumus :

$$\Delta x_{i,i+1} = \frac{D_{i,i+1}}{\sum D_{i=1}^n} \times fx \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\Delta y_{i,i+1} = \frac{D_{i,i+1}}{\sum D_{i=1}^n} \times fy \dots\dots\dots(2.6)$$

Dari kesalahan tersebut hasilnya akan digunakan untuk mencari kesalahan penutup linear (*Misclosure Error*):

$$fl = \sqrt{fx^2 + fy^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

Selanjutnya dari persamaan II.7 maka dapat dicari nilai koreksi penutup linear dengan rumus :

$$koreksi\ penutup\ linear = \frac{fl}{\sum_{i=1}^n D} \dots\dots\dots(2.8)$$

2.1.2. Kerangka Kontrol Vertikal

Kerangka dasar vertikal merupakan teknik dan cara pengukuran kumpulan titik-titik yang telah diketahui atau ditentukan posisi vertikalnya berupa ketinggiannya terhadap bidang rujukan ketinggian tertentu. Tujuan dari pengukuran kerangka dasar vertikal ini pada dasarnya adalah menentukan tinggi titik suatu bidang tanah tertentu. Dalam pengukuran kerangka kontrol vertikal diperlukan alat berupa sipat datar (*waterpass*).

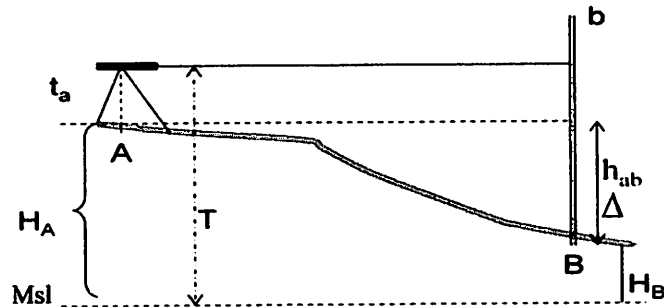
Sipat datar (*waterpass*) bertujuan menentukan beda tinggi antara titik-titik di atas permukaan bumi secara teliti. Tinggi suatu obyek di atas permukaan bumi ditentukan oleh suatu bidang referensi, yaitu bidang yang ketinggiannya dianggap nol. Dalam geodesi, bidang ini disebut bidang *geoid*, yaitu bidang *equipotensial* yang berimpit dengan permukaan air laut rata-rata (*mean sea level*). Pengukuran tinggi adalah menentukan beda tinggi antara dua titik (Basuki, S., 2006).

2.1.2.1. Metode Pengukuran Sipat Datar

Tiga metode cara penempatan alat penyipat datar yang dipakai sesuai keadaan lapangan, yang dibedakan berdasarkan tempat berdirinya alat menurut Basuki, S (2006) yakni:



1. Pada posisi tepat diatas salah satu titik yang akan ditentukan selisih tingginya.



Gambar 2.4. Pengukuran sipat datar

Keterangan:

A : titik di A

t_a : tinggi alat di titik A

T : tinggi garis bidik terhadap m.s.l (*mean sea level*)

H_A : tinggi titik A terhadap m.s.l (*mean sea level*)

b : bacaan rambu di titik B

H_B : tinggi titik di B terhadap m.s.l (*mean sea level*)

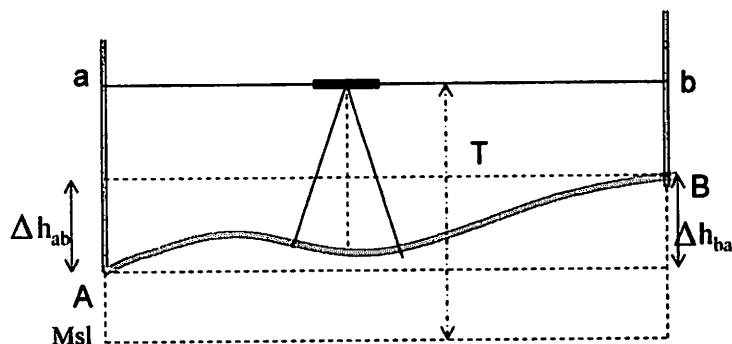
Δh_{ab} : beda tinggi dari titik A ke titik B

Rumus :

$$\Delta h_{ab} = t_a - b \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\text{Tinggi titik B } (H_B) = H_A + \Delta h_{ab} \dots\dots\dots(2.10)$$

2. Pada posisi ditengah-tengah antar 2 (dua) titik dengan atau tanpa memperhatikan apakah posisi tersebut membentuk satu garis lurus terhadap titik yang akan diukur tersebut.



Gambar 2.5. Pengukuran sipat datar

Keterangan:

A : titik di A

a : bacaan rambu di titik A

T : tinggi garis bidik terhadap m.s.l (*mean sea level*)

b : bacaan rambu di titik B

B : titik di B

Δh_{ab} : beda tinggi dari titik A ke titik B

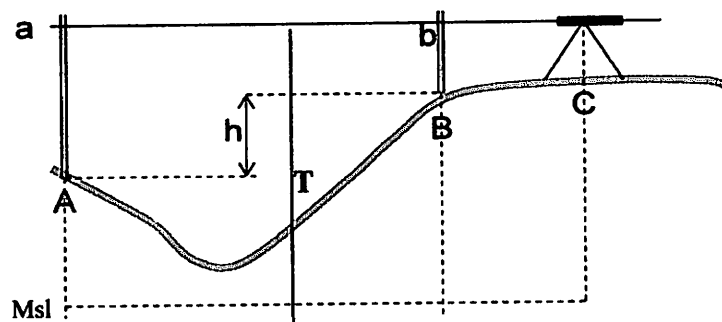
Δh_{ba} : beda tinggi dari titik B ke titik A

Rumus :

$$\Delta h_{ab} = a - b \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\Delta h_{ba} = b - a \dots\dots\dots(2.12)$$

3. Pada posisi selain dari kedua metode tersebut sebelumnya, dalam hal ini alat didirikan di sebelah kiri atau kanan dari salah satu titik yang akan ditentukan selisih tingginya.



Gambar 2.6. Pengukuran sipat datar

Keterangan:

A : titik di A

h : beda tinggi

T : tinggi garis bidik terhadap m.s.l (*mean sea level*)

B : titik di B

C : titik di C tempat berdiri alat

a : bacaan rambu di titik A

b : bacaan rambu di titik B

Rumus:

$$\Delta h_{ab} = a - b \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\Delta h_{ba} = b - a \dots\dots\dots(2.14)$$

Bila titik C diketahui = H_c , maka

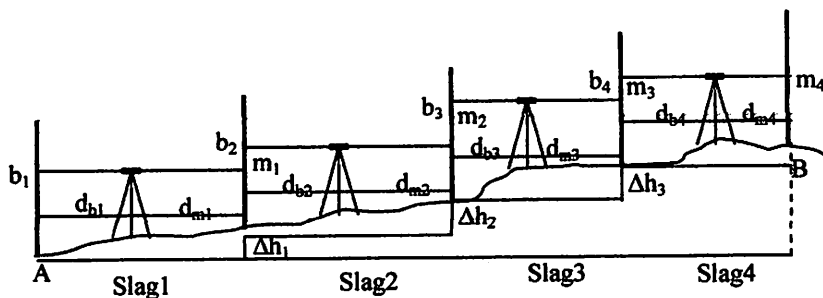
$$H_b = T - b \dots\dots\dots(2.15)$$

$$H_a = T - a \dots\dots\dots(2.16)$$

Adapun syarat-syarat penggunaan alat sipat datar pada umumnya adalah sebagai berikut.

1. Syarat dinamis: sumbu I vertikal
2. Syarat statis:
 - a) Garis bidik teropong tegak lurus dengan garis arah nivo
 - b) Garis arah nivo tegak lurus sumbu I (sumbu vertikal)
 - c) Benang silang mendatar diafragma tegak lurus sumbu I

Jika jarak antar titik kontrol pemetaan relatif jauh, pengukuran beda tinggi dengan penyipat datar tidak dapat dilakukan dengan sekali berdiri alat. Oleh karena itu, antara dua buah titik kontrol yang berurutan dibuat beberapa *slag* dengan titik-titik bantu dan pengukurannya dibuat secara berantai (*differential levelling*) (Basuki, S., 2006).



Gambar 2.7. Pengukuran sipat datar berantai

Keterangan gambar :

A dan B : titik tetap yang akan ditentukan beda tingginya

1, 2, 3, ... : titik-titik bantu pengukuran

- $m_1, m_2, m_3, \dots$: bacaan rambu muka
- $b_1, b_2, b_3, \dots$: bacaan rambu belakang
- $d_{b1}, d_{b2}, d_{b3} \dots$: jarak jarak rambu belakang
- $d_{m1}, d_{m2}, d_{m3} \dots$: jarak rambu muka

Cara perhitungan beda tinggi adalah kumulatif dari beda tinggi tiap slag, sehingga :

$$\Delta h_{AB} = \sum_{i=1}^n \Delta h = \sum_{i=1}^n b - \sum_{i=1}^n m \dots\dots\dots(2.17)$$

dalam hal ini :

- $\sum_{i=1}^n m$ = jumlah pembacaan rambu muka
- $\sum_{i=1}^n b$ = jumlah pembacaan rambu belakang
- Δh = beda tinggi tiap slag

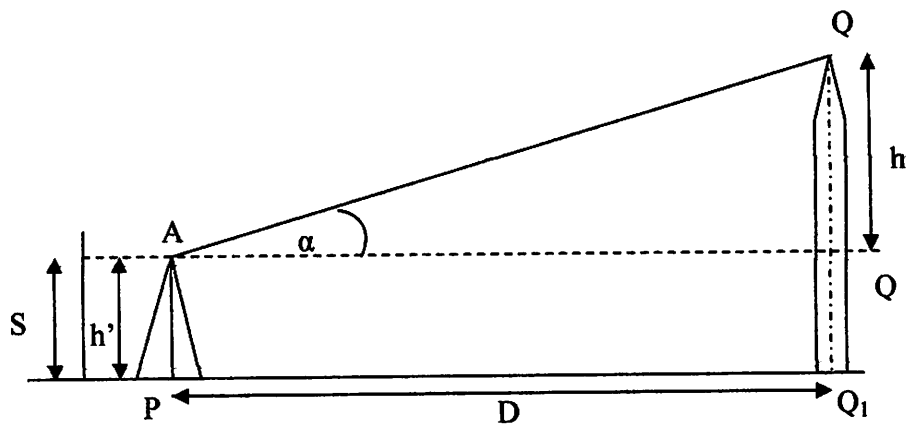
2.1.2.2. Ketelitian Pengukuran Sipat Datar

Tingkat ketelitian pengukuran sipat datar pergi pulang dapat dibagi menjadi 5 tingkatan (Basuki, 2006), yaitu:

- a. Pengukuran sipat datar tingkat 0 (Zero order levelling), yaitu pengukuran sipat datar pergi pulang dimana selisih beda tinggi antara pergi pulang $\leq 2 \text{ mm } \sqrt{D}$ (D = jarak dalam km).
- b. Pengukuran sipat datar tingkat I (1st order levelling), yaitu pengukuran sipat datar pergi pulang dimana selisih beda tinggi antara pergi pulang $\leq 4 \text{ mm } \sqrt{D}$ (D = jarak dalam km).
- c. Pengukuran sipat datar tingkat II (2nd order levelling), yaitu pengukuran sipat datar pergi pulang dimana selisih beda tinggi antara pergi pulang $\leq 8 \text{ mm } \sqrt{D}$ (D = jarak dalam km).
- d. Pengukuran sipat datar tingkat III (3rd order levelling), yaitu pengukuran sipat datar pergi pulang dimana selisih beda tinggi antara pergi pulang $\leq 12 \text{ mm } \sqrt{D}$ (D = jarak dalam km).
- e. Pengukuran sipat datar tingkat yang lebih rendah dari 12 mm $\sqrt{D}$.

2.1.2.3. Pengukuran Trigonometris

Pengukuran Trigonometris prinsipnya adalah mengukur jarak langsung (Jarak Miring), tinggi alat, tinggi, benang tengah rambu, dan sudut Vertikal (Zenith). Untuk menentukan beda tinggi dengan cara trigonometris di perlukan alat pengukur sudut (Theodolit) untuk dapat mengukur sudut sudut tegak.



Gambar 2.8. Pengukuran trigonometrik

Keterangan :

P : tempat berdiri alat

Q : titik / obyek yang diamati

A : sumbu teropong

Q' : proyeksi Q pada bidang horizontal

D : Jarak mendatar PQ

h' : tinggi alat di titik P

h : QQ'

S : tinggi garis bidik mendatar pada rambu yang didirikan pada BM/titik duga tinggi

α : sudut miring A ke Q

Dari segitiga AQQ' :

$$h = D \tan \alpha \dots\dots\dots(2.18)$$

2.1.2.4. Pengukuran Barometris

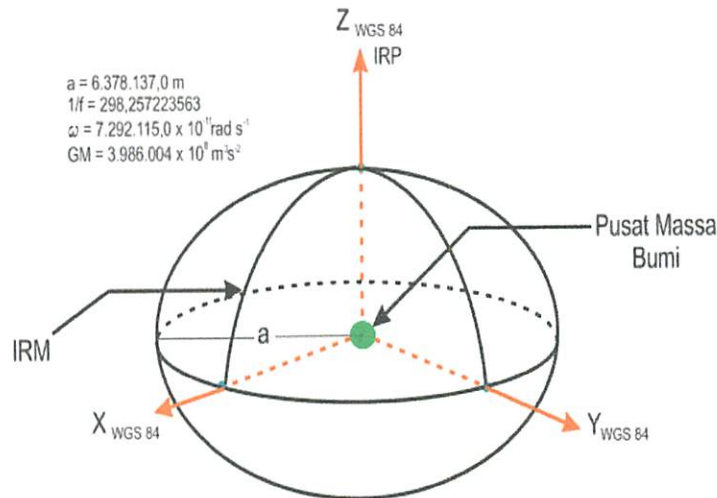
Pengukuran Barometris pada prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer. Pengukuran tinggi dengan menggunakan metode barometris dilakukan dengan menggunakan sebuah barometer sebagai alat utama. Seperti telah di ketahui, Barometer adalah alat pengukur tekanan udara. Di suatu tempat tertentu tekanan udara sama dengan tekanan udara dengan tebal tertentu pula. Idealnya pencatatan di setiap titik dilakukan dalam kondisi atmosfer yang sama tetapi pengukuran tunggal hampir tidak mungkin dilakukan karena pencatatan tekanan dan temperatur udara mengandung kesalahan akibat perubahan kondisi atmosfer. penentuan beda tinggi dengan cara mengamati tekanan udara di suatu tempat lain yang dijadikan referensi.

Dalam perencanaan bangunan sipil misalnya perencanaan jalan raya, jalan kereta api, bendung dan sebagainya, Peta merupakan hal yang sangat penting untuk perencanaan bangunan tersebut. Untuk memindahkan titik - titik yang ada pada peta perencanaan suatu bangunan sipil ke lapangan (permukaan bumi) dalam pelaksanaannya pekerjaan sipil ini dibuat dengan pematokan/ staking out, atau dengan perkataan lain bahwa pematokan merupakan kebalikan dari pemetaan.

2.2. Sistem dan Kerangka Koordinat

World Geodetic System 1984 atau biasa disebut WGS 84 adalah sistem koordinat CTS yang didefinisikan, direalisasikan dan dipantau oleh NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*) Amerika Serikat. Kerangka referensi WGS 84 direalisasikan pertama kalinya pada tahun 1987 dengan sekumpulan titik yang koordinatnya diamat dengan sistem satelit DOPPLER (NIMA, 2000). WGS 84 mengadopsi model geoid global EGM84, model geoid global EGM84 digunakan untuk mendefinisikan model elipsoid dan geoid. Model geoid mempunyai peranan dalam penentuan kerangka acuan WGS 84 yaitu penentuan pusat massa bumi dan nilai GM (konstanta gravitasi bumi termasuk massa atmosfer dan lautan). Origin kerangka acuan WGS 84 didefinisikan berimpit dengan massa bumi, sumbu-Z positif mengarah ke IRP (*IERS Reference Pole*), sumbu-X positif merupakan perpotongan

antara bidang meridian IERS atau IRM (*IERS Reference Meridian*) dan bidang normal origin sumbu-Z, dan sumbu-Y tegak lurus sumbu-Z dan sumbu-X membentuk sistem koordinat tangan kanan (NIMA, 2000).

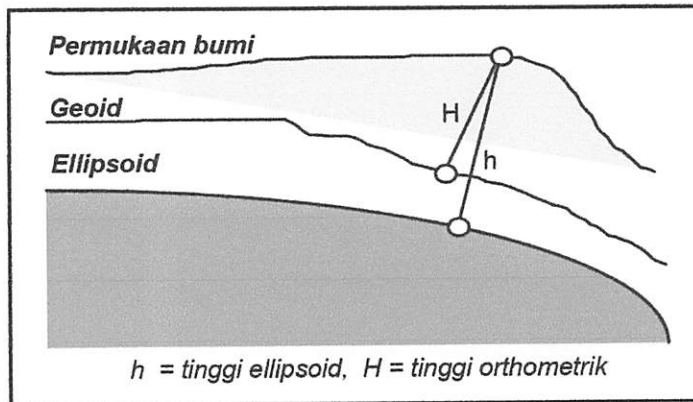


Gambar 2.9. Pendefinisian sistem koordinat WGS 84 (NIMA, 2000).

Ketinggian titik yang diberikan oleh GPS adalah ketinggian titik di atas permukaan ellipsoid, yaitu ellipsoid WGS (World Geodetic System) 1984 [Abidin, 2001]. Tinggi ellipsoid (h) tersebut tidak sama dengan tinggi orthometrik (H) yang umum digunakan untuk keperluan praktis sehari-hari yang biasanya diperoleh dari pengukuran sipat datar (levelling).

Tinggi orthometrik suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas geoid diukur sepanjang garis gaya berat yang melalui titik tersebut, sedangkan tinggi ellipsoid suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas ellipsoid dihitung sepanjang garis normal ellipsoid yang melalui titik tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.





Gambar 2.10. Tinggi elipsoid dan tinggi orthometrik

2.3. Penurunan Permukaan Tanah (*Land Subsidence*)

2.3.1. Pengertian Penurunan Permukaan Tanah (*Land Subsidence*)

Penurunan tanah (*Land subsidence*) adalah salah satu dari deformasi vertikal kerak bumi sebagai konsekuensi dari kerak dinamika. Penurunan tanah mengubah posisi vertikal (ketinggian/elevasi) dari titik kontrol tanah sebagai titik acuan untuk semua karya rekayasa, dan yang juga mempengaruhi struktur dari semua infrastruktur dan kegiatan terkait lainnya di daerah tersebut. Penurunan tanah merupakan permasalahan utama yang dihadapi beberapa kota besar seperti Jakarta (Djaja,dkk,2004) dan Semarang (Abidin,dkk,2010).

Penurunan muka tanah didefinisikan sebagai semakin rendahnya permukaan tanah relatif terhadap suatu bidang referensi tertentu yang stabil. Turunnya permukaan tanah yang terjadi secara perlahan-lahan, tidak ketara atau secara mendadak. Dalam banyak kejadian kecepatan penurunan tanah bekisar dalam beberapa sentimeter per tahun. Luasan daerah yang ambles dapat hanya beberapa meter persegi sampai daerah luas yang dapat mencapai ribuan kilometer persegi.

Pertama kali yang mengamati dan mendefinisikan penurunan muka tanah kaena pemompaan air tanah adalah Rappleye (1933) dalam Poland (1969), di lembah Santa Clara, California yang merupakan salah satu contoh klasik wilayah penurunan muka

tanah karena karena pemompaan airtanah. Penurunan karena pemompaan airtanah diberbagai daerah lain dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil Pencatatan Penurunan Muka Tanah di Berbagai Negara*)

Negara /Kota	Tahun	Kisaran Kedalaman Kompaksi (m)	Penurunan Muka Tanah maks. (m)	Luas Penurunan Muka Tanah (km ²)
Mexico/Mexico city	1948-1960	10-50	9(1973)	25(1973)
Japan/Osaka	1948-1965	10-500	3-4(1965)	120(1960)
Japan/Tokyo	1938-1975	10-500	4-6(1975)	230(1974)
Thailand/Bangkok	1978-1989	5-200	1-1.5(1989)	40(1989)
Taiwan/Taipei	1961-1975	30-200	1.8(1975)	100(1975)
USA/Arizona	1948-1967	100-300	3.2(1975)	925(1967)
USA/Houston	1943-1973	50-600	2.3(1973)	6475(1973)
USA/San Joaquin	1935-1966	90-100	8.8(1976)	13500(1976)

*)investigation of Landsubsidence by deep well pumping, research report no.91,AIT.Bangkok,1981

Sementara di negara-negara berkembang, seperti Indonesia, perkembangan industrinya dimulai pada tahun 1980, diikuti oleh peningkatan pemompaan airtanah hingga sekarang. Kota Jakarta, Bandung, dan Semarang merupakan kota besar dengan pemompaan airtanah yang berlebihan, sehingga berakibat terjadinya penurunan muka tanah, pencemaran airtanah atau intrusi air laut. Laju dan besarnya penurunan muka tanah di berbagai tempat berbeda – beda, tergantung bpada kondisi geologi, hidrogeologi, intensitas pemompaan airtanah dan sifat-sifat mekanik tanah atau bebatuan.

Pada prinsipnya, fenomena *land subsidence* dapat dipelajari dengan beberapa metode seperti metode hidrogeologi, yakni dengan pengamatan ketinggian muka air tanah, pengukuran dengan alat extensometer dan pengukuran dengan alat piezometer. Metode geodetik, yakni dengan survei ketinggian dengan alat levelling, survey dengan alat GPS dan menggunakan citra INSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) untuk mengukur perubahan ketinggian permukaan tanah (Abidin, 2006).

2.3.1. Faktor-Faktor Penyebab Penurunan Muka Tanah

Penurunan tanah alami terjadi secara regional yaitu meliputi daerah yang luas atau terjadi secara lokal yaitu hanya sebagian kecil permukaan tanah. Hal ini biasanya disebabkan oleh adanya rongga di bawah permukaan tanah, biasanya terjadi di daerah yang berkapur (*Whittaker and Reddish, 1989*). Berbagai penyebab terjadinya penurunan tanah alami bisa digolongkan menjadi:

1. Siklus geologi.
2. Sedimentasi daerah cekungan (*sedimentary basin*).
3. Adanya rongga di bawah permukaan tanah sehingga atap rongga runtuh dan hasil runtuhnya atap rongga membentuk lubang yang disebut *sink hole*.
4. Adanya aktifitas vulkanik dan tektonik.

Secara garis besar penurunan tanah bisa disebabkan oleh beberapa hal antara lain (*Whittaker and Reddish, 1989*), sebagai berikut:

1. Penurunan muka tanah alami (*natural subsidence*) yang disebabkan oleh proses-proses geologi seperti aktifitas vulkanik dan tektonik, siklus geologi, adanya rongga di bawah permukaan tanah dan sebagainya.
2. Penurunan muka tanah yang disebabkan oleh pengambilan bahan cair dari dalam tanah seperti air tanah atau minyak bumi.
3. Penurunan muka tanah yang disebabkan oleh adanya beban-beban berat di atasnya seperti struktur bangunan sehingga lapisan-lapisan tanah di bawahnya mengalami kompaksi/konsolidasi. Penurunan muka tanah ini sering juga disebut dengan *settlement*.
4. Penurunan muka tanah akibat pengambilan bahan padat dari tanah (aktifitas penambangan).

Berdasarkan tinjauan berbagai macam pustaka, faktor-faktor penyebab terjadinya penurunan muka tanah dapat didefinisikan, sebagai berikut:

1. Pengambilan air tanah yang berlebihan.
2. Penurunan karena beban bangunan.
3. Konsolidasi alamiah lapisan tanah.

4. Gaya-gaya tektonik.
5. Ekstraksi gas dan minyak bumi.
6. Penambangan bawah tanah.
7. Ekstraksi lumpur.
8. Patahan kerak bumi.
9. Konstraksi panas bumi di lapisan litosfer.

2.3.2. Teknik Pemantauan Land Subsidence

Pada prinsipnya, penurunan tanah dari suatu wilayah dapat dipantau dengan menggunakan beberapa metode (Abidin.dkk,2010) yaitu :

1. Metode hidrogeologis (pengamatan level muka air tanah serta pengamatan dengan ekstensometer dan piezometer yang diinversikan kedalam besaran penurunan muka tanah).
2. Metode geoteknik.
3. Metode-metode geodetik seperti survei sipat datar (levelling), survei gaya berat mikro, survei GPS (Global Positioning System).
4. InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar).

2.3.3. Teknik Pemantauan Land Subsidence dengan Metode Levelling

Pemantauan land subsidence salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan sipat datar (waterpass), dalam hal ini pemantauan dilakukan setiap tahun agar dapat diketahui nilai deformasi tiap tahun. Pengamatan dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengukuran levelling, dalam pengukuran levelling terbagi menjadi 2 cara yaitu dengan sipat datar tertutup yang dimana titik awal dan titik akhirnya sama/berimpit kemudian cara sipat datar pulang pergi. Sebelum melakukan pengamatan maka harus ditentukan terlebih dahulu titik-titik pantau yang nantinya akan menjadi titik pemantauan untuk tiap tahun. Salah satu dari titik tersebut harus diikatkan ke BM terdekat sebagai referensi koordinat dan tinggi.

Maka setelah tercipta jaring titik pantau maka dilakukan pengukuran levelling agar diketahui beda tinggi tiap titik pantau. Dari data tersebut kemudian diolah dan dihitung sesuai dengan metode perhitungan yang digunakan. Pengukuran levelling

tersebut dilakukan tiap tahun pada titik yang sama agar nantinya dapat diketahui penurunan tanah tiap tahunnya.

2.3.4. Metode Pengamatan Deformasi

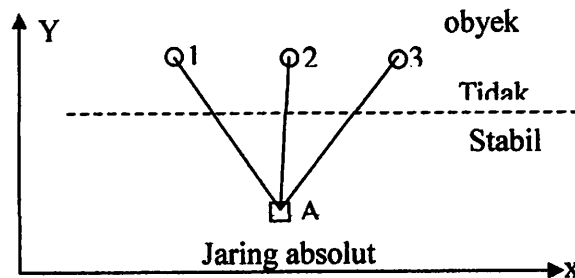
Pengamatan deformasi dikategorikan menjadi dua metode yaitu, metoda geodetik dan metoda non geodetik. Metode geodetik merupakan fungsi dari parameter-parameter deformasi diselenggarakan melalui survei deformasi. Survei ini dapat dilakukan dalam berbagai metode yaitu metode terestrik atau metode pengindraan 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 GEODESI,2006).

Analisis pergeseran merupakan analisis geometrik yang menunjukkan perubahan posisi suatu materi dengan menggunakan data perbedaan posisi yang didapat dari hasil pengamatan geodetik pada waktu yang berbeda. Pemantauan deformasi pada umumnya dilakukan dengan membuat suatu jaring kerangka pengukuran yang stabil yang diwujudkan dengan titik yang tersebar di sekitar obyek pengukuran. Jaring kerangka dasar pengukuran dalam pemantauan deformasi dapat dibagi menjadi dua, yaitu jaring kerangka dasar absolut dan jaring kerangka dasar relatif (Abidin, 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

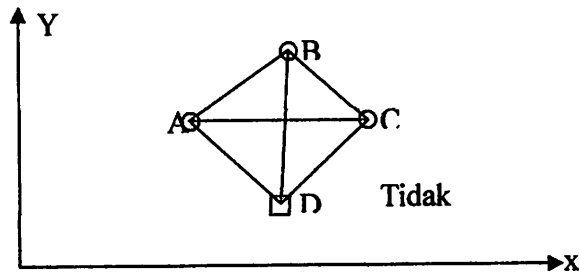
Titik- titik ikat yang digunakan sebagai titik acuan terletak di luar area obyek pengamatan deformasi, dimana posisinya dianggap stabil.



Gambar 2.11. Jaring absolut.

2. Jaring Relatif

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



Gambar 2.12. 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 survei 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 survei tambahan untuk penentuan titik ikat (Anggreni,1992).

2.4. Hitung Perataan Kuadrat Terkecil (*Least Square Adjustment*)

Setiap pengukuran selalu dihindangi kesalahan yang sifatnya acak. Oleh karena itu dibutuhkan suatu metode yang dapat menentukan nilai parameter tertentu dengan meminimalkan kesalahan acak. Hitung perataan adalah suatu cara untuk menentukan nilai koreksi yang harus diberikan pada hasil pengukuran, sehingga hasil pengukuran memenuhi syarat geometriaknya (Wolf, 1980). Syarat geometrik merupakan suatu kondisi yang harus dipenuhi dari hubungan suatu pengukuran dengan pengukuran lainnya.

Beberapa istilah lain, yang berkaitan dengan hitung perataan , terdaftar dan didefinisikan di bawah(Wolf dan Ghilani, 2006) :

1. *True value* μ nilai yang memiliki kualitas yang benar atau tepat.
2. *Error* ε yaitu perbedaan antara kualitas yang diukur dan nilai sebenarnya. nilai sebenarnya adalah mean aritmatik, karena nilai sebenarnya tidak tentu, kesalahan juga tidak tentu oleh karena itu hanya jumlah teoritis. Seperti dalam persamaan kesalahan yang dinyatakan sebagai :

$$\varepsilon_i = y_i - \mu \dots\dots\dots(2.19)$$

dimana y_i adalah pengamatan individu yang terkait dengan ε_i dan μ adalah nilai yang benar untuk jumlah tersebut.

3. *Most probable value*, $\bar{y}$ bahwa nilai kuantitas yang diukur yang berdasarkan pengamatan, memiliki probabilitas tertinggi dari satu set sampel data dari populasi dan hanya berarti jika pengukuran berulang dan memiliki presisi yang sama.
4. *Residual*, v yaitu perbedaan antara kuantitas individu yang diukur dan yang paling mungkin jumlah nilai tersebut. Residual adalah nilai-nilai yang digunakan dalam perhitungan penyesuaian karena sebagian besar nilai-nilai probabilitas dapat ditentukan.

Persamaan matematis residu;

$$v_i = \bar{y} - y_i \dots\dots\dots(2.20)$$

dimana v_i adalah residual dalam pengamatan y_i , dan $\bar{y}$ adalah kemungkinan nilai yang tidak diketahui.

5. *Degrees of freedom* adalah selisih antara jumlah pengamatan dengan persamaan yang diketahui untuk mncari parameter *unknowns*. Dengan kata lain, jumlah derajat kebebasan sama dengan jumlah derajat berlebihan. Sebagai contoh, jika jarak antara dua poin diukur tiga kali, satu pengamatan akan menentukan jarak yang tidak diketahui dan dua lainnya akan mubazir. ini berlebihan pengamatan mengungkapkan perbedaan dan inkonsistensi dalam diamati nilai-nilai. Hal ini, pada gilirannya, memungkinkan praktek penyesuaian perhitungan untuk mendapatkan nilai-nilai yang paling mungkin berdasarkan diukur kuantitas
6. *Variance* $\hat{\sigma}^2$ nilai dimana presisi untuk stu set data varian populasi, maka rata-rata dari kuadrat kesalahan

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2}{n} \dots\dots\dots(2.21)$$

Sample variance untuk memperkirakan varians populasi yang diberikan dalam persamaan dan dihitung sebagai

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1} \dots\dots\dots(2.22)$$

7. *Standard error* akar kuadrat dari varians populasi dengan persamaan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2}{n}} \dots\dots\dots(2.23)$$

dimana n adalah jumlah observasi dan jumlah dari $\sum_{i=1}^n \epsilon_i^2$ kuadrat dari kesalahan.

8. *Standard deviation*, S : akar kuadrat dari varians sampel, dihitung dengan persamaan

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.24)$$

dimana S adalah standar deviasi, $n - 1$ derajat kebebasan atau jumlah redudansi, dan jumlah dari kuadrat dan $\sum_{i=1}^n v_i^2$ residual Standar deviasi adalah

perkiraan untuk standard error populasi Karena standard error tidak dapat ditentukan, standar deviasi adalah ekspresi praktis untuk presisi satu set sampel data. Residual yang digunakan daripada kesalahan karena mereka dapat dihitung dari sebagian nilai kemungkinan, sedangkan kesalahan tidak dapat ditentukan.

2.4.1. Sistem Persamaan Perataan Kuadrat Terkecil (*Least Square Adjustment*)

Least Square Adjustment adalah sebuah teknik statistik yang digunakan untuk mengestimasi parameter *unknown* disatukan dengan sebuah solusi dimana teknik tersebut dapat juga meminimalisir nilai kesalahan dari solusi itu sendiri (Wolf dan Ghilani, 2006). Dalam metode *least square adjustment* digunakan untuk proses antara lain :

1. Mengestimasi atau meratakan nilai parameter *exterior orientasi*.
2. Mengestimasi nilai object space point (X, Y, dan Z) beserta nilai keakurasinya.
3. Mengestimasi dan meratakan nilai parameter interior orientasi.
4. Meminimalisir dan mendistribusikan *errors* data melalui jaringan pengamatan.

Pendekatan *least square* dibutuhkan untuk proses iterasi sampai sebuah solusi didapat. Sebuah solusi diperoleh saat residual atau nilai kesalahan yang terdapat dalam sebuah data diminimalisir.

Bagi sekelompok data pengamatan berbobot sama, persyaratan utama yang harus dikenakan bagi penyesuaian *least square* ialah bahwa jumlah kuadrat residual diminimalisir. Selanjutnya didalam bentuk persamaan maka persyaratan utama *least square adjustment* dinyatakan sebagai (Wolf dan Ghilani, 2006) :

$$\sum (V_i)^2 = (V_1)^2 + (V_2)^2 + (V_3)^2 + \dots + (V_{mi})^2 = \text{minimum} \dots \dots \dots (2.25)$$

Dalam metode persamaan pengamatan bagi penyesuaian *least square*, ditulis persamaan pengamatan yang berkaitan dengan nilai terukur terhadap kesalahan residual dan parameter *unknown*. Untuk pemecahan yang unik maka jumlah persamaan harus sama besar dengan jumlah *unknown*. Bila dilakukan pengamatan

berulang, maka dapat ditulis persamaan pengamatan yang lebih banyak dari yang diperlukan untuk pemecahan yang unik. Dan nilai yang paling mungkin dapat ditentukan dengan metode *least square*.

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

$${}_m A_n X_l = {}_m L_l + {}_m V_l \dots\dots\dots(2.26)$$

Atau

$${}_m V_l = {}_m A_n X_l - {}_m L_l \dots\dots\dots(2.27)$$

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

$$A^T A X = A^T L \dots\dots\dots(2.28)$$

Hitung perataan kuadrat terkecil dimaksudkan untuk mendapatkan harga estimasi dari suatu parameter yang paling mendekati harga yang sebenarnya dengan cara menentukan besaran yang tidak diketahui (parameter) dari sekumpulan data ukuran yang mempunyai pengamatan lebih. Penyelesaian hitung kuadrat terkecil dilakukan dengan mencari suatu nilai akhir yang unik dengan cara tertentu sehingga jumlah kuadrat residualnya ($V^T P V$) minimum, sehingga tidak mungkin ada nilai hasil hitungan lain yang jumlah kuadrat residualnya ($V^T P V$) lebih kecil (Hadiman, 1991). Nilai parameter yang diperoleh dengan hitung perataan sebenarnya merupakan nilai estimasi terhadap nilai benar atau representasi dari nilai terbaik. Prinsip hitung perataan adalah adanya ukuran lebih atau derajat kebebasan. Persamaan untuk menghitung derajat kebebasan (r) adalah :

$$r = n - u \dots\dots\dots(2.29)$$

Dalam hal ini :

n = jumlah pengukuran

u = jumlah parameter yang akan dicari

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

$$(A^T A)^{-1} (A^T A)X = (A^T A)^{-1} A^T L$$

$$IX = (A^T A)^{-1} A^T L$$

$$X = (A^T W A)^{-1} A^T W L \dots\dots\dots(2.30)$$

$$V = A X - L \dots\dots\dots(2.31)$$

$$\text{Standart deviasi } (S_0) = \sqrt{V^T W V / r} \dots\dots\dots(2.32)$$

$$\text{Varian } (S^2) = S_0^2$$

Dalam hal ini :

- X = Matrik parameter
- A = Matrik Koefisien
- L = Matrik pengamatan
- W = Matrik bobot
- V = Matrik Residu

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):

$$V = AX - L \dots\dots\dots(2.33)$$

Rumus varian adalah :

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{v^T w v}{r} \dots\dots\dots(2.34)$$

Rumus standart deviasi adalah :

$$S_o = \sqrt{\frac{v^T w v}{r}} \dots\dots\dots(2.35)$$

2.4.2. Bobot Pengamatan Dari Varians

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 koreksiditerapkan 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).

$$w_i = \frac{1}{\sigma^2} \dots\dots\dots(2.36)$$

2.5. Uji Statistik untuk Penentuan Deformasi

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.

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 :

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

$(1 - \alpha)$ 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.

2.5.1. 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):

$$\chi^2 = \frac{v s^2}{\sigma^2} \dots\dots\dots(2.37)$$

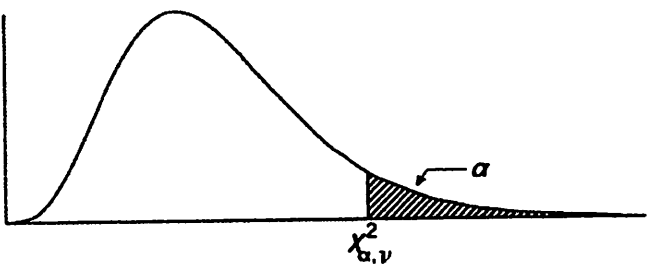
Jumlah redudansi (derajat kebebasan) dalam statistik sampel set seperti untuk varians $v = n - 1$, selanjutnya pada kuadrat terkecil akan menunjukkan bahwa jumlah redudansi didasarkan pada jumlah independen pengamatan dan parameter yang tidak diketahui. Dalam kasus pengamatan, rata-rata satu diperlukan 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, v , 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 poinl (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.



Gambar. 2.13. Distribusi χ^2

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

2.5.2. Distribusi F

Distribusi F digunakan ketika membandingkan varians dihitung dari dua sampel set. Jika dan adalah dua *chi-square* random variabel dengan v_1 dan v_2 derajat kebebasan, masing-masing, dan kedua variabel independen, maka dengan definisi

$$\chi^2 = \frac{x^2_{1/v_1}}{x^2_{2/v_2}} \dots\dots\dots(2.38)$$

Pada poin persentase various (daerah kurva yang ditunjukkan pada Gambar berikut) dari distribusi F ditabulasikan dalam tabel.



Gambar 2.14. Distribusi F

Distribusi ini memiliki derajat pembilang v_1 kebebasan dan v_2 denominator derajat kebebasan, yang sesuai dengan dua set sampel. Dengan demikian, tidak seperti yang 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 poin (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:

$$F_{\alpha, v_1, v_2} = \frac{1}{F_{1-\alpha, v_2, v_1}} \dots\dots\dots(2.39)$$

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, $\sigma_1^2 \sigma_2^2$)). 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.

2.5.3. Uji Hipotesa

Langkah-langkah/urutan menguji hipotesa dengan distribusi F adalah sebagai berikut (Tita, 2009):

- a) Merumuskan hipotesa

Ho : $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$, berarti secara bersama-sama tidak ada pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat.

Ha : $\beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq 0$, berarti secara bersama-sama ada pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat.
- b) Menentukan taraf nyata/ *level of significance* = α

Taraf nyata / derajat keyakinan yang digunakan sebesar $\alpha = 1\%, 5\%, 10\%$. Derajat bebas (df) dalam distribusi F ada dua, yaitu :

$df_{numerator} = dfn = df_1 = k - 1$

$df_{denominator} = dfd = df_2 = n - k$

Dimana:

$df = degree\ of\ freedom/$ derajat kebebasan

n = Jumlah sampel

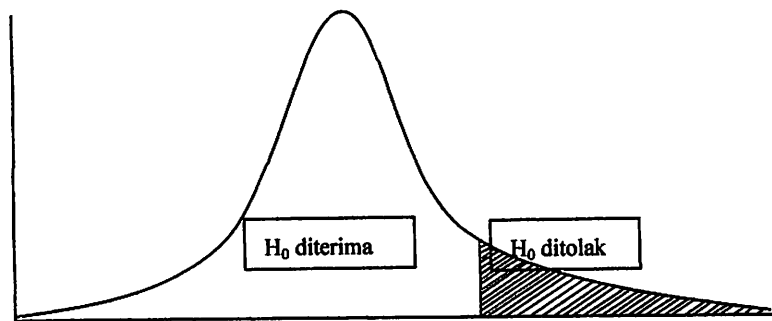
k = banyaknya koefisien regresi

- c) Menentukan daerah keputusan, yaitu daerah dimana hipotesa nol diterima atau tidak

H_0 diterima apabila $F_{hitung} \leq F_{tabel}$, artinya semua variabel bebas secara bersama-sama bukan merupakan variabel penjelas yang signifikan terhadap variabel terikat. H_0 ditolak apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, artinya semua variabel bebas secara bersama-sama merupakan penjelas yang signifikan terhadap variabel terikat.

- d) Menentukan uji statistik nilai F

Bentuk distribusi F selalu bernilai positif



Gambar 2.15. Kurva statistik distribusi F

- e) Mengambil keputusan

Keputusan bisa menolak H_0 atau menerima H_0 .

Nilai F tabel yang diperoleh dibanding dengan nilai F hitung apabila F hitung lebih besar dari F tabel, maka ditolak sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan antara variabel *independen* dengan variabel *dependen*.

2.5.4. Metode 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.

$$d\hat{x} = \hat{x}_2 - \hat{x}_1 \dots\dots\dots(2.40)$$

$$C_{d\hat{x}} = C_{\hat{x}_1} + C_{\hat{x}_2} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$\hat{x} = (A^TWA)^{-1} A^TWb \dots\dots\dots(2.42)$$

$$C_{\hat{x}} = (A^TWA)^{-1} \dots\dots\dots (2.43)$$

Hipotesis nol dari tes kongruensi global dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$H_o : E(d\hat{x}) = 0 \dots\dots\dots(2.44)$$

$$H_A : E(d\hat{x}) \neq 0 \dots\dots\dots(2.45)$$

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]:

$$\omega = \frac{\Omega}{h\sigma_o^2} \sim F_{hf} \dots\dots\dots(2.46)$$

$$\Omega = d\hat{x}^T C_{d\hat{x}}^{-1} d\hat{x} \dots\dots\dots(2.47)$$

ω = merupakan distribution Fisher (F)

f = degrees of freedom

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

$$\hat{\sigma}_o^2 = (f_1\hat{\sigma}_{o1}^2 + f_2\hat{\sigma}_{o2}^2) / f \dots\dots\dots(2.48)$$

$$f=f_1 + f_2 \dots\dots\dots(2.49)$$

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

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

σ_{o1}^2 : varian *epoch* pertama

σ_{o2}^2 : varian *epoch* kedua.

2.5.5. Metode Local Test (*Metode Localization*)

Metode localization adalah suatu metode yang dapat mendeteksi vector deformasi pada tiap titik dari hasil pengukuran lavelling dari dua epoch. Metode localization dikemukakan dalam artikel oleh Baarda (1968) bahwa kita dapat merumuskan masalah deformasi sebagai berikut :

Perpindahan $d\hat{x}_i$ untuk setiap titik tunggal (i) yang diperoleh dari solusi dua epoch diasumsikan terdistribusi normal dengan mean nol dan varians

$$\sigma_{\hat{x}}^2 \text{ i.e } d\hat{x}_i \sim N (0, \sigma_{\hat{x}}^2) \dots\dots\dots(2.50)$$

Dalam hal ini tidak ada gerakan telah terjadi yaitu deformasi tidak ada. Di sisi lain, jika titik terkena gerakan apapun, maka perpindahan $d\hat{x}_i$ tersebut akan terdistribusi normal dengan rata-rata μ bergeser dan varians $\sigma_{\hat{x}}^2$, mengikuti model pergeseran rata-rata

$$\sigma_{\hat{x}}^2 \text{ i.e } d\hat{x}_i \sim N (\mu, \sigma_{\hat{x}}^2) \dots\dots\dots(2.51)$$

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

$$H_o : E(d\hat{x}_i) = 0 , H_A: E(d\hat{x}_i) \neq 0 \dots\dots\dots(2.52)$$

Setelah standardisasi setiap elemen dari vektor perpindahan, pengujian dapat ditetapkan sebagai berikut:

$$H_0: \omega_i = \frac{\hat{dx}_i}{\sigma_{\hat{dx}_i}} \sim N(0,1) \dots\dots\dots(2.53)$$

$$\text{dan } H_A: \omega_i = \frac{\hat{dx}_i}{\sigma_{\hat{dx}_i}} \sim N(\mu,1) \dots\dots\dots(2.54)$$

Pada metode Localization ini pengujian dilakukan pada tiap titik pengukuran, dimana metode ini menunjukan secara langsung perubahan vector deformasi terhadap nilai ketinggian sehingga dapat diketahui lebih spesifik perubahan ketinggian muka tanah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Peralatan Penelitian

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

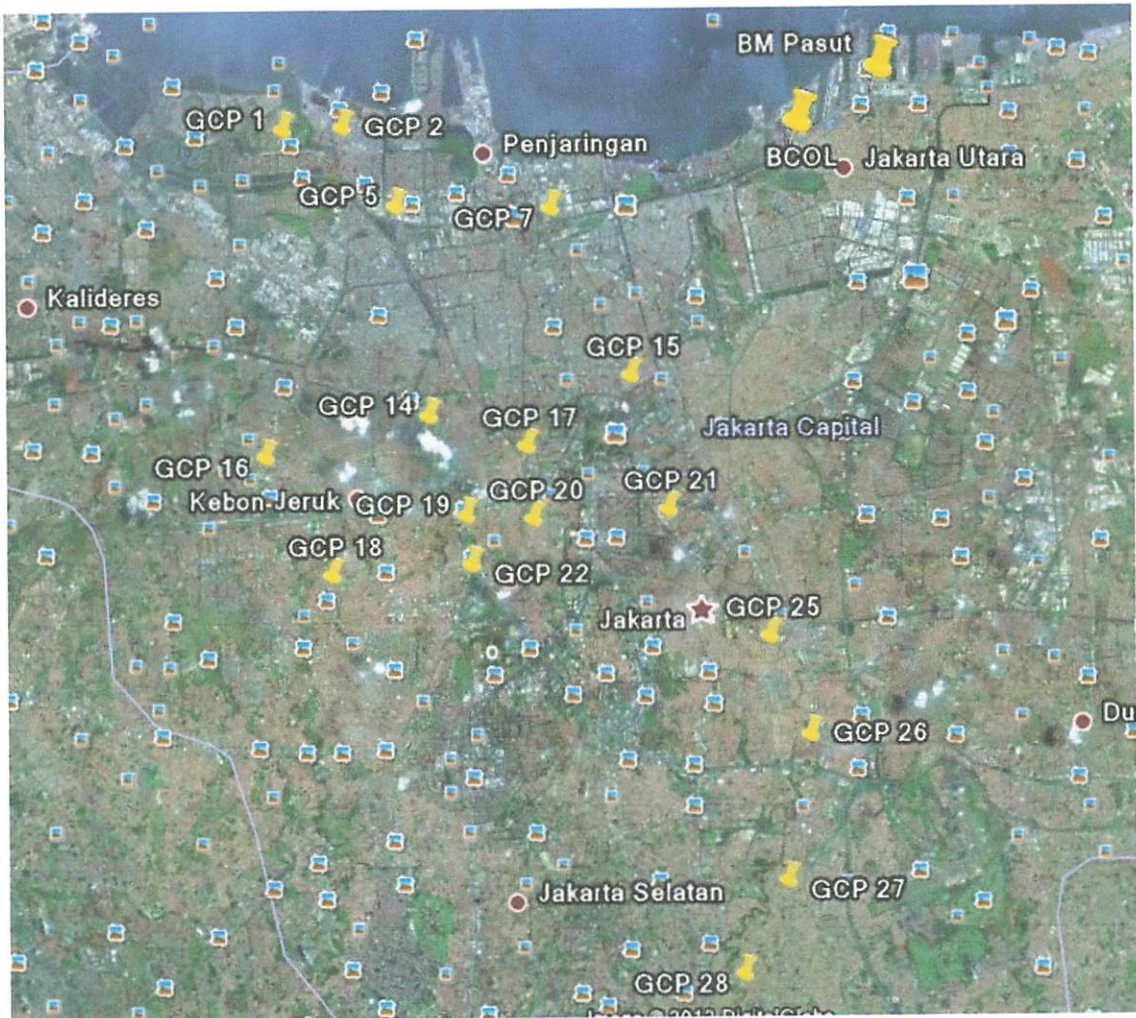
1. Peralatan Studio terdiri dari:
 - a. Satu unit PC (*Personal Computer*) dengan Prosesor Intel (R) Core (TM) i5 CPU @ 3.30 GHz, RAM 4 Gb, VGA Nvidia GeForce 9600 GT, Hardisk 500 Gb.
 - b. Printer HP Deskjet F2410.
2. *Software* yang digunakan adalah *Microsoft Office*, paket aplikasi perkantoran buatan *Microsoft* dan dirancang untuk dijalankan di bawah sistem operasi *Microsoft Windows* dan *Mac OS X*. Pada perhitungan perataan kuadrat terkecil dan analisa *land subsidence* dengan bantuan *Microsoft Excel 2007*.
3. *Software Stats versi 3.0 tahun 2005*

3.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ada 28 titik sebaran yang mencakup wilayah DKI Jakarta, adapun rincian datanya ialah sebagai berikut:

1. Data pengukuran beda tinggi menggunakan waterpas (Leveling) tahun 2011.
2. Data pengukuran beda tinggi menggunakan waterpas (Leveling) tahun 2012.

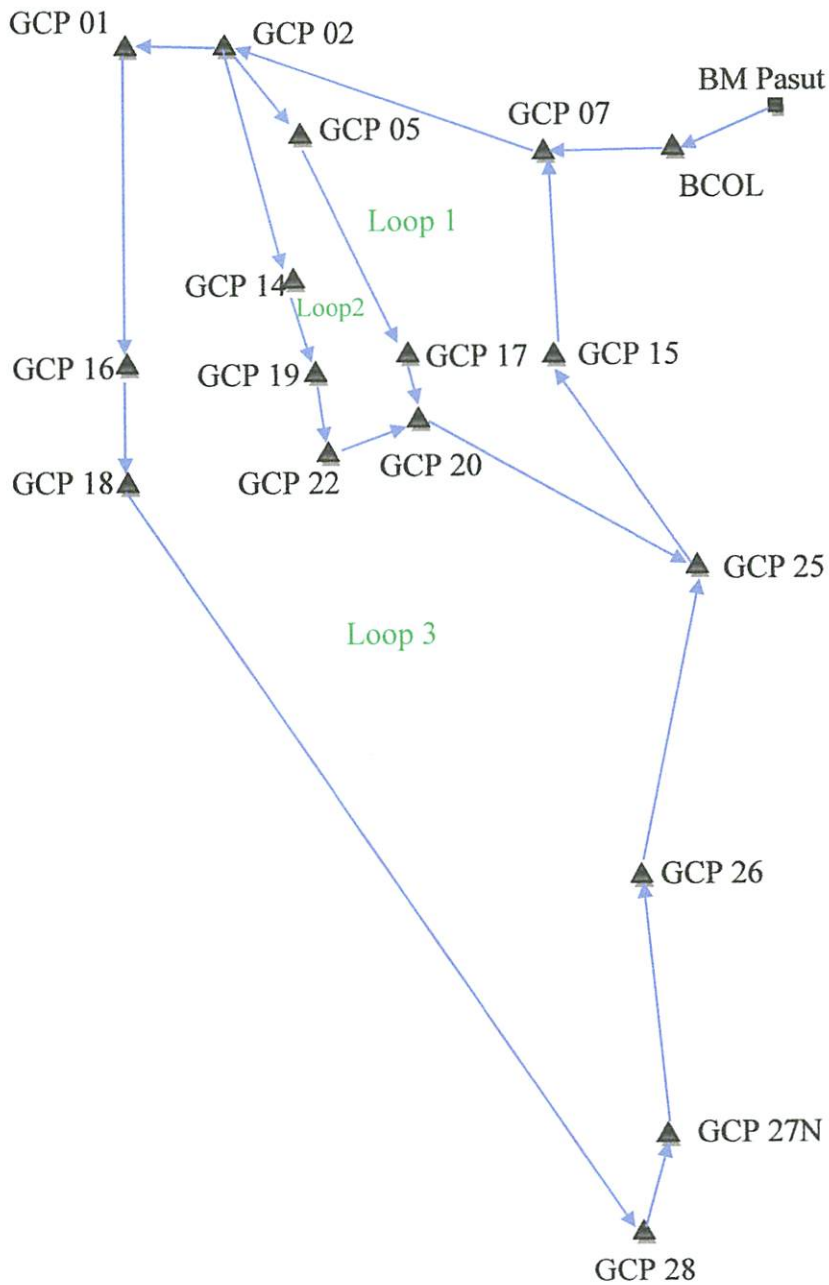
Gambaran persebaran posisi titik-titik yang akan dihitung penurunan tanah di DKI Jakarta.



Gambar.3.1. Persebaran titik-titik tinggi untuk penelitian menggunakan *aplikasi Google Earth* (2012)

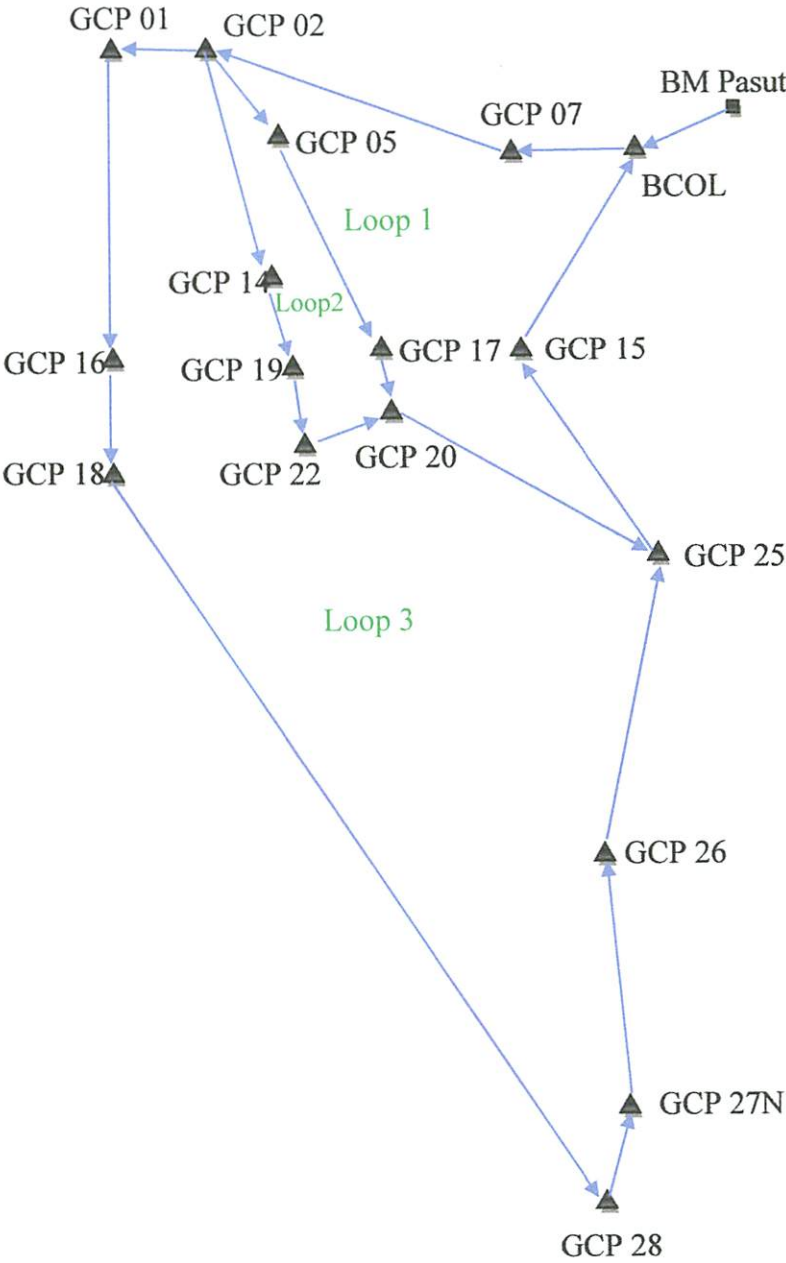
3.2.1. Gambar Jalur Pengukuran Leveling

Berikut ini adalah gambar arah pengukuran leveling pada tahun 2011 dari titik-titik yang akan dilakukan penelitian.



Gambar 3.2. Jalur pengukuran leveling pada tahun 2011.

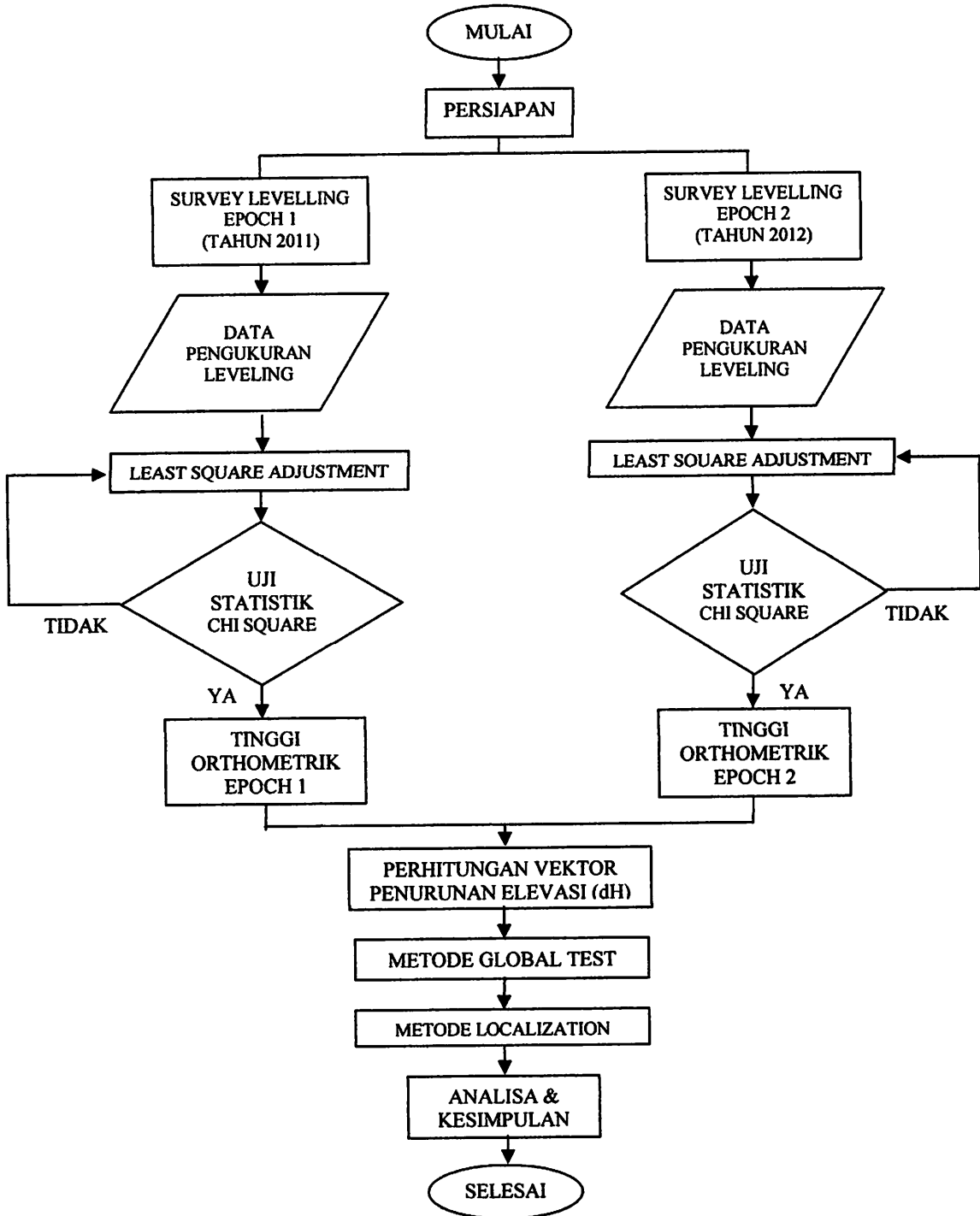
Berikut ini adalah gambar arah pengukuran leveling pada tahun 2012 dari titik-titik yang akan dilakukan penelitian.



Gambar 3.3. Jalur pengukuran leveling pada tahun 2012.

3.3. Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi tahapan seperti digambarkan dalam diagram alir berikut.



Gambar 3.4. Diagram Alir Penelitian

3.3.1. Keterangan Diagram Alir :

Adapun prosedur dan kerangka acuan kerja dari mulai pengukuran levelling hingga perhitungan deformasi sesuai dengan diagram alir diatas yaitu :

A. Kerangka Acuan Pengukuran Levelling

1. Sebelum melakukan pengukuran peralatan ukur yang akan digunakan dikalibrasi terlebih dahulu.
2. Pengukuran dilakukan dengan membacai tiga benang lengkap, yaitu Benang Atas (BA), Benang Tengah (BT), dan Benang Bawah (BB).
3. Setiap kali pembacaan harus dikontrol $2 BT = BA + BB$, apabila terdapat perbedaan $> 2 \text{ mm}$, harus dilakukan pengukuran ulang.
4. Jarak ke rambu ukur muka diusahakan sama dengan jarak ke rambu ukur belakang.
5. Pengukuran beda tinggi dilakukan secara pulang dan pergi
6. Pengukuran dilakukan pulang pergi, perbedaan antara ukuran beda tinggi pergi dan pulang tidak boleh $> 12 \text{ mm } \sqrt{D \text{ km}}$, dimana D adalah jarak setiap seksi dalam km.
7. Hasil pengukuran dicatat dalam formulir pengukuran waterpas.
8. Setelah selesai pengukuran waterpas, dilanjutkan perhitungan elevasi setiap titik dengan mengikatkan pada BM Pasut.

B. Kerangka Pengolahan Data dan Perhitungan

1. Persiapan penelitian, dalam hal ini mempersiapkan perangkat keras dan lunak yang akan digunakan dalam melakukan pengolahan data.
2. Pengumpulan data pengukuran leveling tahun 2011 dan 2012
3. Perhitungan ketinggian titik pengamatan dari data tahun 2011 dan tahun 2012 menggunakan metode perataan kuadrat terkecil (*least square adjustment*).
4. Hasil perhitungan perataan kuadrat terkecil (*least square adjustment*) diperoleh ketinggian titik (H) tahun 2011 dan 2012.

5. Pengujian statistik hasil perataan tinggi tahun 2011 dan 2012 dengan menggunakan uji statistik tabel *chi square*.
6. Pengukuran Leveling untuk mendapatkan ketinggian (H) dengan koreksi ketelitian jarak pergi-pulang $12\text{mm} \sqrt{D}$ (km)
7. Perhitungan penurunan tanah dari data koordinat tahun 2011 dan 2012.
8. Melakukan uji statistik dari hasil perhitungan elevasi penurunan tanah dengan menggunakan *Metode Localization (uji statistic tiap titik pengukuran)* menggunakan *F-Test*.
9. Memberikan analisa hasil dan kesimpulan.

3.4. Perhitungan Tinggi Titik Pantau Tahun 2011 (*Standard Error*)

3.4.1. Data Pengukuran Leveling Tahun 2011

Data pengukuran leveling meliputi hasil ukuran beda tinggi dan jarak titik pengukuran dengan menggunakan waterpas dengan menggunakan titik kontrol pada BM pasut yang telah diketahui koordinat dan titik tingginya. Selanjutnya dari data tersebut dicari nilai dari *standard error* (σ) yaitu dengan rumus $12\text{mm} \sqrt{D}$ (km)

Tabel 3.1. Data pengukuran leveling 2011

NO	Dari Titik	Ke Titik	Beda Tinggi (Δh) (m)	Jarak (km)	σ (m)
1	BM Pasut	BM Ancol	1.632	3.851	0.024
2	BM Ancol	GCP 7	-1.939	5.621	0.028
3	GCP 7	GCP 2	-1.855	9.777	0.038
4	GCP 2	GCP 5	3.777	3.336	0.022
5	GCP 5	GCP 17	2.007	5.671	0.029
6	GCP 17	GCP 20	1.266	2.012	0.017
7	GCP 20	GCP 25	3.722	6.118	0.030
8	GCP 25	GCP 15	-6.512	8.767	0.036
9	GCP 15	GCP 7	-2.382	7.35	0.033
10	GCP 2	GCP 5	3.777	3.336	0.022
11	GCP 5	GCP 17	2.007	5.671	0.029
12	GCP 17	GCP 20	1.266	2.012	0.017
13	GCP 20	GCP 22	6.582	2.722	0.020
14	GCP 22	GCP 19	-7.794	2.672	0.020
15	GCP 19	GCP 14	-2.721	3.168	0.021
16	GCP 14	GCP 2	-3.107	9.002	0.036
17	GCP 2	GCP 1	-0.346	1.798	0.016
18	GCP 1	GCP 16	6.469	13.627	0.044
19	GCP 16	GCP 18	7.326	4.976	0.027
20	GCP 18	GCP 28	16.873	28.869	0.064
21	GCP 28	GCP 27N	-0.673	4.24	0.025
22	GCP 27N	GCP 26	-10.779	6.775	0.031
23	GCP 26	GCP 25	-8.157	5.838	0.029
24	GCP 25	GCP 20	-3.722	6.118	0.030
25	GCP 20	GCP 22	6.582	2.722	0.020
26	GCP 22	GCP 19	-7.794	2.672	0.020
27	GCP 19	GCP 14	-2.721	3.168	0.021
28	GCP 14	GCP 2	-3.107	9.002	0.036

3.4.2. Perhitungan Penutup Tinggi Tahun 2011

Perhitungan penutup tinggi digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kualitas hasil pengukuran apakah selisih beda tinggi tersebut masih masuk dalam batas toleransi ataukah tidak. Pada pengukuran ini perhitungan penutup tinggi dibagi menjadi 3 looping dimana setiap looping akan dihitung agar diketahui kualitas pengukuran tiap looping tersebut. Hasil perhitungan tiap looping penutup tinggi dapat dilihat pada tabel.

- a. Looping 1 terdiri dari titik GCP 7 - GCP 2 - GCP 5 - GCP 17 - GCP 20-GCP 25 - GCP 15 - GCP 7.

Tabel 3.2. Data perhitungan looping 1 tahun 2011.

No	Dari Titik	Ke Titik	Beda Tinggi (Δh) (m)	Jarak (km)
1	GCP 7	GCP 2	-1.855	9.777
2	GCP 2	GCP 5	3.777	3.336
3	GCP 5	GCP 17	2.007	5.671
4	GCP 17	GCP 20	1.266	2.012
5	GCP 20	GCP 25	3.722	6.118
6	GCP 25	GCP 15	-6.512	8.767
7	GCP 15	GCP 7	-2.382	7.35
$\Sigma \Delta h$				= 23 mm
ΣD				= 43.031 km
Toleransi ($12\sqrt{D}$ km)				= 78.718 mm
Keterangan				= Sesuai Toleransi (Diterima)

- b. Looping 2 terdiri dari titik GCP 2 - GCP 5 - GCP 17 - GCP 20 - GCP 22 - GCP 19 - GCP 14 - GCP 2.

Tabel 3.3. Data perhitungan looping 2 tahun 2011.

NO	Dari Titik	Ke Titik	Beda Tinggi (Δh) (m)	Jarak (km)
1	GCP 2	GCP 5	3.777	3.336
2	GCP 5	GCP 17	2.007	5.671
3	GCP 17	GCP 20	1.266	2.012
4	GCP 20	GCP 22	6.582	2.722
5	GCP 22	GCP 19	-7.794	2.672
6	GCP 19	GCP 14	-2.721	3.168
7	GCP 14	GCP 2	-3.107	9.002
$\Sigma \Delta h$				= 10 mm
ΣD				= 28.583 km
Toleransi ($12\sqrt{D}$ km)				= 64 mm
Keterangan				= Sesuai Toleransi (Diterima)

- c. Looping 3 terdiri dari titik GCP 2 - GCP 1 - GCP 16 - GCP 18 - GCP 28 - GCP 27N - GCP 26 - GCP 25 - GCP 20 - GCP 22 - GCP 19 - GCP 14 - GCP 2.

Tabel 3.4. Data perhitungan looping 3 tahun 2011.

NO	Dari Titik	Ke Titik	Beda Tinggi (Δh) (m)	Jarak (km)
1	GCP 2	GCP 1	-0.346	1.798
2	GCP 1	GCP 16	6.469	13.627
3	GCP 16	GCP 18	7.326	4.976
4	GCP 18	GCP 28	16.873	28.869
5	GCP 28	GCP 27N	-0.673	4.24
6	GCP 27N	GCP 26	-10.779	6.775
7	GCP 26	GCP 25	-8.157	5.838
8	GCP 25	GCP 20	-3.722	6.118
9	GCP 20	GCP 22	6.582	2.722
10	GCP 22	GCP 19	-7.794	2.672
11	GCP 19	GCP 14	-2.721	3.168
12	GCP 14	GCP 2	-3.107	9.002
$\Sigma \Delta h$			= 49 mm	
ΣD			= 89.805 km	
Toleransi ($12\sqrt{D}$ km)			= 114 mm	
Keterangan			= Sesuai Toleransi (Diterima)	

3.4.3. Perhitungan Perataan Tinggi Tahun 2011

Pelaksanaan perhitungan tinggi, 17 titik pengukuran pada tahun 2011 yang akan dikaji pada penelitian ini menggunakan metode perataan kuadrat terkecil kuadrat terkecil (*Least Square Adjustment*). Langkah-langkah perhitungan Perataan Tinggi 2011 menggunakan bobot pengukuran ialah:



A. Membuat matrik koefisien atau matriks jacobian (A)

Membuat matrik koefisien atau matriks jacobian (A) yaitu dengan cara membuat persamaan linier dengan menempatkan *benchmark* yang dicari disebelah kiri persamaan dan *benchmark* yang diketahui berada di sisi kanan persamaan.

Tabel. 3.5. Persamaan matriks jacobian (A)

No	Persamaan
1	BM Ancol = BM Pasut + Δh + v1
2	GCP 7 = BM Ancol + Δh + v2
3	GCP 2 = GCP 7 + Δh + v3
4	GCP 5 = GCP 2 + Δh + v4
5	GCP 17 = GCP 5 + Δh + v5
6	GCP 20 = GCP 17 + Δh + v6
7	GCP 25 = GCP 20 + Δh + v7
8	GCP 15 = GCP 25 + Δh + v8
9	GCP 7 = GCP 15 + Δh + v9
10	GCP 5 = GCP 2 + Δh + v10
11	GCP 17 = GCP 5 + Δh + v11
12	GCP 20 = GCP 17 + Δh + v12
13	GCP 22= GCP 20 + Δh + v13
14	GCP 19= GCP 22 + Δh + v14
15	GCP 14= GCP 19 + Δh + v15
16	GCP 2= GCP 14 + Δh + v16
17	GCP 1 = GCP 2 + Δh + v17
18	GCP16 = GCP 1 + Δh + v18
19	GCP 18 = GCP 16 + Δh + v19
20	GCP 28 = GCP 18 + Δh + v20
21	GCP 27N = GCP 28 + Δh + v21
22	GCP 26 = GCP 27N + Δh + v22
23	GCP 25 = GCP 26 + Δh + v23
24	GCP 20 = GCP 25 + Δh + v24
25	GCP 22= GCP 20 + Δh + v25
26	GCP19= GCP 22 + Δh + v26
27	GCP 14= GCP 19 + Δh + v27
28	GCP 2= GCP 14 + Δh + v28

Mengatur ulang sehingga *benchmark* yang akan dicari dan *benchmark* yang diketahui berada di sisi kanan persamaan.

Tabel.3.6. Persamaan matriks jacobian (A)

No	Persamaan
1	$v1 = \text{BM Ancol} - \text{BM Pasut} - \Delta h$
2	$v2 = \text{GCP 7} - \text{BM Ancol} - \Delta h$
3	$v3 = \text{GCP 2} - \text{GCP 7} - \Delta h$
4	$v4 = \text{GCP 5} - \text{GCP 2} - \Delta h$
5	$v5 = \text{GCP 17} - \text{GCP 5} - \Delta h$
6	$v6 = \text{GCP 20} - \text{GCP 17} - \Delta h$
7	$v7 = \text{GCP 25} - \text{GCP 20} - \Delta h$
8	$v8 = \text{GCP 15} - \text{GCP 25} - \Delta h$
9	$v9 = \text{GCP 7} - \text{GCP 15} - \Delta h$
10	$v10 = \text{GCP 5} - \text{GCP 2} - \Delta h$
11	$v11 = \text{GCP 17} - \text{GCP 5} - \Delta h$
12	$v12 = \text{GCP 20} - \text{GCP 17} - \Delta h$
13	$V13 = \text{GCP 22} - \text{GCP 20} - \Delta h$
14	$V14 = \text{GCP 19} - \text{GCP 22} - \Delta h$
15	$V15 = \text{GCP 14} - \text{GCP 19} - \Delta h$
16	$V16 = \text{GCP 2} - \text{GCP 14} - \Delta h$
17	$v17 = \text{GCP 1} - \text{GCP 2} - \Delta h$
18	$v18 = \text{GCP 16} - \text{GCP 1} - \Delta h$
19	$v19 = \text{GCP 18} - \text{GCP 16} - \Delta h$
20	$v20 = \text{GCP 28} - \text{GCP 18} - \Delta h$
21	$v21 = \text{GCP 27N} - \text{GCP 28} - \Delta h$
22	$v22 = \text{GCP 26} - \text{GCP 27N} - \Delta h$
23	$v23 = \text{GCP 25} - \text{GCP 26} - \Delta h$
24	$v24 = \text{GCP 20} - \text{GCP 25} - \Delta h$
25	$V25 = \text{GCP 22} - \text{GCP 20} - \Delta h$
26	$V26 = \text{GCP 19} - \text{GCP 22} - \Delta h$
27	$V27 = \text{GCP 14} - \text{GCP 19} - \Delta h$
28	$V28 = \text{GCP 2} - \text{GCP 14} - \Delta h$

Membuat matrik (A) dari persamaan diatas :

$_{28}(A)_{17} =$

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

B. Membuat matrik pengamatan / observasi (L)

Matriks pengamatan / observasi dibuat dari matrik persamaan dan menghitung data beda tinggi sisi kanan Persamaan. Pengikatan perhitungan tinggi bereferensi dari BM Pasut dengan elevasi 2.378 m.

2l(L) 1 =	4.0095
	-1.939
	-1.855
	3.777
	2.007
	1.266
	3.722
	-6.512
	-2.382
	3.777
	2.007
	1.266
	6.582
	-7.794
	-2.721
	-3.107
	-0.346
	6.469
	7.326
	16.873
	-0.673
	-10.779
	-8.157
	-3.722
	6.582
	-7.794
	-2.721
	-3.107

C. Membuat matrik bobot $[W]$

Membuat bobot berdimensi diagonal dengan komponen varian pengukuran.

Rumus matrik bobot $w_i = \frac{1}{\sigma^2}$

$$28[\text{W}]_{28} =$$

1803.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	1235	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	710.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	2081.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	1224.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	3451.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	1135.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	792.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	944.82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2081.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1224.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3451.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2551	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2192.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	771.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3862.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	509.61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1395.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240.55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1637.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1025	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1189.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1135.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2551.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2599	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2192.1	0	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	771.43	0	0	

D. Perhitungan matriks parameter dicari (X)

Menghitung matrik parameter dicari (X) yang merupakan tinggi titik-titik observasi adalah dengan rumus berikut.

$${}_{17}[\mathbf{X}]_1 = ({}_{17}\mathbf{A}_{28}^T \cdot {}_{28}\mathbf{W}_{28} \cdot {}_{28}\mathbf{A}_{17})^{-1} \cdot ({}_{17}\mathbf{A}_{28}^T \cdot {}_{28}\mathbf{W}_{28} \cdot {}_{28}\mathbf{L}_1)$$

Adapun hasil perhitungan parameter dicari (X) yang merupakan tinggi titik-titik observasi adalah seperti tabel berikut.



Tabel 3.7. Hasil nilai parameter (X) tinggi titik kontrol survei tahun tahun 2011.

No	Titik	Tinggi (H) (meter)
1	BM Ancol	4.0095
2	GCP 7	2.0705
3	GCP 2	0.2111
4	GCP 5	3.9857
5	GCP 17	5.9887
6	GCP 20	7.2533
7	GCP 25	10.9717
8	GCP 15	4.4558
9	GCP 22	13.8350
10	GCP 19	6.0406
11	GCP 14	3.3192
12	GCP 1	-0.1336
13	GCP 16	6.3452
14	GCP 18	13.6748
15	GCP 28	30.5686
16	GCP 27N	29.8986
17	GCP 26	19.1245

E. Perhitungan matrik residu pengukuran (V)

Menghitung matrik residu pengukuran (V) pengukuran adalah dengan rumus berikut.

$$_{28}[V]_1 = _{28}A_{17\ 17}X_1 - _{28}L_1$$

Adapun hasil residu pengukuran adalah seperti tabel berikut.

Tabel 3.8. Hasil residu pengukuran tahun 2011.

No	Titik	Nilai
1	BM Ancol-BM Pasut	0
2	GCP 7-BM Ancol	0
3	GCP 2-GCP 7	-0.0044
4	GCP 5-GCP 2	-0.0024
5	GCP 17-GCP 5	-0.004
6	GCP 20-GCP 17	-0.0014
7	GCP 25-GCP 20	-0.0036
8	GCP 15- GCP 25	-0.0039
9	GCP 7-GCP 15	-0.0033
10	GCP 5-GCP 2	-0.0024
11	GCP 17-GCP 5	-0.004
12	GCP 20-GCP 17	-0.0014
13	GCP 22-GCP 20	-0.0003
14	GCP 19-GCP 22	-0.0003
15	GCP 14-GCP 19	-0.0004
16	GCP 2-GCP 14	-0.0011
17	GCP 1-GCP 2	0.00129
18	GCP 16-GCP 1	0.00981
19	GCP 18-gcp 16	0.00358
20	GCP 28-GCP 18	0.02079
21	GCP 27N-GCP 28	0.00305
22	GCP 26-GCP 27	0.00488
23	GCP 25-GCP 26	0.0042
24	GCP 20-GCP 25	0.00357
25	GCP 22GCP 20	-0.0003
26	GCP 19-GCP 22	-0.0003
27	GCP 14-GCP 19	-0.0004
28	GCP 2-GCP 14	-0.0011

F. Perhitungan varian aposteriori ($\hat{\sigma}_o^2$)

Menghitung nilai varian aposteriori ($\hat{\sigma}_o^2$) adalah dengan rumus berikut.

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{v^T w v}{r}$$

Adapun hasil perhitungan rumus diatas, maka varian aposteriori ($\hat{\sigma}_o^2$) adalah

$$\hat{\sigma}_o^2 = 0.52 \text{ m}$$

G. Perhitungan standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$)

Menghitung nilai standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$) adalah dengan rumus berikut.

$$\hat{S}_0 = \sqrt{\frac{v^T W v}{r}}$$

Adapun hasil perhitungan rumus diatas, maka standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$) adalah

$$\hat{S}_0 = 0.721 \text{ m}$$

H. Perhitungan standart deviasi setiap titik pengamatan

Menghitung standart deviasi setiap titik pengamatan untuk mengetahui analisa sensitifitas sistem penurunan tanah.

$$\hat{S}_i = \hat{S}_0 \times \sqrt{(A^T W A)^{-1}}$$

Hasil perhitungan standart deviasi setiap titik pengamatan ialah seperti tabel berikut.

Tabel 3.9. Hasil standart deviasi setiap titik pengamatan

No	Titik	$\hat{S}_i$
1	BM Ancol	0.01698
2	GCP 7	0.02664
3	GCP 2	0.03488
4	GCP 5	0.03579
5	GCP 17	0.03617
6	GCP 20	0.03597
7	GCP 25	0.03612
8	GCP 15	0.03366
9	GCP 22	0.0366
10	GCP 19	0.03692
11	GCP 14	0.03696
12	GCP 1	0.03661
13	GCP 16	0.04538
14	GCP 18	0.04716
15	GCP 28	0.04642
16	GCP 27N	0.0446
17	GCP 26	0.04082

3.4.4. Perhitungan Uji Statistik *Chi Square* Tahun 2011

Uji statistik terhadap hasil perhitungan perataan tinggi tahun 2011 menggunakan bobot pengukuran distribusi *chi square* adalah sebagai berikut.

- a) Menentukan hipotesa

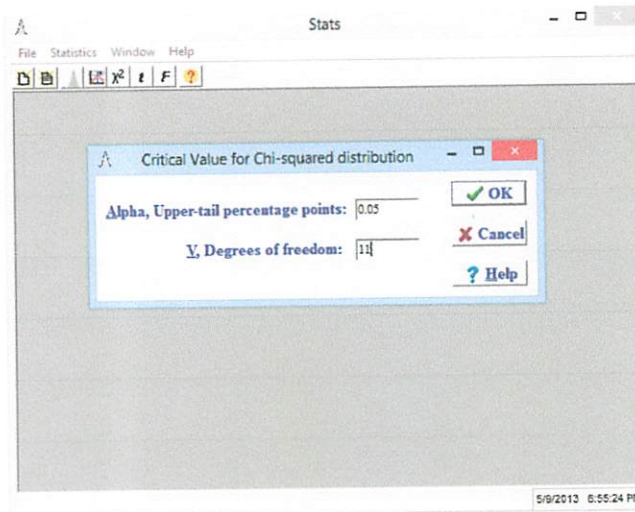
$$H_0 = S^2 = 1$$

$$H_a = S^2 \neq 1$$

- b) Tes statistik

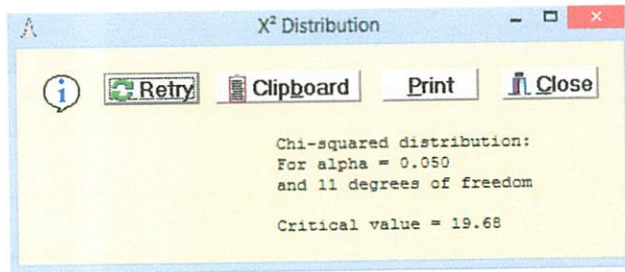
$$\chi^2 = \frac{vS^2}{\sigma^2} = \frac{11(0,520)}{1} = 5.724$$

- c) Memasukkan nilai alfa dari tingkat kepercayaan 95%, nilai alfa upper yaitu 0.05 dan nilai alfa lower yaitu 0.95. Kemudian memasukan *degree of freedom* perhitungan yaitu 11.

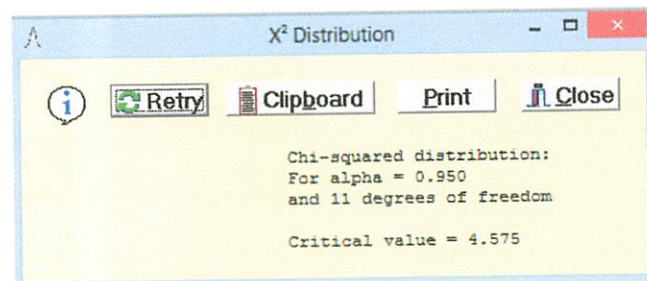


Gambar.3.5. Input nilai *chi distribution* pengujian 2011.

- d) Hasil tabel *chi square* untuk nilai *upper* ialah 19.68 dan nilai *lower* ialah 4.575.



Gambar.3.6. Hasil nilai *upper chi distribution* pengujian 2011.



Gambar.3.7. Hasil nilai *lower chi distribution* pengujian 2011.

- e) Daerah penolakan

$$5.724 = \chi^2 > \chi^2_{0.05,13} = 19.68$$

$$5.724 = \chi^2 < \chi^2_{0.95,13} = 4.575$$

- f) Hasil perhitungan uji statistik tersebut menyatakan bahwa nilai *chi square* ialah 5.724, maka nilai tersebut diantara nilai *upper* dan *lower* tabel *chi square*. Hasil uji statistik menyatakan menerima hipotesa H_0 , sehingga data hasil pengukuran leveling tahun 2011 tidak dipengaruhi kesalahan acak.



3.5. Perhitungan Tinggi Titik Pantau Tahun 2012

3.5.1. Data Pengukuran Leveling Tahun 2012

Data pengukuran leveling meliputi hasil ukuran beda tinggi dan jarak titik pengukuran dengan menggunakan waterpas dengan menggunakan titik kontrol pada BM pasut yang telah diketahui koordinat dan titik tingginya. Selanjutnya dari data tersebut dicari nilai dari *standard error*(σ) yaitu dengan rumus $12\text{mm} \sqrt{D}$ (km).

Tabel 3.10. Data pengukuran leveling 2012

NO	Dari Titik	Ke Titik	Beda Tinggi (Δh) (m)	Jarak (km)	σ (m)
1	BM Pasut	BM Ancol	1.613	4.037	0.024
2	BM Ancol	GCP 7	-1.677	6.32	0.030
3	GCP 7	GCP 2	-2.022	9.537	0.037
4	GCP 2	GCP 5	3.817	1.979	0.017
5	GCP 5	GCP 17	2.022	6.188	0.030
6	GCP 17	GCP 20	1.28	2.33	0.018
7	GCP 20	GCP 25	3.664	6.616	0.031
8	GCP 25	GCP 15	-6.482	8.714	0.035
9	GCP 15	BM Ancol	-0.619	11.52	0.041
10	GCP 2	GCP 5	3.817	1.979	0.017
11	GCP 5	GCP 17	2.022	6.188	0.030
12	GCP 17	GCP 20	1.28	2.33	0.018
13	GCP 20	GCP 22	6.571	2.699	0.020
14	GCP 22	GCP 19	-8.023	3.244	0.022
15	GCP 19	GCP 14	-2.713	2.967	0.021
16	GCP 14	GCP 2	-2.986	8.913	0.036
17	GCP 2	GCP 1	-0.348	1.474	0.015
18	GCP 1	GCP 16	6.333	17.213	0.050
19	GCP 16	GCP 18	7.296	5.051	0.027
20	GCP 18	GCP 28	16.988	32.814	0.069
21	GCP 28	GCP 27N	-0.55	3.74	0.023
22	GCP 27N	GCP 26	-10.749	4.138	0.024
23	GCP 26	GCP 25	-8.174	6.631	0.031
24	GCP 25	GCP 20	-3.664	6.616	0.031
25	GCP 20	GCP 22	6.571	2.699	0.020
26	GCP 22	GCP 19	-8.023	3.244	0.022
27	GCP 19	GCP 14	-2.713	2.967	0.021
28	GCP 14	GCP 2	-2.986	8.913	0.036

3.5.2. Perhitungan Penutup Tinggi Tahun 2012

Perhitungan penutup tinggi digunakan sebagai acuan untuk mengetahui kualitas hasil pengukuran apakah selisih beda tinggi tersebut masih masuk dalam batas toleransi ataukah tidak. Pada pengukuran ini perhitungan penutup tinggi dibagi menjadi 3 looping dimana setiap looping akan dihitung agar diketahui kualitas pengukuran tiap looping tersebut. Hasil perhitungan tiap looping penutup tinggi dapat dilihat pada tabel.

- a. Looping 1 terdiri dari titik BM Ancol - GCP 7 - GCP 2 - GCP 5 - GCP 17 - GCP 20 - GCP25 - GCP 15 - BM Ancol

Tabel 3.11. Data perhitungan looping 1 tahun 2012.

NO	Dari Titik	Ke Titik	Beda Tinggi (Δh) (m)	Jarak (km)
1	BM Ancol	GCP 7	-1.677	6.32
2	GCP 7	GCP 2	-2.022	9.537
3	GCP 2	GCP 5	3.817	1.979
4	GCP 5	GCP 17	2.022	6.188
5	GCP 17	GCP 20	1.28	2.33
6	GCP 20	GCP 25	3.664	6.616
7	GCP 25	GCP 15	-6.482	8.714
8	GCP 15	BM Ancol	-0.619	11.52
ΣΔh			= 17 mm	
ΣD			= 53.204 km	
Toleransi (12x√D km)			= 88 mm	
Keterangan			= SesuaiToleransi (Diterima)	

- b. Looping 2 terdiri dari titik GCP 2 - GCP 5 - GCP 17 - GCP 20 - GCP 22- GCP 19 - GCP 14 - GCP 2.

Tabel 3.12. Data perhitungan looping 2 tahun 2012.

NO	Dari Titik	Ke Titik	Beda Tinggi (Δh) (m)	Jarak (km)
1	GCP 2	GCP 5	3.817	1.979
2	GCP 5	GCP 17	2.022	6.188
3	GCP 17	GCP 20	1.28	2.33
4	GCP 20	GCP 22	6.571	2.699
5	GCP 22	GCP 19	-8.023	3.244
6	GCP 19	GCP 14	-2.713	2.967
7	GCP 14	GCP 2	-2.986	8.913
$\Sigma \Delta h$			= 32 mm	
ΣD			= 28.32 km	
Toleransi ($12\sqrt{D}$ km)			= 64 mm	
Keterangan			= Sesuai Toleransi (Diterima)	

- c. Looping 3 terdiri dari titik GCP 2 - GCP 1 - GCP 16 - GCP 18 -GCP 28 -GCP 27N -GCP 26 - GCP 25 -GCP 20 - GCP 22 - GCP 19 - GCP 14 - GCP 2.

Tabel 3.13. Data perhitungan looping 3 tahun 2012.

NO	Dari Titik	Ke Titik	Beda Tinggi (Δh) (m)	Jarak (km)
1	GCP 2	GCP 1	-0.348	1.474
2	GCP 1	GCP 16	6.333	17.213
3	GCP 16	GCP 18	7.296	5.051
4	GCP 18	GCP 28	16.988	32.814
5	GCP 28	GCP 27N	-0.55	3.74
6	GCP 27N	GCP 26	-10.749	4.138
7	GCP 26	GCP 25	-8.174	6.631
8	GCP 25	GCP 20	-3.664	6.616
9	GCP 20	GCP 22	6.571	2.699
10	GCP 22	GCP 19	-8.023	3.244
11	GCP 19	GCP 14	-2.713	2.967
12	GCP 14	GCP 2	-2.986	8.913
$\Sigma \Delta h$			= 19 mm	
ΣD			= 95.5 km	
Toleransi ($12\sqrt{D}$ km)			= 117 mm	
Keterangan =			= Sesuai Toleransi (Diterima)	

3.5.3. Perhitungan Perataan Tinggi Tahun 2012

Pelaksanaan perhitungan tinggi, 17 titik pengukuran pada tahun 2012 yang akan dikaji pada penelitian ini menggunakan metode perataan kuadrat terkecil kuadrat

terkecil (*Least Square Adjusment*). Langkah-langkah perhitungan Perataan Tinggi 2012 menggunakan bobot pengukuran ialah:

A. Membuat matrik koefisien atau matriks jacobian (A)

Membuat matrik koefisien atau matriks jacobian (A) yaitu dengan cara membuat persamaan linier dengan menempatkan *benchmark* yang dicari disebelah kiri persamaan dan *benchmark* yang diketahui berada di sisi kanan persamaan

Tabel. 3.14. Persamaan matriks jacobian (A)

No	Persamaan
1	BM Ancol = BM Pasut + Δh + v1
2	GCP 7 = BM Ancol + Δh + v2
3	GCP 2 = GCP 7 + Δh + v3
4	GCP 5 = GCP 2 + Δh + v4
5	GCP 17 = GCP 5 + Δh + v5
6	GCP 20 = GCP 17 + Δh + v6
7	GCP 25 = GCP 20 + Δh + v7
8	GCP 15 = GCP 25 + Δh + v8
9	BM Ancol = GCP 15 + Δh + v9
10	GCP 5 = GCP 2 + Δh + v10
11	GCP 17 = GCP 5 + Δh + v11
12	GCP 20 = GCP 17 + Δh + v12
13	GCP 22= GCP 20 + Δh + v13
14	GCP 19= GCP 22 + Δh + v14
15	GCP 14= GCP 19 + Δh + v15
16	GCP 2= GCP 14 + Δh + v16
17	GCP 1 = GCP 2 + Δh + v17
18	GCP16 = GCP 1 + Δh + v18
19	GCP 18 = GCP 16 + Δh + v19
20	GCP 28 = GCP 18 + Δh + v20
21	GCP 27N = GCP 28 + Δh + v21
22	GCP 26 = GCP 27N + Δh + v22
23	GCP 25 = GCP 26 + Δh + v23
24	GCP 20 = GCP 25 + Δh + v24
25	GCP 22= GCP 20 + Δh + v25
26	GCP19= GCP 22 + Δh + v26
27	GCP 14= GCP 19 + Δh + v27
28	GCP 2= GCP 14 + Δh + v28

Mengatur ulang sehingga *benchmark* yang akan dicari dan *benchmark* yang diketahui berada di sisi kanan persamaan

Tabel.3.15. Persamaan matriks jacobian (A)

No	Persamaan
1	$v1 = \text{BM Ancol} - \text{BM Pasut} - \Delta h$
2	$v2 = \text{GCP 7} - \text{BM Ancol} - \Delta h$
3	$v3 = \text{GCP 2} - \text{GCP 7} - \Delta h$
4	$v4 = \text{GCP 5} - \text{GCP 2} - \Delta h$
5	$v5 = \text{GCP 17} - \text{GCP 5} - \Delta h$
6	$v6 = \text{GCP 20} - \text{GCP 17} - \Delta h$
7	$v7 = \text{GCP 25} - \text{GCP 20} - \Delta h$
8	$v8 = \text{GCP 15} - \text{GCP 25} - \Delta h$
9	$v9 = \text{GCP 7} - \text{GCP 15} - \Delta h$
10	$v10 = \text{GCP 5} - \text{GCP 2} - \Delta h$
11	$v11 = \text{GCP 17} - \text{GCP 5} - \Delta h$
12	$v12 = \text{GCP 20} - \text{GCP 17} - \Delta h$
13	$V13 = \text{GCP 22} - \text{GCP 20} - \Delta h$
14	$V14 = \text{GCP 19} - \text{GCP 22} - \Delta h$
15	$V15 = \text{GCP 14} - \text{GCP 19} - \Delta h$
16	$V16 = \text{GCP 2} - \text{GCP 14} - \Delta h$
17	$v17 = \text{GCP 1} - \text{GCP 2} - \Delta h$
18	$v18 = \text{GCP 16} - \text{GCP 1} - \Delta h$
19	$v19 = \text{GCP 18} - \text{GCP 16} - \Delta h$
20	$v20 = \text{GCP 28} - \text{GCP 18} - \Delta h$
21	$v21 = \text{GCP 27N} - \text{GCP 28} - \Delta h$
22	$v22 = \text{GCP 26} - \text{GCP 27N} - \Delta h$
23	$v23 = \text{GCP 25} - \text{GCP 26} - \Delta h$
24	$v24 = \text{GCP 20} - \text{GCP 25} - \Delta h$
25	$V25 = \text{GCP 22} - \text{GCP 20} - \Delta h$
26	$V26 = \text{GCP 19} - \text{GCP 22} - \Delta h$
27	$V27 = \text{GCP 14} - \text{GCP 19} - \Delta h$
28	$V28 = \text{GCP 2} - \text{GCP 14} - \Delta h$

Membuat matrik (A) dari persamaan diatas :

28 (A) ₁₇ =

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0

B. Membuat matrik pengamatan / observasi (L)

Matriks pengamatan / observasi dibuat dari matrik persamaan dan menghitung data beda tinggi sisi kanan Persamaan. Pengikatan perhitungan tinggi bereferensi dari BM Pasut dengan elevasi 2.378 m.

$21(L)_1 =$

3.9905
-1.677
-2.022
3.817
2.022
1.28
3.664
-6.482
-0.619
3.817
2.022
1.28
6.571
-8.023
-2.713
-2.986
-0.348
6.333
7.296
16.988
-0.55
-10.749
-8.174
-3.664
6.571
-8.023
-2.713
-2.986

C. Membuat matrik bobot [W]

Membuat bobot berdimensi diagonal dengan komponen *varian* pengukuran.

Rumus matrik bobot $w_i = \frac{1}{\sigma^2}$

$$28 \quad [W]_{28} =$$

[illegible]

D. Perhitungan matriks parameter dicari (X)

Menghitung matrik parameter dicari (X) yang merupakan tinggi titik-titik observasi adalah dengan rumus berikut.

$${}_{17}[\mathbf{X}]_1 = ({}_{17}\mathbf{A}_{28}^T \cdot {}_{28}\mathbf{W}_{28} \cdot {}_{28}\mathbf{A}_{17})^{-1} \cdot ({}_{17}\mathbf{A}_{28}^T \cdot {}_{28}\mathbf{W}_{28} \cdot {}_{28}\mathbf{L}_1)$$

Adapun hasil perhitungan parameter dicari (X) yang merupakan tinggi titik-titik observasi adalah seperti tabel berikut.

Tabel 3.16. Hasil nilai parameter (X) tinggi titik kontrol survei tahun tahun 2012.

No	Titik	Tinggi (H) (meter)
1	BM Ancol	3.9905
2	GCP 7	2.3143
3	GCP 2	0.2934
4	GCP 5	4.1127
5	GCP 17	6.1419
6	GCP 20	7.4247
7	GCP 25	11.0891
8	GCP 15	4.6081
9	GCP 22	13.9987
10	GCP 19	5.9792
11	GCP 14	3.2695
12	GCP 1	-0.0546
13	GCP 16	6.2783
14	GCP 18	13.5743
15	GCP 28	30.5621
16	GCP 27N	30.0121
17	GCP 26	19.2631

E. Perhitungan matrik residu pengukuran (V)

Menghitung matrik residu pengukuran (V) pengukuran adalah dengan rumus berikut.

$$V = A_{17 \times 17} X - L_1$$

Adapun hasil residu pengukuran adalah seperti tabel berikut.

Tabel 3.17. Hasil residu pengukuran tahun 2012.

No	Titik	Nilai
1	BM Ancol	1.7E-14
2	GCP 7	0.00076
3	GCP 2	0.00114
4	GCP 5	0.00231
5	GCP 17	0.00723
6	GCP 20	0.00272
7	GCP 25	0.00041
8	GCP 15	0.00104
9	Bm Ancol	0.00138
10	GCP 5	0.00231
11	GCP 17	0.00723
12	GCP 20	0.00272
13	GCP 22	0.00299
14	GCP 19	0.00359
15	GCP 14	0.00328
16	GCP 2	0.00987
17	GCP 1	-7E-06
18	GCP 16	-8E-05
19	GCP 18	-2E-05
20	GCP 28	-0.0001
21	GCP 27N	-2E-05
22	GCP 26	-2E-05
23	GCP 25	-3E-05
24	GCP 20	-0.0004
25	GCP 22	0.00299
26	GCP 19	0.00359
27	GCP 14	0.00328
28	GCP 2	0.00987

F. Perhitungan varian aposteori ($\hat{\sigma}_o^2$)

Menghitung nilai varian aposteori ($\hat{\sigma}_o^2$) adalah dengan rumus berikut.

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{v^T w v}{r}$$

Adapun hasil perhitungan rumus diatas, maka varian aposteori ($\hat{\sigma}_o^2$) adalah

$$\hat{\sigma}_o^2 = 0.449 \text{ m}$$

G. Perhitungan standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$)

Menghitung nilai standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$) adalah dengan rumus berikut.

$$\hat{S}_0 = \sqrt{\frac{v^T W V}{r}}$$

Adapun hasil perhitungan rumus rumus diatas, maka standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$) adalah

$$\hat{S}_0 = 2.222 \text{ m}$$

3.5.4. Perhitungan Uji Statistik *Chi Square* Tahun 2012

Uji statistik terhadap hasil perhitungan perataan tinggi tahun 2012 menggunakan bobot pengukuran distribusi *chi square* adalah sebagai berikut.

A. Menentukan hipotesa

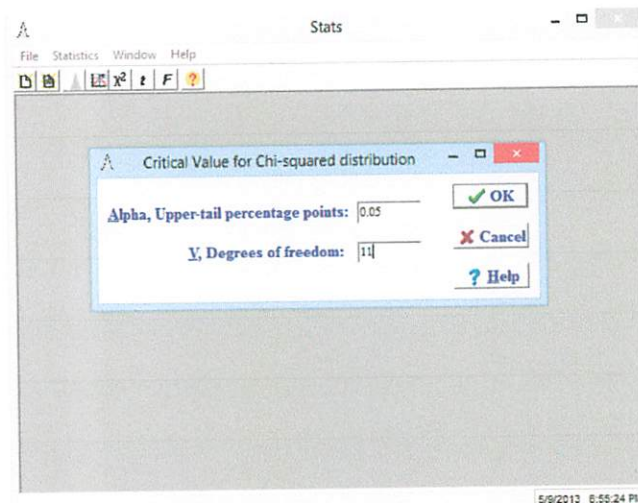
$$H_0 = S^2 = 1$$

$$H_a = S^2 \neq 1$$

B. Tes statistik

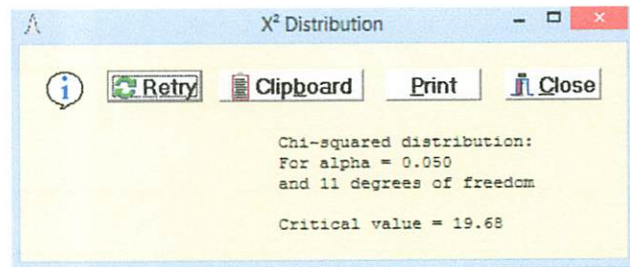
$$\chi^2 = \frac{vS^2}{\sigma^2} = \frac{11(0,449)}{1} = 4.94$$

C. Memasukkan nilai alfa dari tingkat kepercayaan 95%, nilai alfa upper yaitu 0.05 dan nilai alfa lower yaitu 0.95. Kemudian memasukan *degree of freedom* perhitungan yaitu 11.

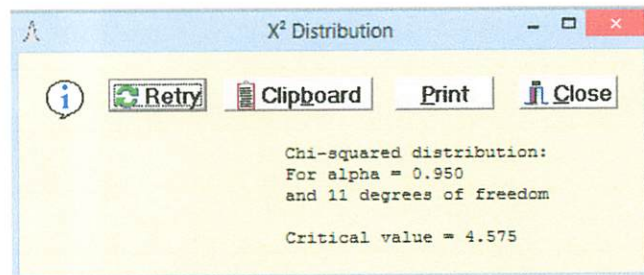


Gambar. 3.8. Input nilai *chi distribution* pengujian 2012

D. Hasil tabel *chi square* untuk nilai *upper* ialah 19.68 dan nilai *lower* ialah 4.575.



Gambar.3.9. Hasil nilai *upper chi distribution* pengujian 2012.



Gambar.3.10. Hasil nilai *lower chi distribution* pengujian 2012

E. Daerah penolakan

$$4.94 = \chi^2 > \chi^2_{0.05,13} = 19.68$$

$$4.94 = \chi^2 < \chi^2_{0.95,13} = 4.575$$

F. Hasil perhitungan uji statistik tersebut menyatakan bahwa nilai *chi square* ialah 4.94, maka nilai tersebut diantara nilai *upper* dan *lower* tabel *chi square*. Hasil uji statistik menyatakan menerima hipotesa H_0 , sehingga data hasil pengukuran leveling tahun 2012 tidak dipengaruhi kesalahan acak.



3.6. Perhitungan Deformasi dan Uji Stastistik

3.6.1. Tabel Hasil Elevasi Tahun 2011 dan Tahun 2012

Hasil perhitungan tinggi tahun 2011 dan 2012 adalah seperti tabel berikut.

Tabel 3.18. Hasil perhitungan tinggi tahun 2011 dan 2012.

No	Titik	Tinggi 2011 (m)	Tinggi 2012 (m)
1	BM Ancol	4.0095	3.9905
2	GCP 7	2.0705	2.314256197
3	GCP 2	0.211114867	0.293397312
4	GCP 5	3.985749963	4.112710771
5	GCP 17	5.988729768	6.141944568
6	GCP 20	7.253303453	7.424668348
7	GCP 25	10.97172872	11.08907897
8	GCP 15	4.455796587	4.608121616
9	GCP 22	13.83496427	13.99865597
10	GCP 19	6.040631326	5.979246883
11	GCP 14	3.319236573	3.26953117
12	GCP 1	-0.13359043	-0.054609291
13	GCP 16	6.345222101	6.278313598
14	GCP 18	13.67480522	13.57429097
15	GCP 28	30.56859321	30.56214397
16	GCP 27N	29.89864635	30.01212722
17	GCP 26	19.12452489	19.26310868

3.6.2. Input Data Hasil Perhitungan Elevasi

Memasukkan data-data yang diperlukan dalam perhitungan deformasi menggunakan bobot pengukuran.

A. Matriks parameter dicari (x_1) data tahun 2011

$$(x_1) = \begin{bmatrix} 4.0095 \\ 2.0705 \\ 0.211115 \\ 3.98575 \\ 5.98873 \\ 7.253303 \\ 10.97173 \\ 4.455797 \\ 13.83496 \\ 6.040631 \\ 3.319237 \\ -0.13359 \\ 6.345222 \\ 13.67481 \\ 30.56859 \\ 29.89865 \\ 19.12452 \end{bmatrix}$$

B. Matriks parameter dicari (x_2) data tahun 2012

$$(x_2) = \begin{bmatrix} 3.9905 \\ 2.314256 \\ 0.293397 \\ 4.112711 \\ 6.141945 \\ 7.424668 \\ 11.08908 \\ 4.608122 \\ 13.99866 \\ 5.979247 \\ 3.269531 \\ -0.05461 \\ 6.278314 \\ 13.57429 \\ 30.56214 \\ 30.01213 \\ 19.26311 \end{bmatrix}$$

C. Matrik varian kovarian $C_{x1} (A^T WA)^{-1}$ data tahun 2011

$$C_{x1} =$$

0.00055	0.0005545	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055	0.00055
0.00055	0.001364	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136	0.00136
0.00055	0.001364	0.00234	0.0023	0.00223	0.0022	0.00208	0.00169	0.00222	0.00224	0.00227	0.00233	0.00228	0.00226	0.00214	0.00213	0.0021	0.0021
0.00055	0.001364	0.0023	0.00246	0.00233	0.00229	0.00215	0.00172	0.00229	0.00229	0.00229	0.00229	0.00226	0.00225	0.00218	0.00218	0.00216	0.00216
0.00055	0.001364	0.00223	0.00233	0.00252	0.00243	0.00226	0.00177	0.0024	0.00237	0.00233	0.00223	0.00224	0.00224	0.00225	0.00226	0.00226	0.00226
0.00055	0.001364	0.0022	0.00229	0.00243	0.00249	0.0023	0.00179	0.00244	0.0024	0.00235	0.0022	0.00223	0.00223	0.00228	0.00228	0.00229	0.00229
0.00055	0.001364	0.00208	0.00215	0.00226	0.0023	0.00251	0.00189	0.00227	0.00223	0.00219	0.00209	0.00218	0.00221	0.0024	0.00243	0.00247	0.00247
0.00055	0.001364	0.00169	0.00172	0.00177	0.00179	0.00189	0.00218	0.00178	0.00176	0.00174	0.0017	0.00174	0.00175	0.00184	0.00185	0.00187	0.00187
0.00055	0.001364	0.00222	0.00229	0.0024	0.00244	0.00227	0.00178	0.00257	0.00251	0.00244	0.00222	0.00223	0.00224	0.00226	0.00226	0.00226	0.00226
0.00055	0.001364	0.00224	0.00229	0.00237	0.0024	0.00223	0.00176	0.00251	0.00262	0.00252	0.00224	0.00224	0.00224	0.00224	0.00224	0.00224	0.00224
0.00055	0.001364	0.00227	0.00229	0.00233	0.00235	0.00219	0.00174	0.00244	0.00252	0.00263	0.00227	0.00225	0.00225	0.00221	0.00221	0.00221	0.00221
0.00055	0.001364	0.00228	0.00226	0.00224	0.00223	0.00218	0.00174	0.00223	0.00224	0.00225	0.00247	0.00396	0.00378	0.00277	0.00262	0.00238	0.00238
0.00055	0.001364	0.00226	0.00225	0.00224	0.00223	0.00221	0.00175	0.00224	0.00224	0.00225	0.00244	0.00378	0.00427	0.00297	0.00278	0.00247	0.00247
0.00055	0.001364	0.00214	0.00218	0.00225	0.00228	0.0024	0.00184	0.00226	0.00224	0.00221	0.00222	0.00227	0.00297	0.00414	0.0037	0.003	0.003
0.00055	0.001364	0.00213	0.00218	0.00226	0.00228	0.00243	0.00185	0.00226	0.00224	0.00221	0.00219	0.00262	0.00278	0.0037	0.00384	0.00308	0.00308
0.00055	0.001364	0.0021	0.00216	0.00226	0.00229	0.00247	0.00187	0.00226	0.00224	0.0022	0.00213	0.00238	0.00247	0.003	0.00308	0.0032	0.0032

D. Matrik varian kovarian $C_{x2} (A^T WA)^{-1}$ data tahun 2012.

$$C_{x2} =$$

0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058	0.00058
0.00058	0.00135	0.00115	0.00114	0.0011	0.00108	0.00102	0.00083	0.00109	0.00111	0.00112	0.00115	0.00111	0.00111	0.00104	0.00104	0.00103	0.00103
0.00058	0.00115	0.00201	0.00197	0.00188	0.00184	0.00168	0.00121	0.00187	0.0019	0.00192	0.002	0.00192	0.0019	0.00174	0.00173	0.00171	0.00171
0.00058	0.00114	0.00197	0.00207	0.00194	0.00189	0.00172	0.00123	0.0019	0.00192	0.00193	0.00197	0.00191	0.00189	0.00177	0.00176	0.00174	0.00174
0.00058	0.0011	0.00188	0.00194	0.00214	0.00204	0.00184	0.0013	0.00202	0.00199	0.00196	0.00188	0.00187	0.00187	0.00185	0.00185	0.00184	0.00184
0.00058	0.00108	0.00184	0.00189	0.00204	0.0021	0.00189	0.00132	0.00206	0.00202	0.00197	0.00184	0.00185	0.00186	0.00188	0.00188	0.00188	0.00188
0.00058	0.00102	0.00168	0.00172	0.00184	0.00189	0.0021	0.00144	0.00206	0.00202	0.00197	0.00184	0.00185	0.00186	0.00188	0.00188	0.00188	0.00188
0.00058	0.00083	0.00121	0.00123	0.0013	0.00132	0.00144	0.00179	0.00131	0.00128	0.00127	0.00121	0.00127	0.00129	0.0014	0.00141	0.00142	0.00142
0.00058	0.00109	0.00187	0.0019	0.00202	0.00206	0.00186	0.00131	0.0022	0.00213	0.00206	0.00187	0.00186	0.00186	0.00186	0.00186	0.00186	0.00186
0.00058	0.00111	0.0019	0.00192	0.00199	0.00202	0.00182	0.00128	0.00213	0.00226	0.00217	0.00189	0.00188	0.00187	0.00183	0.00183	0.00182	0.00182
0.00058	0.00112	0.00192	0.00193	0.00196	0.00197	0.00178	0.00127	0.00206	0.00217	0.00227	0.00192	0.00189	0.00188	0.00181	0.0018	0.0018	0.0018
0.00058	0.00115	0.002	0.00197	0.00188	0.00184	0.00169	0.00121	0.00187	0.00189	0.00192	0.0022	0.00207	0.00204	0.00179	0.00177	0.00174	0.00174
0.00058	0.00111	0.00192	0.00191	0.00187	0.00185	0.00179	0.00127	0.00186	0.00188	0.00189	0.00207	0.00387	0.00367	0.00236	0.00222	0.00205	0.00205
0.00058	0.00111	0.0019	0.00189	0.00187	0.00186	0.00182	0.00129	0.00186	0.00187	0.00188	0.00204	0.00367	0.00415	0.00253	0.00235	0.00214	0.00214
0.00058	0.00104	0.00174	0.00177	0.00185	0.00188	0.00201	0.0014	0.00186	0.00183	0.00181	0.00179	0.00236	0.00253	0.00362	0.0032	0.00275	0.00275
0.00058	0.00104	0.00173	0.00176	0.00185	0.00188	0.00203	0.00141	0.00186	0.00183	0.0018	0.00177	0.00222	0.00235	0.0032	0.0033	0.00281	0.00281
0.00058	0.00103	0.00171	0.00174	0.00184	0.00188	0.00206	0.00142	0.00186	0.00182	0.0018	0.00174	0.00205	0.00214	0.00275	0.00281	0.00289	0.00289

3.6.3. Perhitungan Nilai Vektor Deformasi

Perhitungan deformasi pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui besaran vektor deformasi tiap titik pantau pada tahun 2011-2012.

A. Menghitung vektor deformasi ($\hat{dx}$)

Perhitungan vektor deformasi ($\hat{dx}$) adalah menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\hat{dx} = \hat{x}_2 - \hat{x}_1$$

B. Varians Tiap titik (ketelitian deformasi)

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

Tabel 3.19. Nilai vektor deformasi dan ketelitiannya

Titik Pantau	Epoch 2011-2012	
	dx_{12} (meter)	σ^2 (meter)
BM Ancol	-0.019	0.000567936
GCP 7	0.24401874	0.001359442
GCP 2	0.08143216	0.002172015
GCP 5	0.12701421	0.002268161
GCP 17	0.15609389	0.002326574
GCP 20	0.17530795	0.002294464
GCP 25	0.12071127	0.002301632
GCP 15	0.15466925	0.001982092
GCP 22	0.16910467	0.00238605
GCP 19	-0.0687047	0.00244074
GCP 14	-0.0554098	0.002446858
GCP 1	0.07821821	0.002388417
GCP 16	-0.0666513	0.00391283
GCP 18	-0.0999577	0.004210538
GCP 28	-0.0039481	0.003880336
GCP 27N	0.11620368	0.003570295
GCP 26	0.14155183	0.003046768

C. Perhitungan penurunan tanah rata-rata, $d\hat{x} = \frac{\sum d\hat{x}}{n}$

$$d\hat{x} \text{ subsidence} = \frac{-0,303 \text{ m}}{6} = -0,051 \text{ m.}$$

3.6.4. Perhitungan Uji Statistik Metode Global Test

A. Menghitung jumlah varian kovarian ($C_{\hat{x}}$)

Perhitungan jumlah varian kovarian ($C_{\hat{x}}$) adalah menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C_{\hat{d}\hat{x}} = C_{\hat{x}_1} + C_{\hat{x}_2}$$

Adapun hasil jumlah varian kovarian adalah seperti berikut.

0.00114	0.0011359	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114	0.00114
0.00114	0.0027189	0.00251	0.0025	0.00246	0.00245	0.00238	0.00219	0.00246	0.00247	0.00248	0.00251	0.00248	0.00247	0.00241	0.0024	0.00239
0.00114	0.0025129	0.00434	0.00427	0.0041	0.00404	0.00376	0.0029	0.00409	0.00414	0.00419	0.00433	0.0042	0.00415	0.00389	0.00386	0.00381
0.00114	0.0025006	0.00427	0.00454	0.00427	0.00418	0.00386	0.00295	0.00419	0.00421	0.00423	0.00426	0.00417	0.00414	0.00395	0.00393	0.0039
0.00114	0.0024621	0.0041	0.00427	0.00465	0.00448	0.0041	0.00307	0.00442	0.00436	0.00429	0.00411	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041	0.0041
0.00114	0.0024476	0.00404	0.00418	0.00448	0.00459	0.00419	0.00312	0.00451	0.00441	0.00432	0.00405	0.00408	0.00409	0.00416	0.00416	0.00418
0.00114	0.0023823	0.00376	0.00386	0.0041	0.00419	0.0046	0.00333	0.00412	0.00405	0.00398	0.00378	0.00397	0.00403	0.00441	0.00446	0.00453
0.00114	0.0021941	0.0029	0.00295	0.00307	0.00312	0.00333	0.00396	0.00308	0.00305	0.00301	0.00291	0.003	0.00304	0.00323	0.00326	0.00329
0.00114	0.0024575	0.00409	0.00419	0.00442	0.00451	0.00412	0.00308	0.00477	0.00464	0.0045	0.00409	0.0041	0.0041	0.00411	0.00412	0.00412
0.00114	0.0024694	0.00414	0.00421	0.00436	0.00441	0.00405	0.00305	0.00464	0.00488	0.00469	0.00414	0.00412	0.00411	0.00407	0.00407	0.00406
0.00114	0.0024803	0.00419	0.00423	0.00429	0.00432	0.00398	0.00301	0.0045	0.00469	0.00489	0.00419	0.00414	0.00412	0.00402	0.00401	0.004
0.00114	0.0025102	0.00433	0.00426	0.00411	0.00405	0.00378	0.00291	0.00409	0.00414	0.00419	0.00478	0.00455	0.00447	0.00401	0.00395	0.00387
0.00114	0.0024786	0.0042	0.00417	0.0041	0.00408	0.00397	0.003	0.0041	0.00412	0.00414	0.00455	0.00783	0.00745	0.00513	0.00484	0.00443
0.00114	0.0024693	0.00415	0.00414	0.0041	0.00409	0.00403	0.00304	0.0041	0.00411	0.00412	0.00447	0.00745	0.00842	0.0055	0.00513	0.00462
0.00114	0.002409	0.00389	0.00395	0.0041	0.00416	0.00441	0.00323	0.00411	0.00407	0.00402	0.00401	0.00513	0.0055	0.00776	0.00691	0.00575
0.00114	0.0024021	0.00386	0.00393	0.0041	0.00416	0.00446	0.00326	0.00412	0.00407	0.00401	0.00395	0.00484	0.00513	0.00691	0.00714	0.00589
0.00114	0.0023945	0.00381	0.0039	0.0041	0.00418	0.00453	0.00329	0.00412	0.00406	0.004	0.00387	0.00443	0.00462	0.00575	0.00589	0.00609

B. Menghitung uji statistik *global test*

Perhitungan uji statistik perhitungan deformasi data tahun 2011 dan 2012, menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\Omega = d\hat{x}^T C_{\hat{d}\hat{x}}^{-1} d\hat{x}$$

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

$$\omega = \frac{\Omega}{h\sigma_o^2}$$

Adapun hasil dari perhitungan rumus diatas adalah sebagai berikut.

$$\Omega = 215.81586$$

$$\hat{\sigma}_o^2 = 0.0404763$$

$$\omega = 26.2$$

Nilai omega (ω) menyatakan tingkat perubahan deformasi yang terjadi. Apabila nilai omega (ω) dibawah niali tabel F-Test maka berarti tidak mengalami deformasi, dan apabila nilai omega (ω) diatas nilai tabel F-Test maka berarti mengalami deformasi.

C. Perhitungan uji statistik *F-test*

1) Merumuskan hipotesa

$H_o = 0$, Hipotesa H_o menyatakan tidak terjadi deformasi

$H_A \neq 0$, Hipotesa H_A menyatakan terjadi deformasi

- 2) Menentukan taraf nyata / level of significance = α . Taraf nyata / derajat keyakinan yang digunakan sebesar $\alpha = 95\%$, Derajat bebas (df) dalam distribusi F ada dua, yaitu :

df numerator = df1

df denominator = df2

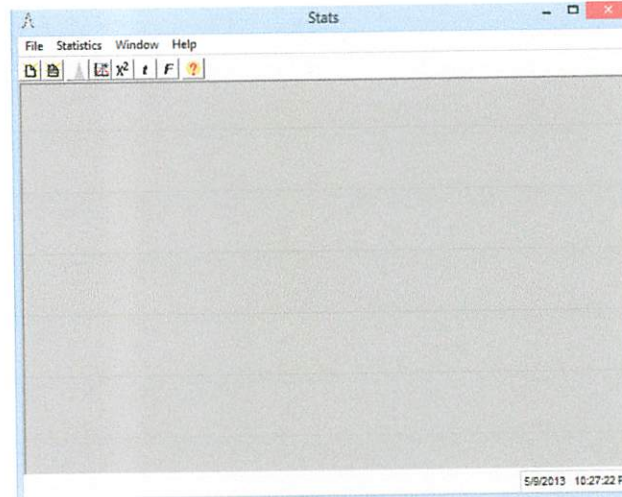
Dimana:

df = degree of freedom/ derajat kebebasan

- 3) Menentukan uji statistik nilai *F-test*

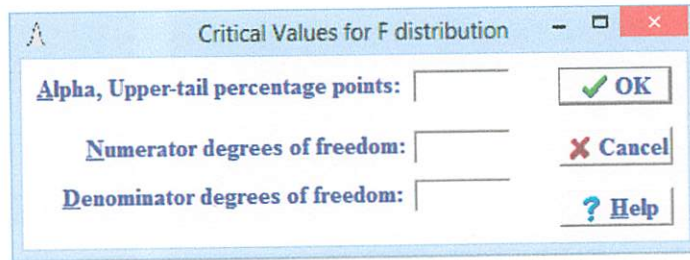
Perhitungan uji statistik *F-Test* terhadap hitung perataan tinggi menggunakan *software stats version 3.0*. Langkah pengujian hasil perataan tinggi tahun 2011 - 2012 adalah sebagai berikut.

- Buka *software stats version 3.0*
- Maka tampilan *software stats version 3.0* seperti gambar berikut.



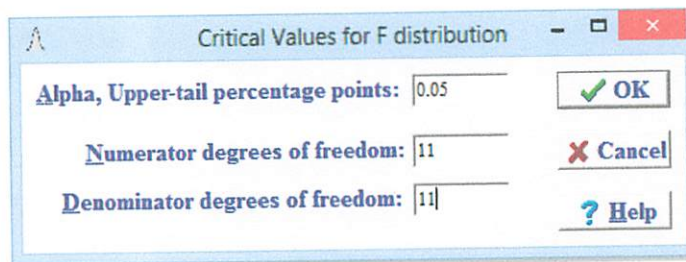
Gambar. 3.11. Tampilan *software stats version 3.0*.

- Klik tombol *F distribution* → 
- Kemudian muncul tampilan *F distribution* seperti gambar berikut.



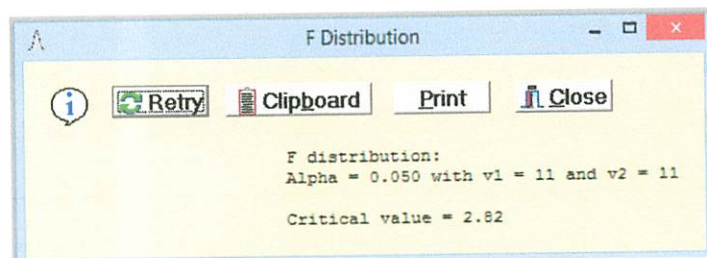
Gambar. 3.12. Tampilan *F distribution*.

- e. Memasukkan nilai alfa dari tingkat kepercayaan 95% yaitu 0.05, dan memasukan *degree of freedom 1* perhitungan yaitu 11. Dan *degree of freedom 2* perhitungan yaitu 11.



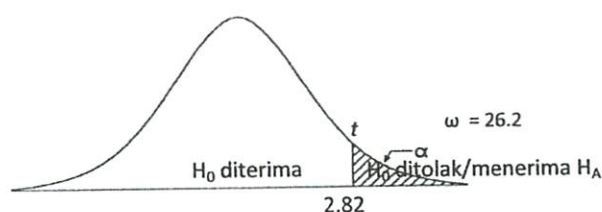
Gambar. 3.13. Input nilai *F distribution*.

- f. Hasil tabel *F-Test* adalah bernilai 2.82.



Gambar. 3.14. Hasil tabel *F-Test*

- 4) Gambar kurva statistik *F-Test*



Gambar.3.15. Kurva statistik distribusi *F*

5) Mengambil keputusan

Keputusan bisa menolak H_0 atau menerima H_A . Nilai F tabel yang diperoleh dibanding dengan nilai F hitung apabila F hitung lebih besar dari F tabel, maka menolak H_0 dan menerima H_A sehingga dapat disimpulkan bahwa terjadinya deformasi.

Hasil perhitungan deformasi tahun 2011 dan 2012 menggunakan bobot pengukuran, maka nilai ω yang diperoleh dari dua uji statistik menggunakan global test dan local test selanjutnya nilai ω dibandingkan dengan table F -Test. Tingkat kepercayaan 95% pada table F -Test bernilai 2.82. Sehingga hasil perhitungan uji statistik menggunakan *global test* adalah 26.2 dari hasil tersebut berarti bahwa nilai uji statistik tersebut menolak hipotesa H_0 , karena nilai Tabel F -test jauh dibawah nilai uji statistik global test.

3.6.5. Perhitungan Uji Statistik Metode Local Test (*Metode Localization*)

Perhitungan uji statistik deformasi data tahun 2011 dan 2012 dengan menggunakan uji statistik local test, pada perhitungan sebelumnya yang menggunakan metode global test dimana hasil uji tersebut hanya mampu mendeteksi adanya deformasi secara keseluruhan sedang dengan metode local test kita dapat mendeteksi adanya deformasi pada setiap titik pantau dengan demikian akan lebih mendapatkan hasil yang spesifik. Perhitungan uji statistik lokal test dengan cara sebagai berikut.

- A. Hasil dari persamaan matriks epoch 1 tahun 2011 sebagai nilai (x_1) dan epoch 2 tahun 2012 sebagai nilai (x_2)
 - B. Hasil dari varian σ^2_0 tiap titik pantau pada tiap epoch tahun 2011 dan epoch tahun 2012, nilai varians diperoleh dari nilai diagonal matriks
- $$Cx = (A^TWA)^{-1}$$



Tabel 3.20. Nilai tinggi dan varians

Titik Pantau	Hasil Pengukuran Tahun 2011		Hasil Pengukuran Tahun 2012	
	H (meter)	$\hat{\sigma}_o$ (meter)	H (meter)	$\hat{\sigma}_o$ (meter)
BM Ancol	4.0095	0.000554544	3.9905	0.000581328
GCP 7	2.0695	0.001363968	2.313519	0.001354916
GCP 2	0.21011487	0.002338536	0.291547	0.002005493
GCP 5	3.98474996	0.002461871	4.111764	0.002074451
GCP 17	5.98772977	0.002515149	6.143824	0.002137998
GCP 20	7.25230345	0.002486725	7.427611	0.002102203
GCP 25	10.9707287	0.002507304	11.09144	0.00209596
GCP 15	4.45479659	0.002177478	4.609466	0.001786706
GCP 22	13.8339643	0.002574154	14.00307	0.002197946
GCP 19	6.03963133	0.002620593	5.970927	0.002260886
GCP 14	3.31823657	0.002625098	3.262827	0.002268617
GCP 1	-0.1345904	0.002576764	-0.05637	0.00220007
GCP 16	6.3442221	0.003957666	6.277571	0.003867995
GCP 18	13.6738052	0.004274914	13.57385	0.004146162
GCP 28	30.5675932	0.004141682	30.56365	0.00361899
GCP 27N	29.8976464	0.003838527	30.01385	0.003302063
GCP 26	19.1235249	0.003203369	19.26508	0.002890167

C. Selanjutnya mencari nilai vektor deformasi (x_{12}) dengan rumus

$$\hat{dx} = \hat{x}_2 - \hat{x}_1$$

D. Kemudian tentukan nilai Varians σ^2_{12} dengan rumus

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

E. Hasil perhitungan uji statistik metode localization dengan menggunakan rumus

$$H_o: \omega_i = \frac{\hat{dx}_i}{\sigma_{\hat{dx}_i}} \sim N(0,1)$$

dan

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

Tabel 3.21. Nilai uji statistik localization

EPOCH 2011-2012		
New Strategy Metode Localization		$\omega = \frac{d\hat{x}_i}{\sigma_{\hat{x}_i}}$
Point		
1	BM Ancol	-33.45447374
2	GCP 7	179.4992167
3	GCP 2	37.49153506
4	GCP 5	55.99876197
5	GCP 17	67.09174077
6	GCP 20	76.40474527
7	GCP 25	52.44595311
8	GCP 15	78.03333995
9	GCP 22	70.8722195
10	GCP 19	-28.14914702
11	GCP 14	-22.64530455
12	GCP 1	32.74897233
13	GCP 16	-17.03404752
14	GCP 18	-23.73990014
15	GCP 28	*-1.01745592
16	GCP 27N	32.54735807
17	GCP 26	46.45967441

* menunjukkan titik pantau tidak mengalami deformasi

F. Perhitungan uji statistik *F-test*

1) Merumuskan hipotesa

$H_o = 0$, Hipotesa H_o menyatakan tidak terjadi deformasi

$H_A \neq 0$, Hipotesa H_A menyatakan terjadi deformasi

- 2) Menentukan taraf nyata / level of significance = α . Taraf nyata / derajat keyakinan yang digunakan sebesar $\alpha = 95\%$, Derajat bebas (df) dalam distribusi F ada dua, yaitu :

df numerator = df1

df denominator = df2

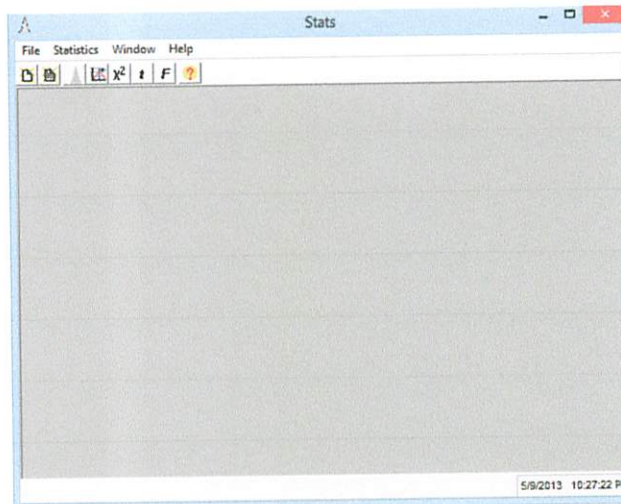
Dimana:

df = degree of freedom/ derajat kebebasan

- 3) Menentukan uji statistik nilai *F-test*

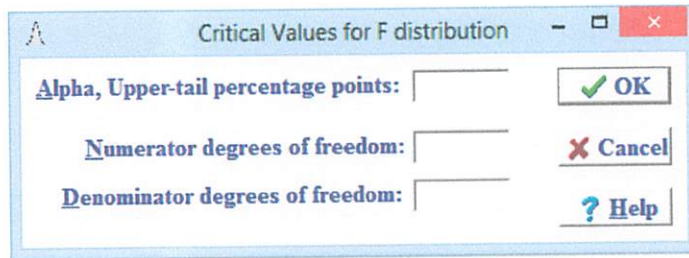
Perhitungan uji statistik *F-Test* terhadap hitung perataan tinggi menggunakan *software stats version 3.0*. Langkah pengujian hasil perataan tinggi tahun 2011 - 2012 adalah sebagai berikut.

- Buka *software stats version 3.0*
- Maka tampilan *software stats version 3.0* seperti gambar berikut.



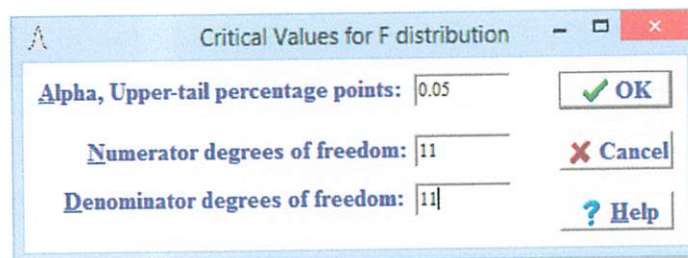
Gambar. 3.16. Tampilan *software stats version 3.0*.

- Klik tombol *F distribution* → 
- Kemudian muncul tampilan *F distribution* seperti gambar berikut.



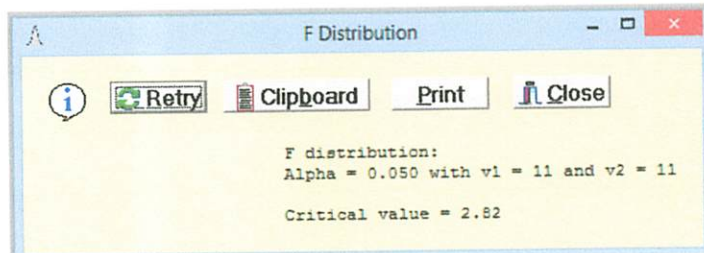
Gambar. 3.17. Tampilan *F distribution*.

- e. Memasukkan nilai alfa dari tingkat kepercayaan 95% yaitu 0.05, dan memasukkan *degree of freedom 1* perhitungan yaitu 11. Dan *degree of freedom 2* perhitungan yaitu 11.



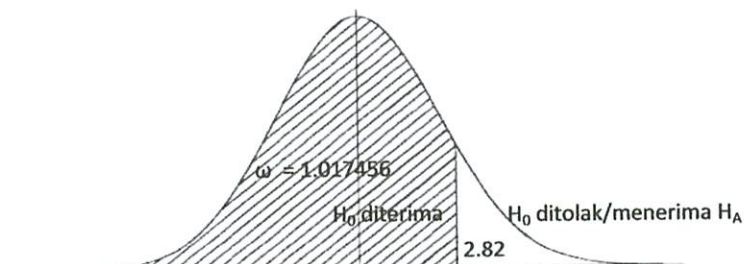
Gambar. 3.18. Input nilai *F distribution*.

- f. Hasil tabel *F-Test* adalah bernilai 2.82.



Gambar. 3.19. Hasil tabel *F-Test*

- 4) Kurva statistik F untuk titik GCP 28



Gambar.3.20. Kurva statistik distribusi *F-Test* GCP 28

5) Mengambil keputusan

Nilai dari perhitungan uji statistik dengan menggunakan *metode localisation* (local test) omega (ω) menyatakan tingkat perubahan deformasi yang terjadi. Apabila nilai omega (ω) dibawah nilai tabel F-Test maka berarti tidak mengalami deformasi, dan apabila nilai omega (ω) diatas nilai tabel F-Test maka berarti mengalami deformasi. Dalam hal ini nilai dari uji *F test* dengan signifikan level (tingkat kepercayaan) 95% adalah 2.82 sehingga dari 17 titik pantau ada 1 titik yaitu GCP 28 yang menerima hipotesa H_0 , karena nilainya 1.01745592 hal ini menunjukkan bahwa pada titik pantau tersebut tidak mengalami deformasi.

Pada tahap selanjutnya nilai dari uji statistik global test diuji kembali dengan menggunakan uji statistik local test (metode localization) untuk tiap titik pantau. Dari uji statistik tersebut diketahui bahwa dari 17 titik pantau terdapat satu titik yang nilai ω dibawah nilai *F-test* yang bernilai 2.82 sedangkan nilai ω dari titik GCP 28 sebesar -1.01746 . Hal ini berarti bahwa hasil uji local test mendeteksi bahwa ada satu titik yang menerima H_0 . Dari dua uji tersebut menunjukkan bahwa terjadi deformasi tanah di DKI Jakarta pada tahun 2011-2012. Hasil perhitungan deformasi menunjukan adanya indikasi penurunan tanah sebesar 5,1 cm.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

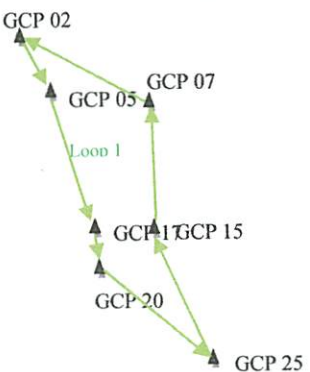
Perhitungan data pengukuran levelling tahun 2011 dan tahun 2012 untuk menganalisa penurunan elevasi tanah (*land subsidence*) yang terjadi di wilayah DKI Jakarta dengan menggunakan metode perataan kuadrat terkecil (*least square adjustment*), sedangkan untuk uji statistik perhitungan deformasi menggunakan metode *global test* dan metode *local test (localization)*. Hasil dari penelitian analisis penurunan elevasi tersebut ialah menganalisa penurunan tinggi titik pengukuran leveling pada tahun 2011 terhadap tinggi titik pengukuran leveling pada tahun 2012.

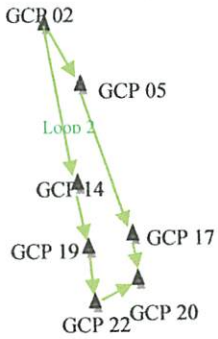
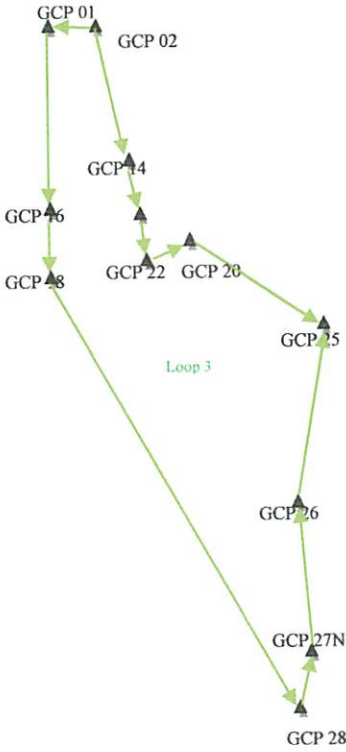
4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Hasil Perhitungan Penutup Tinggi 2011

Perhitungan looping data leveling tahun 2011 adalah seperti tabel berikut.

Tabel 4.1. Perhitungan Kesalahan Penutup Beda Tinggi Hasil Survei Waterpass
Tahun 2011

No	Sket	Nama	$\Sigma\Delta h$ (mm)	Jarak (km)	Toleransi ($12\sqrt{D}$ km)	Keterangan
1		Loop 1	23	43.031	78.718 mm	Sesuai dengan toleransi (diterima)

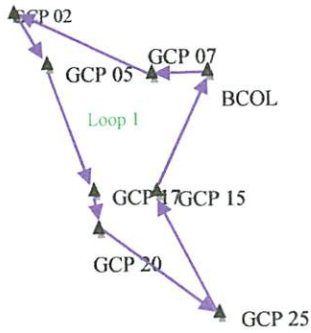
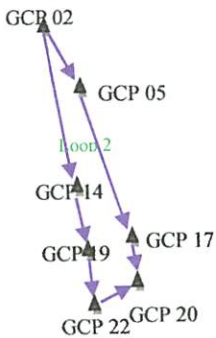
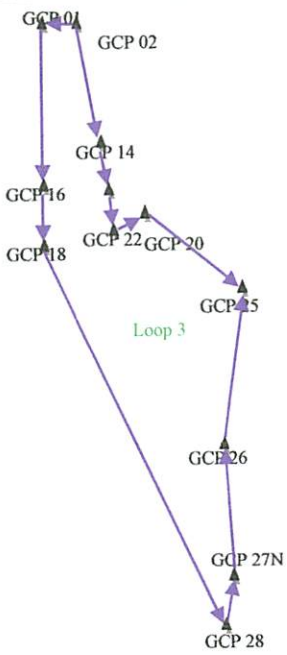
2		Loop 2	10	28.583	64 mm	Sesuai dengan toleransi (diterima)
3		Loop 3	49	89.805	114 mm	Sesuai dengan toleransi (diterima)



4.1.2. Hasil Perhitungan Penutup Tinggi 2012

Perhitungan looping data leveling tahun 2012 adalah tabel berikut.

Tabel 4.2. Perhitungan Kesalahan Penutup Beda Tinggi Hasil Survei Waterpass
Tahun 2012

No	Sket	Nama	$\Sigma\Delta h$ (mm)	Jarak (km)	Toleransi ($12\sqrt{D}$ km)	Keterangan
1		Loop 1	17	53,204	87,53 mm	Sesuai dengan toleransi (diterima)
2		Loop 2	32	28.32	64 mm	Sesuai dengan toleransi (diterima)
3		Loop 3	19	95.5	117.27 mm	Sesuai dengan toleransi (diterima)

4.1.3. Hasil Perhitungan Data Levelling Tahun 2011 - 2012

4.1.3.1. Hasil Perataan Tinggi Data Tahun 2011

Hasil perhitungan tinggi data tahun 2011 ialah sebagai berikut.

1. Hasil matriks parameter dicari (X)

Adapun hasil perhitungan rumus dari persamaan 2.15, maka matrik parameter dicari (X) yang merupakan tinggi titik-titik observasi adalah seperti berikut.

Tabel 4.8. Hasil Nilai Parameter (X) Tinggi Titik Hasil Survei Tahun 2011

No	Titik	Tinggi (H) (meter)
1	BM Ancol	4.0095
2	GCP 7	2.0705
3	GCP 2	0.2111
4	GCP 5	3.9857
5	GCP 17	5.9887
6	GCP 20	7.2533
7	GCP 25	10.9717
8	GCP 15	4.4558
9	GCP 22	13.8350
10	GCP 19	6.0406
11	GCP 14	3.3192
12	GCP 1	-0.1336
13	GCP 16	6.3452
14	GCP 18	13.6748
15	GCP 28	30.5686
16	GCP 27N	29.8986
17	GCP 26	19.1245

2. Hasil matrik residu pengukuran (V)

Adapun hasil perhitungan rumus dari persamaan 2.16, maka matrik residu pengukuran (V) adalah seperti tabel berikut.



Tabel 4.9. Hasil Nilai Residu Pengukuran Tahun 2011

No	Titik	Nilai
1	BM Ancol	0
2	GCP 7	0
3	GCP 2	-0.0044
4	GCP 5	-0.0024
5	GCP 17	-0.004
6	GCP 20	-0.0014
7	GCP 25	-0.0036
8	GCP 15	-0.0039
9	Bm Ancol	-0.0033
10	GCP 5	-0.0024
11	GCP 17	-0.004
12	GCP 20	-0.0014
13	GCP 22	-0.0003
14	GCP 19	-0.0003
15	GCP 14	-0.0004
16	GCP 2	-0.0011
17	GCP 1	0.00129
18	GCP 16	0.00981
19	GCP 18	0.00358
20	GCP 28	0.02079
21	GCP 27N	0.00305
22	GCP 26	0.00488
23	GCP 25	0.0042
24	GCP 20	0.00357
25	GCP 22	-0.0003
26	GCP 19	-0.0003
27	GCP 14	-0.0004
28	GCP 2	-0.0011

3. Hasil varian aposteriori ($\hat{\sigma}_o^2$)

Adapun hasil perhitungan rumus dari persamaan 2.17, maka varian aposteriori ($\hat{\sigma}_o^2$) adalah

$$\hat{\sigma}_o^2 = 0.52 \text{ m}$$

4. Hasil standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$)

Adapun hasil perhitungan rumus dari persamaan 2.18, maka standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$) adalah

$$\hat{S}_0 = 0.721 \text{ m}$$

5. Hasil perhitungan uji statistik tersebut menyatakan bahwa nilai *chi square* ialah 5.724, maka nilai tersebut diantara nilai *upper* dan *lower* tabel *chi square*. Hasil uji statistik menyatakan menerima hipotesa H_0 , sehingga data hasil pengukuran leveling tahun 2011 tidak dipengaruhi kesalahan acak.

4.1.4.2. Hasil Perataan Tinggi Data tahun 2012

Hasil perhitungan tinggi data tahun 2012, ialah sebagai berikut.

1. Hasil matriks parameter dicari (X)

Adapun hasil perhitungan rumus dari persamaan 2.15, maka matriks parameter dicari (X) yang merupakan tinggi titik-titik observasi adalah seperti berikut.

Tabel 4.10. Hasil Nilai Parameter (X) Tinggi Titik Hasil Survei Tahun 2012.

No	Titik	Tinggi (H) (meter)
1	BM Ancol	3.9905
2	GCP 7	2.3143
3	GCP 2	0.2934
4	GCP 5	4.1127
5	GCP 17	6.1419
6	GCP 20	7.4247
7	GCP 25	11.0891
8	GCP 15	4.6081
9	GCP 22	13.9987
10	GCP 19	5.9792
11	GCP 14	3.2695
12	GCP 1	-0.0546
13	GCP 16	6.2783
14	GCP 18	13.5743
15	GCP 28	30.5621
16	GCP 27N	30.0121
17	GCP 26	19.2631

2. Hasil matrik residu pengukuran (V)

Adapun hasil perhitungan rumus dari persamaan 2.16, maka matrik residu pengukuran (V) adalah seperti tabel berikut.

Tabel 4.11. Hasil Nilai Residu Pengukuran Tahun 2012

No	Titik	Nilai
1	BM Ancol	1.7E-14
2	GCP 7	0.00076
3	GCP 2	0.00114
4	GCP 5	0.00231
5	GCP 17	0.00723
6	GCP 20	0.00272
7	GCP 25	0.00041
8	GCP 15	0.00104
9	Bm Ancol	0.00138
10	GCP 5	0.00231
11	GCP 17	0.00723
12	GCP 20	0.00272
13	GCP 22	0.00299
14	GCP 19	0.00359
15	GCP 14	0.00328
16	GCP 2	0.00987
17	GCP 1	-7E-06
18	GCP 16	-8E-05
19	GCP 18	-2E-05
20	GCP 28	-0.0001
21	GCP 27N	-2E-05
22	GCP 26	-2E-05
23	GCP 25	-3E-05
24	GCP 20	-0.0004
25	GCP 22	0.00299
26	GCP 19	0.00359
27	GCP 14	0.00328
28	GCP 2	0.00987

3. Hasil varian aposteriori ($\hat{\sigma}_o^2$)

Adapun hasil perhitungan rumus dari persamaan 2.17, maka varian aposteriori ($\hat{\sigma}_o^2$) adalah

$$\hat{\sigma}_o^2 = 0.449 \text{ m}$$

4. Hasil standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$)

Adapun hasil perhitungan rumus dari persamaan 2.18, maka standar deviasi aposteriori ($\hat{S}_0$) adalah

$$\hat{S}_0 = 2.222 \text{ m}$$

5. Hasil perhitungan uji statistik tersebut menyatakan bahwa nilai *chi square* ialah 4.94, maka nilai tersebut diantara nilai *upper* dan *lower* tabel *chi square*. Hasil uji statistik menyatakan menerima hipotesa H_0 , sehingga data hasil pengukuran leveling tahun 2012 tidak dipengaruhi kesalahan acak.

4.1.4.3. Hasil Nilai Vektor Deformasi

Hasil perhitungan vektor deformasi tahun 2011 dengan tahun 2012, tanpa menggunakan bobot pengukuran adalah:

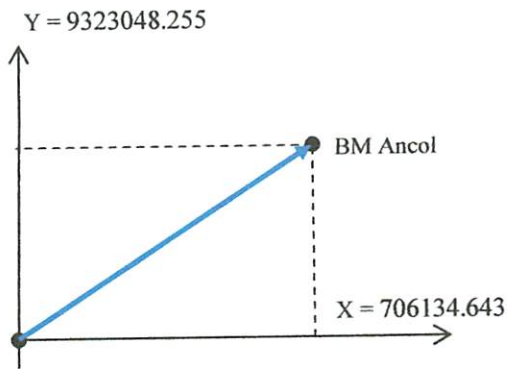
1. Hasil perhitungan vektor deformasi ($d\hat{H}$) adalah seperti pada tabel berikut.

Tabel. 4.12. Vektor Deformasi Menggunakan Bobot Pengukuran.

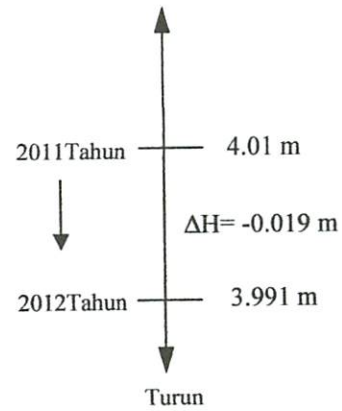
No	Titik	dH (meter)
1	BM Ancol	-0.0190
2	GCP 7	0.2438
3	GCP 2	0.0823
4	GCP 5	0.1270
5	GCP 17	0.1532
6	GCP 20	0.1714
7	GCP 25	0.1174
8	GCP 15	0.1523
9	GCP 22	0.1637
10	GCP 19	-0.0614
11	GCP 14	-0.0497
12	GCP 1	0.0790
13	GCP 16	-0.0669
14	GCP 18	-0.1005
15	GCP 28	-0.0064
16	GCP 27N	0.1135
17	GCP 26	0.1386

Gambar untuk *subsidence* vektor deformasi adalah sebagai berikut.

A. BM Ancol



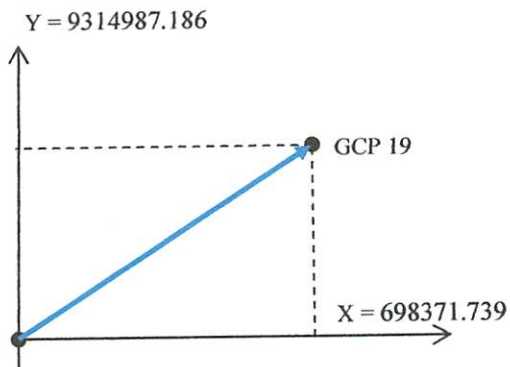
Gambar 4.1. Posisi Horizontal



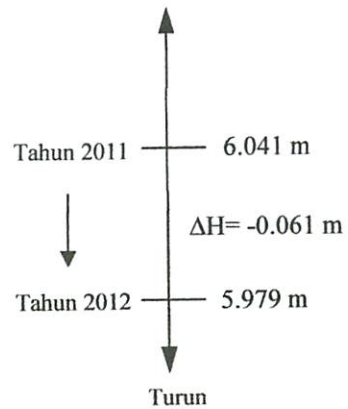
Gambar 4.2. Perubahan Vertikal

- a) Terjadi penurunan tanah sebesar 0.019 meter.
- b) Analisa sensitifitas sistem ialah 0.016 meter.

B. GCP 19



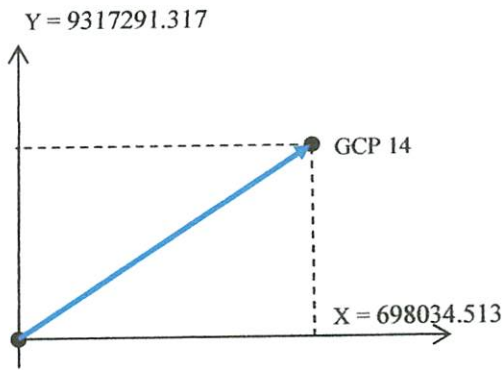
Gambar 4.3. Posisi Horizontal



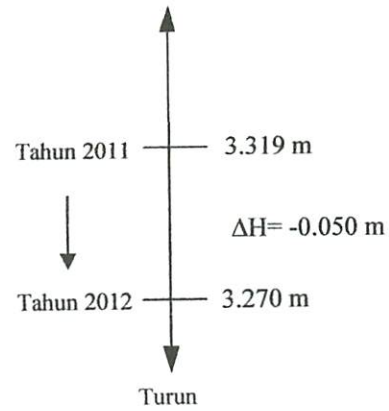
Gambar 4.4. Perubahan Vertikal

- a) Terjadi penurunan tanah sebesar 0.061 meter.
- b) Analisa sensitifitas sistem ialah 0.036 meter.

C. GCP 14



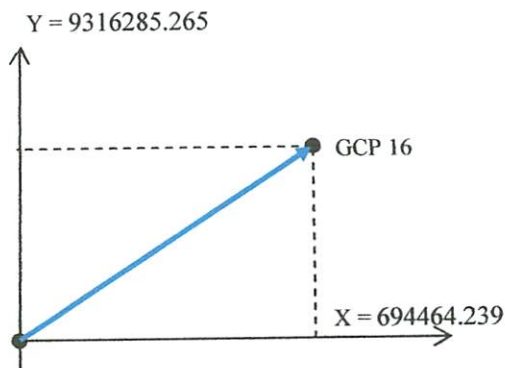
Gambar 4.5. Posisi Horizontal



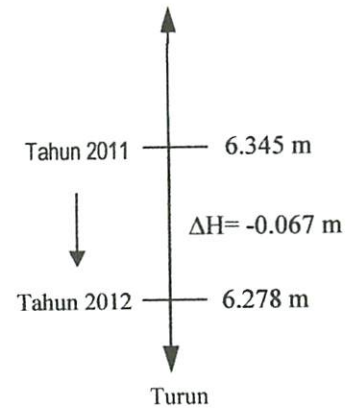
Gambar 4.6. Perubahan Vertikal

- a) Terjadi penurunan tanah sebesar 0.050 meter.
- b) Analisa sensitifitas sistem ialah 0.036 meter.

D. GCP 16



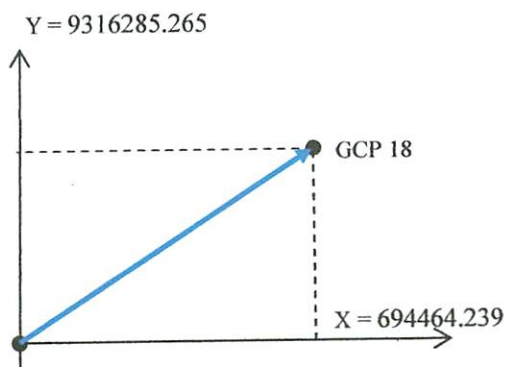
Gambar 4.7. Posisi Horizontal



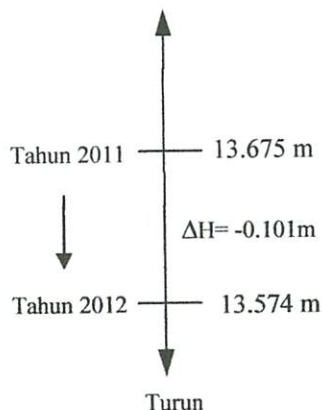
Gambar 4.8. Perubahan Vertikal

- a) Terjadi penurunan tanah sebesar 0.067 meter.
- b) Analisa sensitifitas sistem ialah 0.045 meter.

E. GCP 18



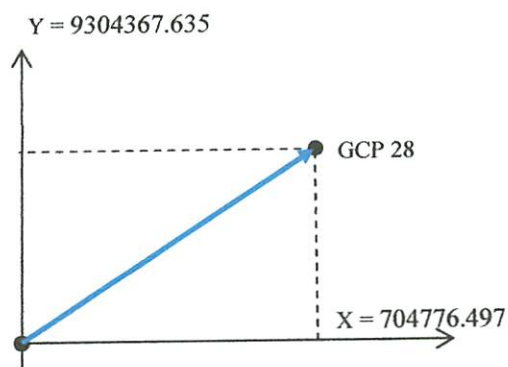
Gambar 4.9. Posisi Horizontal



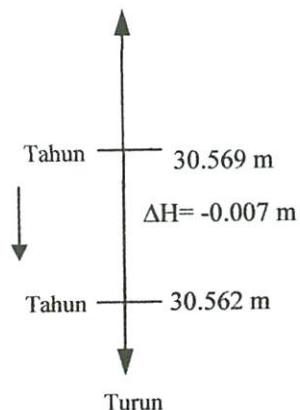
Gambar 4.10. Perubahan Vertikal

- Terjadi penurunan tanah sebesar 0.101 meter.
- Analisa sensitifitas sistem ialah 0.047 meter.

F. GCP 28



Gambar 4.11. Posisi Horizontal



Gambar 4.12. Perubahan Vertikal titik GCP 28

- Terjadi penurunan tanah sebesar 0.007 meter.
- Analisa sensitifitas sistem ialah 0.046 meter.

- Hasil perhitungan rata-rata $d\hat{x}$ subsidence adalah -0,051 m.
- Hasil uji statistik *global test*

Adapun hasil uji statistik *global test* adalah

$$\Omega = 215.81586$$

$$\omega = 26.2$$

hasil uji F test untuk metode global test adalah 2.82

4. Hasil uji statistik *local test* (metode Localization)

Tabel 3.21. Nilai uji statistik localization

EPOCH 2011-2012		
New Strategy Metode Localization		$\omega = \frac{d\hat{x}_i}{\sigma_{d\hat{x}_i}}$
Point		
1	BM Ancol	-33.45447374
2	GCP 7	179.4992167
3	GCP 2	37.49153506
4	GCP 5	55.99876197
5	GCP 17	67.09174077
6	GCP 20	76.40474527
7	GCP 25	52.44595311
8	GCP 15	78.03333995
9	GCP 22	70.8722195
10	GCP 19	-28.14914702
11	GCP 14	-22.64530455
12	GCP 1	32.74897233
13	GCP 16	-17.03404752
14	GCP 18	-23.73990014
15	GCP 28	*-1.01745592
16	GCP 27N	32.54735807
17	GCP 26	46.45967441

4.2. Pembahasan

4.2.1. Pembahasan Hasil Perhitungan Penutup Tinggi 2011

Pembahasan hasil perhitungan looping data tahun 2011 adalah sebagai berikut.

1. Kesalahan penutup beda tinggi (Δh) pengukuran pada loop 1 adalah 23 mm. Nilai toleransi penutup tinggi ($12 \text{ mm } \sqrt{D}$) pada loop 1 dengan jarak

- 43.031 km ialah sebesar 78.718 mm. maka kesalahan pengukuran beda tinggi pada loop 1 sesuai dengan toleransi (dapat diterima).
2. Kesalahan penutup beda tinggi (Δh) pengukuran pada loop 2 adalah 10 mm. Nilai toleransi penutup tinggi ($12 \text{ mm } \sqrt{D}$) pada loop 2 dengan jarak 28.583 km ialah sebesar 64 mm. maka kesalahan pengukuran beda tinggi pada loop 2 sesuai dengan toleransi (dapat diterima).
 3. Kesalahan penutup beda tinggi (Δh) pengukuran pada loop 3 adalah 49 mm. Nilai toleransi penutup tinggi ($12 \sqrt{d}$) mm pada loop 3 dengan jarak 89.805 km ialah sebesar 114 mm. maka kesalahan pengukuran beda tinggi pada loop 3 sesuai dengan toleransi (dapat diterima).

4.2.2. Pembahasan Hasil Perhitungan Penutup Tinggi 2012

Pembahasan hasil perhitungan looping data tahun 2011 adalah sebagai berikut.

1. Kesalahan penutup beda tinggi (Δh) pengukuran pada loop 1 adalah 17 mm. Nilai toleransi penutup tinggi ($12 \sqrt{d}$) mm pada loop 1 dengan jarak 53.204 km ialah sebesar 88 mm. maka kesalahan pengukuran beda tinggi pada loop 1 sesuai dengan toleransi (dapat diterima).
2. Kesalahan penutup beda tinggi (Δh) pengukuran pada loop 2 adalah 32 mm. Nilai toleransi penutup tinggi ($12 \sqrt{d}$) mm pada loop 2 dengan jarak 28.32 km ialah sebesar 64 mm. maka kesalahan pengukuran beda tinggi pada loop 2 sesuai dengan toleransi (dapat diterima).
3. Kesalahan penutup beda tinggi (Δh) pengukuran pada loop 3 adalah 19 mm. Nilai toleransi penutup tinggi ($12 \sqrt{d}$) mm pada loop 3 dengan jarak 95.5 km ialah sebesar 117 mm. maka kesalahan pengukuran beda tinggi pada loop 3 sesuai dengan toleransi (dapat diterima).

4.2.3. Pembahasan Hasil Hitung Perataan Tahun 2011 dan 2012

Pembahasan hasil hitung perataan kuadrat terkecil data beda tinggi tahun 2011 dan 2012, menggunakan bobot pengukuran adalah sebagai berikut.

1. Hasil perhitungan uji statistik tahun 2011 menyatakan bahwa nilai *chi square* ialah 5.7, maka nilai tersebut diantara nilai *upper* dan *lower* tabel

chi square. Hasil uji statistik menyatakan menerima hipotesa H_0 , sehingga data hasil pengukuran leveling tahun 2011 tidak dipengaruhi kesalahan acak.

2. Hasil perhitungan uji statistik tahun 2012 menyatakan bahwa nilai *chi square* ialah 4.9, maka nilai tersebut diantara nilai *upper* dan *lower* tabel *chi square*. Hasil uji statistik menyatakan menerima hipotesa H_0 , sehingga data hasil pengukuran leveling tahun 2012 tidak dipengaruhi kesalahan acak.

4.2.4. Pembahasan Perhitungan Vektor Deformasi dan Uji Statistik

Pembahasan hasil perhitungan deformasi tinggi titik di DKI Jakarta pada tahun 2011 dan tahun 2012 adalah ;

1. Uji hipotesa yang dilakukan terhadap data pengukuran vektor deformasi dengan $H_0 = E(d\hat{H}) = 0$, dan $H_A = E(d\hat{H}) \neq 0$. Hipotesa H_0 ialah menyatakan tidak terjadi deformasi dan Hipotesa H_A ialah menyatakan terjadinya deformasi.
2. Hasil Nilai ω adalah 26.2, maka hasil tersebut dibandingkan terhadap tabel *F Test*. Tingkat kepercayaan 95% pada tabel *F Test* adalah bernilai 2.82, sehingga hasil perhitungan uji statistik menggunakan *global test* menolak hipotesa H_0 . Hal ini menunjukkan bahwa terjadi deformasi tanah di DKI Jakarta.
3. Nilai dari perhitungan uji statistik dengan menggunakan *metode localisation* (local test) omega (ω) menyatakan tingkat perubahan deformasi yang terjadi. Apabila nilai omega (ω) dibawah nilai tabel F-Test maka berarti tidak mengalami deformasi, dan apabila nilai omega (ω) diatas nilai tabel F-Test maka berarti mengalami deformasi. Dalam hal ini nilai dari uji *F test* dengan signifikan level (tingkat kepercayaan) 95% adalah 2.82, sehingga dari 17 titik pantau terdapat satu titik yang omega (ω) dibawah nilai F-test yaitu titik GCP 28 sebesar *1.01745592 .Hal ini berarti bahwa hasil uji local test mendeteksi bahwa ada satu titik yang menerima H_0 dengan ini menunjukkan bahwa pada titik pantau tersebut tidak mengalami deformasi. Dari dua uji tersebut menunjukkan bahwa

terjadi deformasi tanah di DKI Jakarta pada tahun 2011-2012. Hasil perhitungan deformasi menunjukkan adanya indikasi penurunan tanah sebesar 5,1 cm



BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Penelitian mengenai analisa penurunan tanah (*land subsidence*) DKI Jakarta menggunakan data pengukuran leveling tahun 2011 dan data pengukuran leveling tahun 2012 dengan metode *Global test* dan *Local test* dapat disimpulkan adalah sebagai berikut.

1. Data dari pengukuran levelling tahun 2011 dan levelling tahun 2012 menunjukkan bahwa kesalahan penutup beda tinggi tahun 2011 dan tahun 2012 masuk dalam toleransi (diterima).
2. Hasil perhitungan metode global test uji statistik *F Test* tingkat kepercayaan 95% menyatakan, menolak hipotesa H_0 dan menerima hipotesa H_A , sehingga hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan tanah di DKI Jakarta.
3. Hasil perhitungan metode local test menggunakan uji statistik *F Test* menunjukkan bahwa tidak semua titik pantau mengalami penurunan, namun terdapat salah satu titik pantau yang menerima H_0 yang berarti terdapat adanya deformasi.
4. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa dari dua metode global test dan local test dapat mendeteksi adanya deformasi akan tetapi metode local test mendeteksi deformasi tiap titik.
5. Dari data pengukuran levelling tahun 2011 dan leveling tahun 2012 menunjukkan bahwa wilayah DKI Jakarta mengalami penurunan tanah kurang lebih 5.1 cm.
6. Data pengukuran levelling tahun 2011 dan levelling tahun 2012 di daerah DKI Jakarta menunjukkan dari perhitungan deformasi 17 titik pantau hanya 6 titik pantau yang mengalami penurunan, sedangkan titik lainnya mengalami kenaikan. Hal ini mungkin disebabkan pengukuran levelling

tahun 2011 yang masih menggunakan waterpas manual dan pengukuran levelling tahun 2012 menggunakan waterpas digital sehingga ketelitian alat mengakibatkan kurang akuratnya data yg dihasilkan.

5.2. Saran

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

1. Apabila melakukan suatu pengukuran yang sifatnya periodik sebaiknya menggunakan alat pengukuran leveling hendaknya menggunakan waterpas otomatis agar mendapatkan hasil ukuran beda tinggi yang lebih baik.
2. Pengukuran levelling yang digunakan sebagai pemantauan land subsidence hendaknya menggunakan titik pantau yang banyak dan tetap tiap tahunnya agar data pengukuran yg dihasilkan dapat lebih teliti.
3. Data yang dijadikan studi penurunan tanah sebaiknya menggunakan multi *epoch* sehingga dapat diketahui pola penurunan tanahnya.
4. Syarat ketelitian pengukuran sipat datar sebaiknya menggunakan orde yang lebih tinggi.
5. Perlu adanya pengujian BM Pasut apakah mengalami penurunan atau tidak sehingga dapat diketahui apakah BM Pasut (referensi) apakah ketinggiannya tetap (*fix*).



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z. (2000). *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. P.T. Pradnya Paramita, Jakarta. Edisi ke 2. ISBN 979-408-377-1. 268 pp.
- Basuki, S., 2006, *Ilmu Ukur Tanah*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Geomatika07, 2008, <http://geomatika07.wordpress.com/2008/07/18/pengukuran-beda-tinggi/> ITS, Surabaya (diakses 5 April 2013)
- C. D. Ghilani and P. R. Wolf , 2006, “*Adjustment Computations: Spatial Data Analysis, Fourth Edition*”, John Wiley & Sons, Inc. ISBN: 978-0-471-69728-2
- H, Fagir Ali, and O. Ahmed Mudatghir. *A Procedure For Detection of Deformation Using survey Control Network*. Sudan University of Science & Technology –Faculty of Engineering.
- Heri Andreas., 2011, “Tujuh Jembatan Mulai Ambles Karena Penurunan Tanah”, Tempo Interaktif. [http://www. Tempo.co](http://www.Tempo.co). (akses tgl. 15 Oktober 2012).
- Hofmann-Wellenhof, B., H. Lichtenegger, and J. Collins (1994). *Global Positioning System, Theory and Practice*. Third, Revised Edition, Springer Verlag.
- Kelompok Keilmuan Geodesi ITB., “Pemantauan Penurunan Tanah (Land Subsidence) di Kota-Kota Besar Dengan GPS”, <http://www. Tempo.co>. (akses tgl. 15 Oktober 2012).
- NIMA, 2000, ”Department of Defense World Geodetic System 1984 Its Definition and Relationships waith Local Geodetic”, *Technical Report NIMA TR8350.2 3rd Edition*, <http://earthinfo.nga.mil/GandG/publications/tr8350.2/wgs84fin.pdf>, (diakses tanggal 16 Oktober 2012).
- Rynha, 2011, “trilaterasi”, <http://qucluck.blogspot.com/2011/01/trilaterasi.html>, (diakses 10 April 2013).
- Saputra, I, 2012, “Metode Pengukuran Triangulasi” [http://www.plengdut.com/favicon.ico/pengukuran -triangulasi](http://www.plengdut.com/favicon.ico/pengukuran-triangulasi) [Diakses tanggal 7mei 2013]

Widjayanti, N., Heliani, L. S., 2005, "Perataan Jaring Geodesi", Teknik Geodesi, UGM, Yogyakarta

Yudo, 2009, <http://yudopotter.wordpress.com/2009/05/06/faktor-faktor-penyebab-penurunan-muka-tanah-land-subsidence/> (diakses 21 maret 2013).

http://geodesy.gd.itb.ac.id/?page_id=84 [Diakses tanggal 29 Oktober 2011]

<http://sudeska22.blogspot.com/2011/11/penurunan-tanah-jakarta.html> [Diakses tanggal 15 Oktober 2012]

<http://www.ibnurusydy.com/pemantauan-penurunan-tanah-land-subsidence/> [Diakses tanggal 15 Oktober 2012]



LAMPIRAN
PERHITUNGAN *LANDSUBSIDENCE*

PERHITUNGAN DATA LEVELLING 2011

NO	From Point	To Point	Obsevation (hight diff) (m)	Distance (km)	Std. Error (m)	PERSAMAAN MATRIK	
1	BM Pasut	BM Ancol	1,632	3,851	0,023548758	BM Ancol = BM Pasut + Δh + v1	v1 = BM Ancol -BM Pasut- Δh
2	BM Ancol	GCP 7	-1,939	5,621	0,028450378	GCP 7 = BM Ancol + Δh + v2	v2 = GCP 7 -BM Ancol - Δh
3	GCP 7	GCP 2	-1,855	9,777	0,037521834	GCP 2 = GCP 7 + Δh + v3	v3=GCP 2-GCP 7- Δh
4	GCP 2	GCP 5	3,777	3,336	0,021917664	GCP 5 = GCP 2 + Δh + v4	v4=GCP 5-GCP 2- Δh
5	GCP 5	GCP 17	2,007	5,671	0,028576634	GCP 17 = GCP 5 + Δh + v5	v5=GCP 17-GCP 5- Δh
6	GCP 17	GCP 20	1,266	2,012	0,017021398	GCP 20 = GCP 17 + Δh + v6	v6=GCP 20-GCP 17- Δh
7	GCP 20	GCP 25	3,722	6,118	0,029681509	GCP 25 = GCP 20 + Δh + v7	v7=GCP 25-GCP 20- Δh
8	GCP 25	GCP 15	-6,512	8,767	0,035530944	GCP 15 = GCP 25 + Δh + v8	v8=GCP 15-GCP 25- Δh
9	GCP 15	GCP 7	-2,382	7,35	0,03253306	GCP 7 = GCP 15 + Δh + v9	v9=GCP 7-GCP 15- Δh
10	GCP 2	GCP 5	3,777	3,336	0,021917664	GCP 5 = GCP 2 + Δh + v10	v10=GCP 5-GCP 2- Δh
11	GCP 5	GCP 17	2,007	5,671	0,028576634	GCP 17 = GCP 5 + Δh + v11	v11=GCP 17-GCP 5- Δh
12	GCP 17	GCP 20	1,266	2,012	0,017021398	GCP 20 = GCP 17 + Δh + v12	v12=GCP 20-GCP 17- Δh
13	GCP 20	GCP 22	6,582	2,722	0,019798182	GCP 22= GCP 20 + Δh + v13	V13= GCP 22 -GCP 20 - Δh
14	GCP 22	GCP 19	-7,794	2,672	0,019615504	GCP 19= GCP 22 + Δh + v14	V14= GCP 19 -GCP 22 - Δh
15	GCP 19	GCP 14	-2,721	3,168	0,021358652	GCP 14= GCP 19 + Δh + v15	V15= GCP 14 -GCP 19 - Δh
16	GCP 14	GCP 2	-3,107	9,002	0,036004	GCP 2= GCP 14 + Δh + v16	V16= GCP 2 -GCP 14 - Δh
17	GCP 2	GCP 1	-0,346	1,798	0,016090743	GCP 1 = GCP 2 + Δh + v17	v17=GCP 1-GCP 2- Δh
18	GCP 1	GCP 16	6,469	13,627	0,04429772	GCP16 = GCP 1 + Δh + v18	v18=GCP 16-GCP 1- Δh
19	GCP 16	GCP 18	7,326	4,976	0,02676834	GCP 18 = GCP 16 + Δh + v19	v19=GCP 18-GCP 16- Δh
20	GCP 18	GCP 28	16,873	28,869	0,064475856	GCP 28 = GCP 18 + Δh + v20	v20=GCP 28-GCP 18- Δh
21	GCP 28	GCP 27N	-0,673	4,24	0,024709512	GCP 27N = GCP 28 + Δh + v21	v21=GCP 27N-GCP 28- Δh
22	GCP 27N	GCP 26	-10,779	6,775	0,031234596	GCP 26 = GCP 27N + Δh + v22	v22=GCP 26-GCP 27N- Δh
23	GCP 26	GCP 25	-8,157	5,838	0,028994344	GCP 25 = GCP 26 + Δh + v23	v23=GCP 25-GCP 26- Δh
24	GCP 25	GCP 20	-3,722	6,118	0,029681509	GCP 20 = GCP 25 + Δh + v24	v24=GCP 20-GCP 25- Δh
25	GCP 20	GCP 22	6,582	2,722	0,019798182	GCP 22= GCP 20 + Δh + v25	V25= GCP 22 -GCP 20 - Δh
26	GCP 22	GCP 19	-7,794	2,672	0,019615504	GCP19= GCP 22 + Δh + v26	V26= GCP 19 -GCP 22 - Δh
27	GCP 19	GCP 14	-2,721	3,168	0,021358652	GCP 14= GCP 19 + Δh + v27	V27= GCP 14 -GCP 19 - Δh
28	GCP 14	GCP 2	-3,107	9,002	0,036004	GCP 2= GCP 14 + Δh + v28	V28= GCP 2 -GCP 14 - Δh

H BM Pasut
2,3775

A

	BM Ancol	GCP 7	GCP 2	GCP 5	GCP 17	GCP 20	GCP 25	GCP 15	GCP 22	GCP 19	GCP 14	GCP 1	GCP 16	GCP 18	GCP 28	GCP 27N	GCP 26
BM Ancol	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 7	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 2	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 5	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 17	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 20	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 25	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 15	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 7	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 5	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 17	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 20	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 22	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 19	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
GCP 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
GCP 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
GCP 1	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
GCP 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0
GCP 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
GCP 28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
GCP 27N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1
GCP 26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
GCP 25	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 20	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 22	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 19	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
GCP 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
GCP 2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0

[illegible]

[illegible][illegible]

Cx	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
(ATWA)-1	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555
	0,000555	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364
	0,000555	0,001364	0,002397	0,002227	0,002334	0,002288	0,002147	0,001721	0,002289	0,002291	0,002292	0,002293	0,002262	0,002251	0,002185	0,002175	0,002126
	0,000555	0,001364	0,002297	0,002462	0,002334	0,002288	0,002147	0,001721	0,002289	0,002291	0,002292	0,002293	0,002262	0,002251	0,002185	0,002175	0,002126
	0,000555	0,001364	0,002227	0,002334	0,002515	0,002435	0,002263	0,001774	0,002402	0,002371	0,002333	0,002228	0,002235	0,002238	0,002253	0,002256	0,002259
	0,000555	0,001364	0,002202	0,002288	0,002435	0,002487	0,002304	0,001793	0,002443	0,002399	0,002348	0,002205	0,002226	0,002233	0,002278	0,002284	0,002295
	0,000555	0,001364	0,002078	0,002147	0,002263	0,002304	0,002507	0,001885	0,002269	0,002234	0,002194	0,002029	0,002178	0,002211	0,002398	0,002425	0,002469
	0,000555	0,001364	0,00169	0,001721	0,001774	0,001793	0,001885	0,002177	0,001777	0,001761	0,001742	0,001695	0,001735	0,001715	0,001836	0,001848	0,001868
	0,000555	0,001364	0,002223	0,002289	0,002402	0,002443	0,002269	0,001777	0,002574	0,002511	0,002436	0,002224	0,002234	0,002237	0,002257	0,002226	0,002265
	0,000555	0,001364	0,002244	0,002291	0,002371	0,002399	0,002234	0,001761	0,002511	0,002621	0,002523	0,002244	0,002242	0,002241	0,002237	0,002236	0,002235
	0,000555	0,001364	0,002268	0,002292	0,002333	0,002348	0,002194	0,001742	0,002436	0,002523	0,002625	0,002266	0,002251	0,002245	0,002213	0,002208	0,0022
	0,000555	0,001364	0,002231	0,002293	0,002228	0,002205	0,00209	0,001695	0,002224	0,002253	0,002266	0,002257	0,002474	0,002436	0,002217	0,002185	0,002134
	0,000555	0,001364	0,002278	0,002262	0,002235	0,002226	0,002178	0,001735	0,002234	0,002242	0,002251	0,002474	0,003958	0,003783	0,00277	0,002621	0,002383
	0,000555	0,001364	0,002258	0,002251	0,002238	0,002233	0,002211	0,00175	0,002237	0,002241	0,002245	0,002436	0,003783	0,00275	0,002972	0,00278	0,002474
	0,000555	0,001364	0,002145	0,002185	0,002253	0,002278	0,002398	0,001836	0,002257	0,002237	0,002213	0,002217	0,002277	0,002972	0,003703	0,003839	0,00308
	0,000555	0,001364	0,002128	0,002175	0,002256	0,002284	0,002425	0,001848	0,00226	0,002236	0,002208	0,002185	0,002621	0,002478	0,003002	0,00308	0,003203
	0,000555	0,001364	0,002101	0,00216	0,002259	0,002295	0,002469	0,001868	0,002265	0,002235	0,0022	0,002134	0,002383	0,002474	0,003002	0,00308	0,003203

VARIANS2 σ^2	standard deviasi	tiap titik
0,000555	0,023549	0,016987
0,001364	0,036932	0,026641
0,002339	0,048358	0,034883
0,002462	0,049617	0,035791
0,002515	0,050151	0,036177
0,002487	0,049867	0,035972
0,002507	0,050073	0,036112
0,002177	0,046663	0,033661
0,002574	0,050736	0,036598
0,002621	0,051192	0,036927
0,002625	0,051236	0,036959
0,002577	0,050762	0,036617
0,003958	0,06291	0,04538
0,004275	0,065383	0,047164
0,004142	0,064356	0,046423
0,003839	0,061956	0,044692
0,003203	0,056598	0,040827

[illegible]

PERHITUNGAN DATA LEVELLING 2012

NO	From Point	To Point	Obsevation (hight diff) (m)	Distance (km)	Std. Error (m)	PERSAMAAN MATRIK	
1	BM Pasut	BM Ancol	1,613	4,037	0,024111	BM Ancol = BM Pasut + Δh + v1	v1 = BM Ancol - BM Pasut - Δh
2	BM Ancol	GCP 7	-1,677	6,32	0,030168	GCP 7 = BM Ancol + Δh + v2	v2 = GCP 7 - BM Ancol - Δh
3	GCP 7	GCP 2	-2,022	9,537	0,037058	GCP 2 = GCP 7 + Δh + v3	v3 = GCP 2 - GCP 7 - Δh
4	GCP 2	GCP 5	3,817	1,979	0,016881	GCP 5 = GCP 2 + Δh + v4	v4 = GCP 5 - GCP 2 - Δh
5	GCP 5	GCP 17	2,022	6,188	0,029851	GCP 17 = GCP 5 + Δh + v5	v5 = GCP 17 - GCP 5 - Δh
6	GCP 17	GCP 20	1,28	2,33	0,018317	GCP 20 = GCP 17 + Δh + v6	v6 = GCP 20 - GCP 17 - Δh
7	GCP 20	GCP 25	3,664	6,616	0,030866	GCP 25 = GCP 20 + Δh + v7	v7 = GCP 25 - GCP 20 - Δh
8	GCP 25	GCP 15	-6,482	8,714	0,035423	GCP 15 = GCP 25 + Δh + v8	v8 = GCP 15 - GCP 25 - Δh
9	GCP 15	BM Ancol	-0,619	11,52	0,040729	BM Ancol = GCP 15 + Δh + v9	v9 = BM Ancol - GCP 15 - Δh
10	GCP 2	GCP 5	3,817	1,979	0,016881	GCP 5 = GCP 2 + Δh + v10	v10 = GCP 5 - GCP 2 - Δh
11	GCP 5	GCP 17	2,022	6,188	0,029851	GCP 17 = GCP 5 + Δh + v11	v11 = GCP 17 - GCP 5 - Δh
12	GCP 17	GCP 20	1,28	2,33	0,018317	GCP 20 = GCP 17 + Δh + v12	v12 = GCP 20 - GCP 17 - Δh
13	GCP 20	GCP 22	6,571	2,699	0,019714	GCP 22 = GCP 20 + Δh + v13	V13 = GCP 22 - GCP 20 - Δh
14	GCP 22	GCP 19	-8,023	3,244	0,021613	GCP 19 = GCP 22 + Δh + v14	V14 = GCP 19 - GCP 22 - Δh
15	GCP 19	GCP 14	-2,713	2,967	0,02067	GCP 14 = GCP 19 + Δh + v15	V15 = GCP 14 - GCP 19 - Δh
16	GCP 14	GCP 2	-2,986	8,913	0,035826	GCP 2 = GCP 14 + Δh + v16	V16 = GCP 2 - GCP 14 - Δh
17	GCP 2	GCP 1	-0,348	1,474	0,014569	GCP 1 = GCP 2 + Δh + v17	v17 = GCP 1 - GCP 2 - Δh
18	GCP 1	GCP 16	6,333	17,213	0,049786	GCP 16 = GCP 1 + Δh + v18	v18 = GCP 16 - GCP 1 - Δh
19	GCP 16	GCP 18	7,296	5,051	0,026969	GCP 18 = GCP 16 + Δh + v19	v19 = GCP 18 - GCP 16 - Δh
20	GCP 18	GCP 28	16,988	32,814	0,06874	GCP 28 = GCP 18 + Δh + v20	v20 = GCP 28 - GCP 18 - Δh
21	GCP 28	GCP 27N	-0,55	3,74	0,023207	GCP 27N = GCP 28 + Δh + v21	v21 = GCP 27N - GCP 28 - Δh
22	GCP 27N	GCP 26	-10,749	4,138	0,02441	GCP 26 = GCP 27N + Δh + v22	v22 = GCP 26 - GCP 27N - Δh
23	GCP 26	GCP 25	-8,174	6,631	0,030901	GCP 25 = GCP 26 + Δh + v23	v23 = GCP 25 - GCP 26 - Δh
24	GCP 25	GCP 20	-3,664	6,616	0,030866	GCP 20 = GCP 25 + Δh + v24	v24 = GCP 20 - GCP 25 - Δh
25	GCP 20	GCP 22	6,571	2,699	0,019714	GCP 22 = GCP 20 + Δh + v25	V25 = GCP 22 - GCP 20 - Δh
26	GCP 22	GCP 19	-8,023	3,244	0,021613	GCP 19 = GCP 22 + Δh + v26	V26 = GCP 19 - GCP 22 - Δh
27	GCP 19	GCP 14	-2,713	2,967	0,02067	GCP 14 = GCP 19 + Δh + v27	V27 = GCP 14 - GCP 19 - Δh
28	GCP 14	GCP 2	-2,986	8,913	0,035826	GCP 2 = GCP 14 + Δh + v28	V28 = GCP 2 - GCP 14 - Δh

H BM Pasut 2,3775

A

	BM Ancol	GCP 7	GCP 2	GCP 5	GCP 17	GCP 20	GCP 25	GCP 15	GCP 22	GCP 19	GCP 14	GCP 1	GCP 16	GCP 18	GCP 28	GCP 27N	GCP 26
BM Ancol																	
GCP 7	1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 2	-1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 5	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 17	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 20	0	0	0	-1	1	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 25	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 15	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bm Ancol	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 5	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 17	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 20	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
GCP 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
GCP 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
GCP 2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0
GCP 1	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0
GCP 16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
GCP 18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
GCP 28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
GCP 27N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
GCP 26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
GCP 25	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 20	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
GCP 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
GCP 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GCP 2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0

[illegible]

3421,82	-1098,8	0	0	0	0	0	-602,816	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1098,8	1826,963	-728,158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-728,158	14015,86	-7018,13	0	0	0	0	0	0	-1558,27	-4711,3	0	0	0	0	0	0
0	0	-7018,13	9262,622	-2244,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-2244,49	8205,384	-5960,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-5960,9	13206,12	-2099,29	0	-5145,94	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-2099,29	3943,487	-796,93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1047,27
-602,816	0	0	0	0	0	0	-796,93	1399,746	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-5145,94	0	0	9427,347	-4281,41	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-4281,41	8962,53	-4681,12	0	0	0	0	0	0
0	0	-1558,27	0	0	0	0	0	0	0	-4681,12	6239,395	0	0	0	0	0	0
0	0	-4711,29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5114,73	-403,442	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-403,44	1778,307	-1374,9	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1374,87	1586,5	-211,631	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-211,63	2068,434	-1856,803	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1856,8	3535,0161	-1678,21
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1678,213	2725,482

[illegible]

0,000581	0,02411	0,065378
0,001355	0,03681	0,081796
0,002005	0,04478	0,099515
0,002074	0,04555	0,101211
0,002138	0,04624	0,10275
0,002102	0,04585	0,101886
0,002096	0,04578	0,101735
0,001787	0,04227	0,093933
0,002198	0,04688	0,10418
0,002261	0,04755	0,105662
0,002269	0,04763	0,105842
0,0022	0,0469	0,104231
0,003868	0,06219	0,138204
0,004146	0,06439	0,143087
0,003619	0,06018	0,133681
0,003302	0,05746	0,127694
0,00289	0,05376	0,119465

ATWL (17x1)	X		1 AX	V	L	
8334,01		3,9905	3,9905	1,4E-14	3,9905	
-370,36		2,31352	-1,67698	1,9E-05	-1,677	
-31274		0,29155	-2,02197	2,8E-05	-2,022	
22249,9		4,11176	3,820217	0,00322	3,817	
-3091,6		6,14382	2,032059	0,01006	2,022	
-33876		7,42761	1,283788	0,00379	1,28	
4297,11		11,0914	3,663829	0,00343	3,664	
-4792,6		4,60947	-6,48197	2,6E-05	-6,482	
68225,8		14,0031	-0,61897	3,4E-05	-0,619	
-21712		5,97093	3,820217	0,00322	3,817	
-8046,9		3,26283	2,032059	0,01006	2,022	
-4194,5		-0,0564	1,283788	0,00379	1,28	
-7476		6,27757	6,575458	0,00446	6,571	
6435,84		13,5738	-8,03214	-0,0091	-8,023	
4616,42		30,5636	-2,7081	0,0049	-2,713	
17017,9		30,0139	-2,97128	0,01472	-2,986	
-9478,7		19,2651	-0,34792	-0,0219	-0,348	
			6,333943	0,00094	6,333	
			7,296277	0,00028	7,296	
			16,9898	0,0018	16,988	
			-0,5498	0,0002	-0,55	
			-10,7488	0,00023	-10,749	
			-8,17364	0,00036	-8,174	
			-3,66383	0,00017	-3,664	
			6,575458	0,00446	6,571	
			-8,03214	0,02686	-8,052	
			-2,7081	0,0049	-2,713	
			-2,97128	0,01472	-2,986	

[illegible]

VTW V 4,938045587

(Varian): 0,448913235

Confident Level 95%, terhadap Tabel Chi-Square

$$H_0 = 4.575 < \chi^2 < 19.68$$
 $\chi^2 = 4,93805$

EPOCH1	EPOCH2	dx
x1	x2	
4,0095	3,9905	-0,019
2,0695	2,313519	0,244019
0,210115	0,291547	0,081432
3,98475	4,111764	0,127014
5,98773	6,143824	0,156094
7,252303	7,427611	0,175308
10,97073	11,09144	0,120711
4,454797	4,609466	0,154669
13,83396	14,00307	0,169105
6,039631	5,970927	-0,0687
3,318237	3,262827	-0,05541
-0,13459	-0,05637	0,078218
6,344222	6,277571	-0,06665
13,67381	13,57385	-0,09996
30,56759	30,56365	-0,00395
29,89765	30,01385	0,116204
19,12352	19,26508	0,141552

Cx1	[ATA]-1 (Epoch 1)														
0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555	0,000555
0,000555	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364	0,001364
0,000555	0,001364	0,002339	0,002297	0,002227	0,002202	0,002078	0,00169	0,002223	0,002244	0,002268	0,002331	0,002278	0,002258	0,002145	0,002128
0,000555	0,001364	0,002297	0,002462	0,002334	0,002288	0,002147	0,001721	0,002289	0,002291	0,002292	0,002293	0,002262	0,002251	0,002185	0,002175
0,000555	0,001364	0,002227	0,002334	0,002515	0,002435	0,002263	0,001774	0,002402	0,002371	0,002333	0,002228	0,002235	0,002238	0,002253	0,002256
0,000555	0,001364	0,002202	0,002288	0,002435	0,002487	0,002304	0,001793	0,002443	0,002399	0,002348	0,002205	0,002226	0,002233	0,002278	0,002284
0,000555	0,001364	0,002078	0,002147	0,002263	0,002304	0,002507	0,001885	0,002269	0,002234	0,002194	0,00209	0,002178	0,002211	0,002398	0,002425
0,000555	0,001364	0,00169	0,001721	0,001774	0,001793	0,001885	0,002177	0,001777	0,001761	0,001742	0,001695	0,001735	0,00175	0,001836	0,001848
0,000555	0,001364	0,002223	0,002289	0,002402	0,002443	0,002269	0,001777	0,002574	0,002511	0,002436	0,002224	0,002234	0,002237	0,002257	0,00226
0,000555	0,001364	0,002244	0,002291	0,002371	0,002399	0,002234	0,001761	0,002511	0,002621	0,002523	0,002244	0,002242	0,002241	0,002237	0,002236
0,000555	0,001364	0,002268	0,002292	0,002333	0,002348	0,002194	0,001742	0,002436	0,002523	0,002625	0,002266	0,002251	0,002245	0,002213	0,002208
0,000555	0,001364	0,002331	0,002293	0,002228	0,002205	0,00209	0,001695	0,002224	0,002244	0,002266	0,002577	0,002474	0,002436	0,002217	0,002185
0,000555	0,001364	0,002278	0,002262	0,002235	0,002226	0,002178	0,001735	0,002234	0,002242	0,002251	0,002474	0,003958	0,003783	0,00277	0,002621
0,000555	0,001364	0,002258	0,002251	0,002238	0,002233	0,002211	0,00175	0,002237	0,002241	0,002245	0,002436	0,003783	0,004275	0,002972	0,00278
0,000555	0,001364	0,002145	0,002185	0,002253	0,002278	0,002398	0,001836	0,002257	0,002237	0,002213	0,002217	0,00277	0,002972	0,004142	0,003703
0,000555	0,001364	0,002128	0,002175	0,002256	0,002284	0,002425	0,001848	0,00226	0,002236	0,002208	0,002185	0,002621	0,00278	0,003703	0,003839
0,000555	0,001364	0,002101	0,00216	0,002259	0,002295	0,002469	0,001868	0,002265	0,002235	0,0022	0,002134	0,002383	0,002474	0,003002	0,00308

Cx2	[ATWA]-1 (Epoch 2)															
0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581	0,000581
0,000581	0,001355	0,001149	0,001137	0,001098	0,001084	0,001018	0,00083	0,001094	0,001105	0,001116	0,001146	0,001115	0,001105	0,001045	0,001038	0,001031
0,000581	0,001149	0,002005	0,001975	0,001878	0,001842	0,001678	0,001206	0,001867	0,001896	0,001924	0,001999	0,001919	0,001896	0,001745	0,001727	0,001708
0,000581	0,001137	0,001975	0,002074	0,001941	0,001891	0,001717	0,001228	0,001904	0,001919	0,001933	0,001969	0,001907	0,001889	0,00177	0,001756	0,001741
0,000581	0,001098	0,001878	0,001941	0,002138	0,002044	0,00184	0,001298	0,002019	0,001989	0,001961	0,001877	0,001868	0,001865	0,001848	0,001846	0,001844
0,000581	0,001084	0,001842	0,001891	0,002044	0,002102	0,001887	0,001325	0,002063	0,002015	0,001972	0,001843	0,001854	0,001857	0,001878	0,00188	0,001883
0,000581	0,001018	0,001678	0,001717	0,00184	0,001887	0,002096	0,001444	0,001855	0,001817	0,001782	0,001686	0,001788	0,001817	0,002011	0,002033	0,002057
0,000581	0,00083	0,001206	0,001228	0,001298	0,001325	0,001444	0,001787	0,001307	0,001285	0,001265	0,001211	0,001268	0,001285	0,001395	0,001408	0,001421
0,000581	0,001094	0,001867	0,001904	0,002019	0,002063	0,001855	0,001307	0,002198	0,002127	0,002062	0,001866	0,001864	0,001863	0,001857	0,001857	0,001856
0,000581	0,001105	0,001896	0,001919	0,001989	0,002015	0,001817	0,001285	0,002127	0,002261	0,00217	0,001895	0,001875	0,00187	0,001833	0,001829	0,001824
0,000581	0,001116	0,001924	0,001933	0,001961	0,001972	0,001782	0,001265	0,002062	0,00217	0,002269	0,001921	0,001886	0,001876	0,001811	0,001804	0,001795
0,000581	0,001146	0,001999	0,001969	0,001877	0,001843	0,001686	0,001211	0,001866	0,001895	0,001921	0,0022	0,002073	0,002036	0,001794	0,001766	0,001735
0,000581	0,001115	0,001919	0,001907	0,001868	0,001854	0,001788	0,001268	0,001864	0,001875	0,001886	0,002073	0,003868	0,003667	0,002364	0,002215	0,002051
0,000581	0,001105	0,001896	0,001889	0,001865	0,001857	0,001817	0,001285	0,001863	0,00187	0,001876	0,002036	0,003667	0,004146	0,002531	0,002347	0,002144
0,000581	0,001045	0,001745	0,00177	0,001848	0,001878	0,002011	0,001395	0,001857	0,001833	0,001811	0,001794	0,002364	0,002531	0,003619	0,003204	0,002746
0,000581	0,001038	0,001727	0,001756	0,001846	0,00188	0,002033	0,001408	0,001857	0,001829	0,001804	0,001766	0,002215	0,002347	0,003204	0,003302	0,002814
0,000581	0,001031	0,001708	0,001741	0,001844	0,001883	0,002057	0,001421	0,001856	0,001824	0,001795	0,001735	0,002051	0,002144	0,002746	0,002814	0,00289

Cdx1

0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136	0,001136
0,001136	0,002719	0,002513	0,002501	0,002462	0,002448	0,002382	0,002194	0,002458	0,002469	0,00248	0,00251	0,002479	0,002469	0,002409	0,002402	0,002394
0,001136	0,002513	0,004344	0,004272	0,004105	0,004044	0,003756	0,002895	0,00409	0,00414	0,004192	0,00433	0,004197	0,004154	0,003889	0,003855	0,00381
0,001136	0,002501	0,004272	0,004536	0,004275	0,004179	0,003864	0,002949	0,004193	0,00421	0,004225	0,004262	0,004169	0,004139	0,003955	0,003931	0,003901
0,001136	0,002462	0,004105	0,004275	0,004653	0,004479	0,004103	0,003072	0,004422	0,00436	0,004295	0,004105	0,004103	0,004103	0,004101	0,004102	0,004103
0,001136	0,002448	0,004044	0,004179	0,004479	0,004589	0,004419	0,003117	0,004505	0,004415	0,00432	0,004047	0,004079	0,00409	0,004155	0,004164	0,004177
0,001136	0,002382	0,003756	0,003864	0,004103	0,00419	0,004603	0,003329	0,004124	0,004051	0,003976	0,003776	0,003966	0,004028	0,004409	0,004458	0,004526
0,001136	0,002194	0,002895	0,002949	0,003072	0,003117	0,003329	0,003964	0,003083	0,003046	0,003007	0,002906	0,003004	0,003035	0,003231	0,003256	0,00329
0,001136	0,002458	0,00409	0,004193	0,004422	0,004505	0,004124	0,003083	0,004772	0,004638	0,004498	0,004091	0,004091	0,00411	0,004114	0,004117	0,004121
0,001136	0,002469	0,00414	0,00421	0,00436	0,004415	0,004051	0,003046	0,004638	0,004881	0,004692	0,004138	0,004117	0,004111	0,00407	0,004065	0,00406
0,001136	0,00248	0,004192	0,004225	0,004295	0,00432	0,003976	0,003007	0,004498	0,004692	0,004894	0,004187	0,004137	0,004122	0,004024	0,004012	0,003996
0,001136	0,00251	0,00433	0,004262	0,004105	0,004047	0,003776	0,002906	0,004091	0,004138	0,004187	0,004777	0,004547	0,004472	0,004011	0,003951	0,003869
0,001136	0,002479	0,004197	0,004169	0,004103	0,004079	0,003966	0,003004	0,004097	0,004117	0,004137	0,004547	0,007826	0,00745	0,005134	0,004836	0,004434
0,001136	0,002469	0,004154	0,004139	0,004103	0,00409	0,004028	0,003035	0,0041	0,004111	0,004122	0,004472	0,00745	0,008421	0,005503	0,005127	0,004618
0,001136	0,002409	0,003889	0,003955	0,004101	0,004155	0,004409	0,003231	0,004114	0,00407	0,004024	0,004011	0,005134	0,005503	0,007761	0,006907	0,005748
0,001136	0,002402	0,003855	0,003931	0,004102	0,004164	0,004458	0,003256	0,004117	0,004065	0,004012	0,003951	0,004836	0,005127	0,006907	0,007141	0,005894
0,001136	0,002394	0,00381	0,003901	0,004103	0,004177	0,004526	0,00329	0,004121	0,00406	0,003996	0,003869	0,004434	0,004618	0,005748	0,005894	0,006094

(Cdx1)-1

1563,923	-527,614	-5,21795	6,198014	0,614648	-0,17018	-1,60716	-156,27	-1,25148	1,605113	-0,34464	0,68136	-0,34431	0,178731	-0,40069	-0,56642	0,965983
-527,614	1060,883	-349,363	-12,1062	-1,20056	0,332394	3,139169	-173,049	2,444441	-3,13518	0,673172	-1,33086	0,672527	-0,3491	0,782649	1,106365	-1,8868
-5,21795	-349,363	5888,065	-2634,61	-2,1282	4,856289	0,577066	-4,83634	-5,60145	7,184273	-776,808	-2122,03	-0,17909	0,092963	-0,20841	-0,29462	0,502438
6,198014	-12,1062	-2634,61	3810,907	-1168,53	-5,82484	-0,5566	5,744728	6,493116	-8,3279	1,788133	-1,55375	0,785158	-0,40757	0,913722	1,291653	-2,20279
0,614648	-1,20056	-2,1282	-1168,53	4370,161	-3199,31	-0,0552	0,569697	0,643913	-0,82587	0,177327	-0,15408	0,077863	-0,04042	0,090613	0,128091	-0,21845
-0,17018	0,332394	4,856289	-5,82484	-3199,31	6852,958	-1090,68	-0,15773	-2563,95	2,435072	-0,52285	0,04266	-0,02156	0,01119	-0,02509	-0,03546	0,060481
-1,60716	3,139169	0,577066	-0,5566	-0,0552	-1090,68	2045,115	-398,746	0,112387	-0,14414	0,03095	-0,33089	0,16721	-0,0868	0,194589	0,275074	-557,406
-156,27	-173,049	-4,83634	5,744728	0,569697	-0,15773	-398,746	726,2592	-1,15995	1,487725	-0,31944	0,631529	-0,31913	0,165659	-0,37139	-0,525	0,895337
-1,25148	2,444441	-5,60145	6,493116	0,643913	-2563,95	0,112387	-1,15995	4912,429	-2351,14	0,741947	0,313726	-0,15854	0,082295	-0,1845	-0,26081	0,444779
1,605113	-3,13518	7,184273	-8,3279	-0,82587	2,435072	-0,14414	1,487725	-2351,14	4615,992	-2264,83	-0,40238	0,203334	-0,10555	0,236629	0,334502	-0,57046
-0,34464	0,673172	-776,808	1,788133	0,177327	-0,52285	0,03095	-0,31944	0,741947	-2264,83	3039,348	0,086397	-0,04366	0,022663	-0,05081	-0,07182	0,122487
0,68136	-1,33086	-2122,03	-1,55375	-0,15408	0,04266	-0,33089	0,631529	0,313726	-0,40238	0,086397	2349,762	-226,288	0,577158	-1,29392	-1,8291	3,119356
-0,34431	0,672527	-0,17909	0,785158	0,077863	-0,02156	0,16721	-0,31913	-0,15854	0,203334	-0,04366	-226,288	918,3129	-692,866	0,653857	0,924303	-1,57631
0,178731	-0,3491	0,092963	-0,40757	-0,04042	0,01119	-0,0868	0,165659	0,082295	-0,10555	0,022663	0,577158	-692,866	805,3087	-112,922	-0,4798	0,818253
-0,40069	0,782649	-0,20841	0,913722	0,090613	-0,02509	0,194589	-0,37139	-0,1845	0,236629	-0,05081	-1,29392	0,653857	-112,922	983,5748	-869,155	-1,83442
-0,56642	1,106365	-0,29462	1,291653	0,128091	-0,03546	0,275074	-0,525	-0,26081	0,334502	-0,07182	-1,8291	0,924303	-0,4798	-869,155	1508,098	-638,939
0,965983	-1,8868	0,502438	-2,20279	-0,21845	0,060481	-557,406	0,895337	0,444779	-0,57046	0,122487	3,119356	-1,57631	0,818253	-1,83442	-638,939	1197,705

dxT

-0,019	0,244019	0,081432	0,127014	0,156094	0,175308	0,120711	0,154669	0,169105	-0,0687	-0,05541	0,078218	-0,06665	-0,09996	-0,00395	0,116204	0,141552
--------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

dxT(Cdx-1)

-182,57	212,7334	-64,8053	85,09763	-27,3992	136,3376	-84,1175	25,17647	543,7107	-590,07	-75,6321	25,83349	-9,57099	-33,8674	-93,7705	88,40174	27,78458
---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

$\Omega =$ 231,5705

dof 1 (f1) : 11 varian
dof2 (f2) : 11 $s^2 = \hat{\sigma}_{o1}^2$ 0,520344
f = f1+f2 22 $s^2 = \hat{\sigma}_{o2}^2$ 0,448913

$\hat{\sigma}_o^2 =$ 0,484629

h= Dimensi Cdx1 = 17

$\omega =$ 28,10769 Confident Level 95%,Terhadap Tabel F Test = 2.82

epoch 2011		epoch 2012		
x1	VARIANS2 $\hat{\sigma}_o^2$	x2	VARIANS2 $\hat{\sigma}_o^2$	
1	4,0095	0,000554544	3,9905	0,000581328
2	2,0695	0,001363968	2,313519	0,001354916
3	0,210115	0,002338536	0,291547	0,002005493
4	3,98475	0,002461871	4,111764	0,002074451
5	5,98773	0,002515149	6,143824	0,002137998
6	7,252303	0,002486725	7,427611	0,002102203
7	10,97073	0,002507304	11,09144	0,00209596
8	4,454797	0,002177478	4,609466	0,001786706
9	13,83396	0,002574154	14,00307	0,002197946
10	6,039631	0,002620593	5,970927	0,002260886
11	3,318237	0,002625098	3,262827	0,002268617
12	-0,13459	0,002576764	-0,056372	0,00220007
13	6,344222	0,003957666	6,277571	0,003867995
14	13,67381	0,004274914	13,57385	0,004146162
15	30,56759	0,004141682	30,56365	0,00361899
16	29,89765	0,003838527	30,01385	0,003302063
17	19,12352	0,003203369	19,26508	0,002890167

epoch2011-2012		
	X12	VARIANS2 $\hat{\sigma}^2_o$
1	-0,019	0,000568
2	0,244018743	0,001359
3	0,08143216	0,002172
4	0,127014212	0,002268
5	0,156093889	0,002327
6	0,175307954	0,002294
7	0,120711273	0,002302
8	0,154669249	0,001982
9	0,169104672	0,002386
10	-0,068704743	0,002441
11	-0,055409834	0,002447
12	0,078218206	0,002388
13	-0,066651337	0,003913
14	-0,099957744	0,004211
15	-0,003948071	0,00388
16	0,11620368	0,00357
17	0,141551831	0,003047

dof 1 (f1) : 11
dof2 (f2) : 11
f = f1+f2 22

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

Confident Level 95%,Terhadap Tabel F Test = 2.82

EPOCH 2011-2012		
NEW STRATEGY		$\omega = \frac{d \hat{x}_i}{\sigma_{d \hat{x}_i}}$
Point		
1	BM Ancol	-33,45447374
2	GCP 7	179,4992167
3	GCP 2	37,49153506
4	GCP 5	55,99876197
5	GCP 17	67,09174077
6	GCP 20	76,40474527
7	GCP 25	52,44595311
8	GCP 15	78,03333995
9	GCP 22	70,8722195
10	GCP 19	-28,14914702
11	GCP 14	-22,64530455
12	GCP 1	32,74897233
13	GCP 16	-17,03404752
14	GCP 18	-23,73990014
15	GCP 28	-1,01745592
16	GCP 27N	32,54735807
17	GCP 26	46,45967441

GLOBAL TEST	
	$\omega = \frac{\Omega}{h \sigma_o^2}$
EPOCH 201	28,10769