

SKRIPSI

KAJIAN OPTIMASI JARING DEFORMASI BERDASARKAN KRITERIA *PRECISION & RELIABILITY*

(Studi Kasus : Data Pengamatan Jaringan Deformasi Provinsi DKI Jakarta)



Disusun Oleh:
Noviani Astuti
12.25.911

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

2014

SECRET

MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS
TECHNOLOGY & APPLICATIONS
[Illegible text]

SECRET
[Illegible text]

SECRET
[Illegible text]

LEMBAR PERSETUJUAN

**KAJIAN OPTIMASI JARING DEFORMASI BERDASARKAN
KRITERIA *PRECISION* DAN *RELIABILITY***

(Studi Kasus : Data Pengamatan Jaring Deformasi Provinsi 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 :

NOVIANI ASTUTI

12.25.911

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Dosen Pembimbing II



(Ir. M. Nurhadi, 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

P. BNI (PERSERO) MALANG
BANK 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

KAJIAN OPTIMASI JARING DEFORMASI BERDASARKAN
KRITERIA *PRECISION* DAN *RELIABILITY*

(Studi Kasus : Data Pengamatan Jaring Deformasi Provinsi DKI Jakarta)

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

Pada hari : Jum'at

Tanggal : 15 Agustus 2014

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

Oleh :

NOVIANI ASTUTI

12.25.911

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Ir. Agus Darpono, MT)

Sekretaris

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Anggota Penguji

Penguji I

(DK. Sunarvo, ST., MT)

Penguji II

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Penguji III

(Ir. Jasmani, M.Kom)

KAJIAN OPTIMASI JARING DEFORMASI BERDASARKAN KRITERIA PRECISION DAN RELIABILITY

(Studi Kasus : Data Pengamatan Jaring Deformasi Provinsi DKI Jakarta)

Noviani Astuti (12.25.911)

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

Dosen Pembimbing 2 : Ir. M. Nurhadi, MT

Abstraksi

Jaringan kontrol geodesi yang ditetapkan sebagai titik pantau akan menjadi dasar untuk kegiatan survei dan kualitas jaring akan secara langsung mempengaruhi kualitas kegiatan survei tersebut termasuk survei deformasi. Penelitian yang dilakukan oleh Kelompok Keahlian Geodesi ITB menggunakan Survei GPS menghasilkan informasi bahwa penurunan tanah yang terjadi di wilayah Jakarta cukup signifikan dengan kisaran antara beberapa centimeter sampai puluhan centimeter. Analisis deformasi sangat membutuhkan ketelitian yang sangat tinggi. sehingga menganalisis kualitas dari jaring perlu dilakukan terlebih dahulu.

Pengukuran survei deformasi pada penelitian ini dilakukan oleh PT. Aren Internasional Konsultan pada tahun 2011 hingga tahun 2012 di 28 titik yang tersebar di provinsi DKI Jakarta menggunakan metode pengukuran survei GPS statik. Untuk menganalisis kualitas dari jaringan geodesi digunakan beberapa nilai yaitu precision, internal reliability dan eksternal reliability. Matrik covarian dapat digunakan untuk mengetahui nilai presisi suatu parameter. Menurut Baarda, 1968 internal reliability berarti kemampuan jaring mendeteksi error dengan menggunakan uji statistik dari hipotesis yang dibuat dengan confidence level tertentu ($1-\alpha$) dan probabilitas deteksi disebut power ($1-\beta$) sedangkan eksternal reliability berkaitan dengan kemungkinan efek maksimum dari kesalahan kotor (gross error) observasi V_{ii} yang belum ditemukan terhadap hasil adjustment (seperti koordinat).

Hasil perhitungan uji statistik chi square untuk nilai presisi komponen koordinat titik GPS pada tingkat kepercayaan (confidence level) 95% menyatakan bahwa jaringan tahun 2011 menunjukkan ketelitian yang lebih baik daripada tahun 2012. Hasil perhitungan nilai internal reliability pada tingkat kepercayaan 99.9% (significant level $\alpha_0 = 0.1\%$) dan power test $\beta_0 = 80\%$ menyatakan bahwa jaringan tahun 2011 menunjukkan sensitivitas terhadap gross error yang lebih baik daripada tahun 2012. Hasil perhitungan nilai eksternal reliability pada tingkat kepercayaan tersebut secara umum menunjukkan bahwa efek yang ditimbulkan oleh gross error terhadap 28 koordinat titik GCP pada kedua jaringan tahun 2011 dan 2012 tidak berbeda signifikan.

Kata Kunci: *Jakarta, precision, internal reliability, eksternal reliability.*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Noviani Astuti
NIM : 12.25.911
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul

“Kajian Optimasi Jaring Deformasi Berdasarkan Kriteria

Precision dan Reliability”

(Studi Kasus : Data Pengamatan Jaring Deformasi Provinsi 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, 29 Agustus 2014

Yang membuat pernyataan



Noviani Astuti

NIM : 12.25.911

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

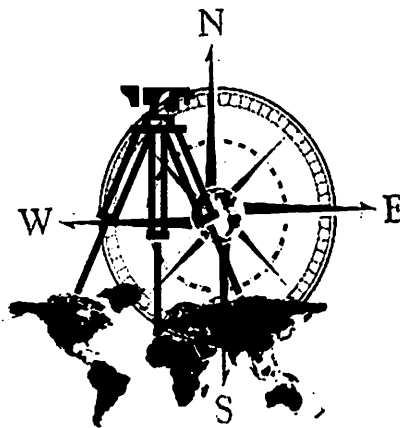
- cara satu-satunya untuk mengabadikan pengetahuan adalah
membagikannya-

- EVERYDAY IS RACE, THE LAST BUT NOT THE LIST-

Setiap hari langkah kehidupan begitu cepat, bagaikan pembalap berebut
dan melaju yang nomor 1, tetapi yang terakhir bukanlah yang terburuk.

-SEMANGAT, SABAR DAN BERDO'A-

-Doakan, Sugestikan Keinginanmu dalam hati dan tindakanmu, apa yang
kamu inginkan kelak akan kamu temukan dan dapatkan-



Skripsi ini saya persembahkan untuk :

“ibu dan bapak_ terima kasih atas segala bentuk dukungan, pengorbanan dan do’a.

Semoga karya ini dapat mengobati rasa lelah bapak dan ibu”

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

“Seluruh keluarga besarku”

“Teman – teman”

KATA PENGANTAR

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

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

1. Bapak dan Ibu serta semua keluarga yang senantiasa memberikan dukungan moril dan finansial untuk mencapai cita-citaku.
2. Bapak Ir. Agus Darpono, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Silvester Sari Sai, ST.MT, selaku dosen pembimbing I yang senantiasa sabar membimbing.
4. Bapak Ir. M. Nurhadi, MT selaku dosen pembimbing II yang senantiasa sabar membimbing.
5. Segenap dosen, staf pengajar dan *recording* Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang.
6. Teman-teman Geodesi yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
7. Teman kos tercinta dita febrina dan Mbak Linda Widyaningrum yang selalu menemani hariku.
8. Tidak lupa temanku mas Taufik Ikhsanudin, Leo eka Prasetyo dan Beni bayu Prabowo yang selalu memberi saran dan semangat terhadap skripsi ini.

9. Mas Fanika Dovi Kristiawan yang selalu mendukung dan menyemangatiku dalam segala hal.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih belum sempurna, baik dari segi materi, sistematika pembahasan, maupun susunan bahasa. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Hasil penelitian ini dan dengan segala keterbatasannya dipersembahkan kepada dunia pendidikan, semoga ada manfaatnya untuk pengembangan sumber daya manusia di negara tercinta ini.

Malang, 29 Agustus 2014

Penyusun

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| Judul | i |
| Lembar Persetujuan | ii |
| Lembar Pengesahan | iii |
| Abstraksi..... | iv |
| Surat Pernyataan Keaslian Skripsi | v |
| Lembar Persembahan | vi |
| Kata Pengantar..... | vii |
| Daftar Isi..... | ix |
| Daftar Gambar | xiii |
| Daftar Tabel..... | xvi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| I.1 Latar Belakang | 1 |
| I.2 Rumusan Masalah | 2 |
| I.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| I.4 Batasan Masalah | 2 |
| I.5 Tinjauan Pustaka | 3 |
| BAB II DASAR TEORI | 6 |
| II.1. Survei dengan GPS | 6 |
| II.1.1. Metode Penentuan Posisi Absolut | 9 |
| II.1.2. Metode Penentuan Posisi Diferensial..... | 9 |
| II.1.2.1. Metode Survei Statik Singkat | 10 |
| II.1.2.2. Metode <i>Stop-and-Go</i> | 10 |
| II.1.2.3. Metode Pseudo -Kinematik | 11 |
| II.1.2.4. Metode Kombinasi | 12 |
| II.2. Jaringan Kontrol Geodesi | 13 |
| II.2.1. Sejarah Pembentukan Jaringan Geodesi | 13 |

| | |
|---|-----------|
| II.3. Kesalahan (<i>Error</i>) pada Pengukuran..... | 14 |
| II.4. Kriteria Jaring Optimal..... | 17 |
| II.4.1. <i>Precision</i> dan Akurasi..... | 17 |
| II.4.2. <i>Reliability</i> | 18 |
| II.4.2.1. <i>Internal Reliability</i> | 19 |
| II.4.2.2. <i>Eksternal Reliability</i> | 20 |
| II.5. Deformasi | 20 |
| II.5.1. Penyebab Deformasi..... | 20 |
| II.5.2. Hasil Pemantauan Deformasi yang pernah dilakukan di Jakarta | 21 |
| II.6. Analisis Jaringan..... | 23 |
| II.6.1. Least Square Adjustment | 23 |
| II.6.1.1. Bobot Pengamatan dari varian..... | 26 |
| II.6.1.2. Konsep Uji Statistik | 27 |
| II.6.1.3. Hipotesis nol dan hipotesis alternatif | 28 |
| II.6.2. Analisis Kualitas..... | 29 |
| II.6.2.1. <i>Precision</i> | 30 |
| II.6.2.2. <i>Internal Reliability</i> | 31 |
| II.6.2.3. <i>Eksternal Reliability</i> | 33 |
| II.7. <i>Baseline trivial</i> dan <i>non trivial</i> | 33 |
| II.8. <i>Strength of Figure</i> | 35 |
| BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN | 37 |
| III.1. Persiapan Penelitian | 37 |
| III.1.1. Alat Penelitian | 37 |
| III.1.2. Bahan Penelitian..... | 38 |
| III.1.2.1. Data Pengamatan GPS (<i>Raw Data</i>) | 38 |
| III.1.2.2. Data Jaring Kontrol Horizontal | 39 |
| III.2. Lokasi Penelitian | 39 |
| III.1.2.3. Bentuk Jaring Pemantau Deformasi Tahun 2011- 2012 | 40 |

| | |
|---|-----------|
| III.3. Diagram Alir Penelitian | 41 |
| III.4. Pengukuran Lapangan | 43 |
| III.4.1. Persiapan pengukuran | 43 |
| III.4.2. Pengamatan satelit | 44 |
| III.4.2.1. Pengecekan Titik..... | 44 |
| III.4.2.2. Prosedur Pengamatan Satelit | 45 |
| III.4.2.3. Prosedur Setelah Pengamatan Satelit..... | 46 |
| III.5. Pengolahan Data | 46 |
| III.5.1. Tahap Pengolahan <i>Baseline</i> | 46 |
| III.5.1.1. Identifikasi <i>Baseline</i> | 46 |
| III.5.1.2. Perhitungan <i>Baseline</i> | 48 |
| III.5.1.2.1. Langkah Pengolahan <i>Baseline</i> Menggunakan <i>Software Geogenius</i> | 48 |
| III.5.2. Tahap Perataan Kuadrat Terkecil pada Jaring GPS | 56 |
| III.5.2.1. Menyusun Matrik..... | 57 |
| III.5.2.2. Perataan Jaring GPS Menggunakan <i>Microsoft Excel</i> | 59 |
| III.5.2.3. Menghitung Nilai <i>Aposteriori Varian</i> | 60 |
| III.5.2.4. Uji Hipotesa Menggunakan <i>chi Square</i> | 60 |
| III.6. Analisa Hasil | 61 |
| III.6.1. Analisa <i>Precision</i> | 61 |
| III.6.1.1. Menghitung Komponen Matrik <i>Varian Covarian</i> dan <i>Precision</i> | 62 |
| III.6.1.2. Melakukan Uji Hipotesa..... | 62 |
| III.6.2. Analisa <i>Reliability</i> | 63 |
| III.6.2.1. <i>Internal reliability</i> | 63 |
| III.6.2.2. <i>Eksternal reliability</i> | 64 |
| III.6.3. <i>Strenght of Figure</i> | 65 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 66 |
| IV.1. Hasil Pengolahan <i>Baseline</i> | 66 |
| IV.1. 1. Vektor <i>Baseline</i> dari Pengukuran Jaring Tahun 2011..... | 66 |

| | |
|---|------------|
| IV.1. 2. Vektor <i>Baseline</i> dari Pengukuran Jaring Tahun 2012..... | 68 |
| IV.2. Hasil Perataan Kuadrat Terkecil Jaring | 70 |
| IV.2. 1. Hasil Perataan Jaring Tahun 2011 | 70 |
| IV.2.1.1. Uji hipotesa menggunakan <i>chi square</i> pada jaring tahun 2011 | 74 |
| IV.2. 2. Hasil Perataan Jaring Tahun 2012 | 75 |
| IV.2.2.1. Uji hipotesa menggunakan <i>chi square</i> pada jaring tahun 2012 | 79 |
| IV.3. <i>Precision</i> | 80 |
| IV.3.1. <i>Precision</i> pada Jaring GPS Tahun 2011 | 80 |
| IV.3.2. <i>Precision</i> pada Jaring GPS Tahun 2012..... | 85 |
| IV.4. Analisa Reliability | 90 |
| IV.4.1. <i>Internal Reliability</i> | 90 |
| IV.4.1.1. <i>Internal Reliability</i> pada Jaring GPS Tahun 2011 | 91 |
| IV.4.1.2. <i>Internal Reliability</i> pada Jaring GPS Tahun 2012..... | 94 |
| IV.4. 2. <i>Eksternal reliability</i> | 101 |
| IV.4.2.1. <i>Eksternal reliability</i> pada Jaring GPS Tahun 2011 | 101 |
| IV.4.2.2. <i>Eksternal reliability</i> pada Jaring GPS Tahun 2012 | 103 |
| IV.5. <i>Strength of Figure</i> | 108 |
| BAB V PENUTUP | 112 |
| V.1. Kesimpulan..... | 112 |
| V.2. Saran..... | 114 |
| DAFTAR PUSTAKA | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. Penentuan Posisi Titik-titik dengan Survei GPS Metode Jaringan | 7 |
| Gambar 2.2. Penentuan Posisi Titik-titik dengan Survei GPS Metode Radial | 7 |
| Gambar 2.3. Metode dan Sistem Penentuan Posisi dengan GPS | 8 |
| Gambar 2.4. Metode Survei Penentuan Posisi Absolute | 9 |
| Gambar 2.5. Sistem Penentuan Posisi diferensial..... | 10 |
| Gambar 2.6. Metode penentuan posisi stop-and-go..... | 11 |
| Gambar 2.7. Metode Survei Penentuan Posisi Pseudo-Kinematik..... | 12 |
| Gambar 2.8. Contoh Kombinasi Metode Penentuan Posisi dengan GPS | 12 |
| Gambar 2.9. Peta Penurunan Tanah DKI Jakarta menggunakan metode levelling 1974 - 2010 | 22 |
| Gambar 2.10. Diagram analisis kualitas jaringan berdasarkan kriteria <i>precision</i> , <i>reliability</i> | 30 |
| Gambar 2.11. uji 1 dimensi dari variabel w normal standar, ditampilkan untuk hipotesis H_0 dan hipotesis alternative H_a | 32 |
| Gambar 2.12. pembentukan <i>Baseline</i> pada posisi secara relatif statik..... | 33 |
| Gambar 2.13. Kombinasi <i>Baseline</i> trivial dan <i>non trivial</i> | 35 |
| Gambar 3.1. <i>Receiver trimble 4600LS</i> dan <i>trimble R3</i> | 38 |
| Gambar 3.2. Pengamatan <i>GPS</i> | 38 |
| Gambar 3.3. Lokasi penelitian pada citra <i>google earth</i> | 39 |
| Gambar 3.4. Desain jaring GPS pemantau deformasi tahun 2011 | 40 |
| Gambar 3.5. Desain jaring GPS pemantau deformasi tahun 2012 | 40 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.6. Diagram alir penelitian | 41 |
| Gambar 3.7. BM Ancol..... | 44 |
| Gambar 3.8.Tombol aplikasi pada <i>GPS</i> | 46 |
| Gambar.3.9.Konfigurasi baseline dalam 1 sesi pengamatan menggunakan 4 receiver | 47 |
| Gambar.3.10.Konfigurasi baseline dalam 1 sesi pengamatan menggunakan 5receiver | 47 |
| Gambar 3.11. <i>GeoGenius</i> | 49 |
| Gambar 3.12. <i>Untitled</i> | 49 |
| Gambar 3.13. Mengubah sistem proyeksi | 49 |
| Gambar 3.14. <i>Select System</i> | 50 |
| Gambar 3.15. <i>System editor</i> | 50 |
| Gambar 3.16. <i>Files into project</i> | 50 |
| Gambar 3.17. <i>Insert files into project</i> | 51 |
| Gambar 3.18. <i>Decoder</i> | 51 |
| Gambar 3.19. <i>Files</i> yang telah diinput | 52 |
| Gambar 3.20. <i>Process</i> | 52 |
| Gambar 3.21. <i>Baseline</i> yang telah di proses..... | 53 |
| Gambar 3.22. Kesalahan <i>baseline</i> | 53 |
| Gambar 3.23. <i>Scan</i> | 54 |
| Gambar 3.24. <i>Scan Satellite</i> | 54 |
| Gambar 3.25. <i>Legend</i> | 55 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4.1. Jaring Pengukuran Tahun 2011..... | 66 |
| Gambar 4.2. Jaring Pengukuran Tahun 2012..... | 68 |
| Gambar 4.3. Tampilan desain konfigurasi <i>baseline</i> pada jaring tahun 2011..... | 71 |
| Gambar 4.4. Tampilan desain konfigurasi <i>baseline</i> pada jaring tahun 2012..... | 76 |
| Gambar 4.5. Grafik nilai presisi titik-titik jaring GPS tahun 2011..... | 81 |
| Gambar 4.6. Grafik nilai presisi titik-titik jaring GPS tahun 2012..... | 86 |
| Gambar 4.7. Grafik Nilai Internal Reliability pada komponen vektor baseline dX | 99 |
| Gambar 4.8. Grafik Nilai Internal Reliability pada komponen vektor baseline dY | 99 |
| Gambar 4.9. Grafik Nilai Internal Reliability pada komponen vektor baseline dZ | 100 |
| Gambar 4.10. Grafik Nilai Eksternal Reliability pada komponen X titik GCP.... | 105 |
| Gambar 4.11. Grafik Nilai Eksternal Reliability pada komponen Y titik GCP.... | 106 |
| Gambar 4.12. Grafik Nilai Eksternal Reliability pada komponen Z titik GCP... | 107 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel.3.1. Tabel daftar peralatan dan perlengkapan | 43 |
| Tabel.3.2. Nilai δ_0 berdasarkan α_0 dan β_0 (Sumber: Diadopsi dari Kuang, 1996).. | 64 |
| Tabel 4.1. Daftar <i>Baseline</i> dan standar deviasi hasil pengolahan baseline pada jaring tahun 2011 | 67 |
| Tabel 4.2. Daftar <i>Baseline</i> dan standar deviasi hasil pengolahan baseline pada jaring tahun 2012..... | 69 |
| Tabel 4.3. Komponen penyusun matrik X hasil perataan kuadrat terkecil jaring GPS tahun 2011 | 71 |
| Tabel 4.4. Komponen penyusun matrik V hasil perataan kuadrat terkecil jaring GPS tahun 2011 | 72 |
| Tabel 4.5. Komponen penyusun matrik X hasil perataan kuadrat terkecil jaring GPS tahun 2012..... | 76 |
| Tabel 4.6. Komponen penyusun matrik V hasil perataan kuadrat terkecil jaring GPS tahun 2012..... | 77 |
| Tabel 4.7. Presisi hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2011 | 81 |
| Tabel 4.8. Uji Statistik <i>chi square</i> terhadap ketelitian parameter X | 82 |
| Tabel 4.9. Uji Statistik <i>Chi square</i> terhadap ketelitian parameter Y | 83 |
| Tabel 4.10. Uji Statistik <i>Chi square</i> terhadap ketelitian parameter Z..... | 83 |
| Tabel 4.11. Presisi hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2012 | 85 |
| Tabel 4.12. Uji Statistik <i>chi square</i> terhadap ketelitian parameter X | 87 |
| Tabel 4.13. Uji Statistik <i>Chi square</i> terhadap ketelitian parameter Y..... | 87 |
| Tabel 4.14. Uji Statistik <i>Chi square</i> terhadap ketelitian parameter Z..... | 88 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 4.15. Nilai <i>internal reliability</i> (kehandalan dalam) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2011 ($\alpha_0 = 0.1\%$, $\beta_0 = 80\%$) | 91 |
| Tabel 4.16. <i>Internal reliability</i> (kehandalan dalam) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2012 ($\alpha_0 = 0.1\%$, $\beta_0 = 80\%$) | 94 |
| Tabel 4.17. Nilai <i>internal reliability</i> (kehandalan dalam) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2012 dan tahun 2011 ($\alpha_0 = 0.1\%$, $\beta_0 = 80\%$)..... | 98 |
| Tabel 4.18. Eksternal Reliability (Kehandalan luar) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2011 ($\alpha_0 = 0.1\%$, $\beta_0 = 80\%$) | 101 |
| Tabel 4.19. <i>Eksternal reliability</i> (Kehandalan luar) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2012 ($\alpha_0 = 5\%$, $\beta_0 = 80\%$) | 103 |
| Tabel 4.20. <i>Eksternal reliability</i> (Kehandalan luar) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2011- tahun 2012 ($\alpha_0 = 5\%$, $\beta_0 = 80\%$)..... | 105 |
| Tabel 4.21. Komponen dari diagonal matrik <i>covarian</i> tahun 2011 | 109 |
| Tabel 4.22. Komponen dari diagonal matrik <i>covarian</i> tahun 2011 | 110 |

BAB I

PENDAHULUAN

I. Latar Belakang

Jaringan kontrol geodesi adalah konfigurasi geometris dari beberapa titik survei terestrial yang terhubung oleh pengukuran geodesi ataupun pengukuran teknik lainnya. Jaringan kontrol geodesi yang ditetapkan akan menjadi dasar untuk semua kegiatan survei dan kualitas jaring akan secara langsung mempengaruhi kualitas kegiatan survei tersebut, termasuk kegiatan pemantauan deformasi. Jaringan kontrol geodesi yang digunakan dalam pemantauan deformasi digunakan untuk mengamati perubahan bentuk atau posisi arah horisontal dan vertikal dari suatu objek.

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu objek (Kuang, 1996). Salah satu pekerjaan deformasi berkelanjutan yaitu pemantauan deformasi di Jakarta. Pemantauan deformasi ini dilakukan oleh Kelompok Keahlian Geodesi ITB menggunakan Survei GPS. Penelitian ini menghasilkan informasi mengenai adanya penurunan tanah di wilayah Jakarta, dimana daerah Jakarta utara merupakan wilayah yang cukup signifikan terjadi penurunan tanah. Besarnya penurunan tanah di wilayah Jakarta selama lima periode ini rata-rata berkisar antara beberapa centimeter sampai beberapa belas centimeter, dan di daerah tertentu ada yang mencapai beberapa puluh centimeter.

Telah diketahui bahwa analisis deformasi sangat membutuhkan ketelitian yang sangat tinggi, sehingga menganalisis kualitas dari jaring

perlu dilakukan terlebih dahulu. Beberapa nilai yang digunakan untuk menganalisis kualitas tersebut yaitu *precision*, *internal reliability* dan *eksternal reliability*.

II. Rumusan Masalah

Dari hasil pengukuran posisi jaring kontrol geodesi pemantau deformasi menggunakan GPS maka bagaimana melakukan kajian kualitas jaring pemantau deformasi yang telah dilakukan di provinsi DKI Jakarta tahun 2011, 2012 tersebut berdasarkan kriteria *precision* dan *reliability* serta bagaimana desain jaring yang memiliki kualitas optimal pada jaring GPS tersebut.

III. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengkaji kualitas jaring pemantau deformasi di provinsi DKI Jakarta berdasarkan kriteria *precision* dan *reliability* (*internal reliability*, *eksternal reliability*).
2. Untuk mengetahui desain jaring yang memiliki kualitas optimal pada jaring pemantau deformasi di provinsi DKI Jakarta tersebut.
3. Untuk mengetahui nilai *Strength of Figure* setiap desain jaring.

IV. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Lokasi penelitian di Provinsi DKI Jakarta menggunakan metode Survei *Global Positioning System* yang selanjutnya disingkat survei GPS.
2. Data GPS sekunder tahun 2011 dan 2012 berupa data *RINEX*.

3. Data merupakan hasil pengukuran posisi 28 titik Jaring GPS yang tersebar di provinsi DKI Jakarta. Pengukuran jaring kontrol menggunakan metode diferensial statik yang diamati selama 2 jam.
4. Menggunakan *software GeoGenius 2.0*.
5. Mengkaji kriteria *precision* dinilai oleh *Matrix covariance* dari parameter C_k
6. Mengkaji kriteria *reliability* menggunakan *redundancy number* (data lebih) dan *Minimal detectable error* dengan teknik *data snooping* oleh Baarda :

$$\text{internal reliability } \nabla_o l_i = \sigma_{li} \sqrt{\frac{\lambda_o}{r_i}}$$

$$\text{eksternal reliability dengan } \nabla_o ik \leq (A^T P . A)^{-1} (A^T P . \nabla_o l_i)$$

7. Kajian optimasi yang dilakukan adalah menggunakan persamaan :
 $ap. \text{ Precision} + ai. (\text{Internal reliability}) + ae. (\text{eksternal reliability}) = \text{max}$
8. Menghitung nilai SoF (*Strength of Figure*) dengan rumus :

$$\text{SoF} = \frac{\text{Trace} (A^T . P . A)^{-1}}{n-u}$$

V. Tinjauan Pustaka

Bagian paling penting dari informasi pengukuran di samping hasil pengukuran, yaitu kualitas hasil pengukuran tersebut. Karena semua pekerjaan geodesi bersandar pada titik kontrol geodesi ,maka kualitas jaring tersebut secara langsung akan mempengaruhi kualitas pekerjaan yang dilakukan. Secara umum, pembentukan jaringan geodetik melibatkan tiga tahap: desain jaringan, eksekusi (yaitu pekerjaan lapangan) dan analisis jaringan. Analisis jaringan berkenaan

dengan pengolahan dan analisis data geodetik yang terkumpul dan pelaporan hasil jaringan tersebut dengan kualitasnya. (Kuang,1996)

Definisi yang lebih jelas tentang konsep perkiraan kualitas di peroleh melalui teori yang di sampaikan oleh Baarda (1976,1979) yaitu: Akurasi merupakan ukuran kualitas, kualitas terdiri dari *precision* dan *reliability* (kehandalan), ukuran *precision* adalah *matrik covarian* parameter yang dicari, mengukur *reliability* (kehandalan) adalah dari sensitivitas dalam mendeteksi dan mengeleminasi *gross error (internal reliability)* dan efeknya pada parameter yang di cari (*eksternal reliability*).

Secara matematis, mengoptimalkan jaring geodetik berarti meminimalkan atau memaksimalkan sebuah fungsi objektif yang menyajikan “kualitas dari jaringan tersebut” (schmitt,1985). Tiga kriteria umum yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas tersebut adalah, *precision*, kehandalan (*reliability*); *internal* dan *eksternal reliability*, dan ekonomis, serta sensitivitas (untuk jaring pemantau deformasi).(Kuang,1996)

Kuang (1996) menyebutkan prosedur langkah-langkah analisis jaringan terdiri dari analisis akurasi dari pengamatan, mengamati data sebelum diproses, menyaring data sebelum perataan, perataan jaringan kuadrat terkecil, menyaring data setelah perataan, analisis kualitas dari hasil, melaporkan hasil jaringan dan kualitasnya.

Kuang (1996) menyatakan secara matematis, tahap perencanaan dari sebuah survei GPS adalah untuk mendesain: mengkombinasikan geometri satelit dan geometri jaring dan juga memilih alat dan memodelkan kesalahan yang dapat mendeteksi *precision* dengan maksimal yang diperoleh dari koordinat (*precision*

yang tinggi). Mendeteksi kesalahan sistematis dengan maksimal (*high internal reliability*).

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang,1996). Jaringan kontrol geodesi adalah konfigurasi geometris dari tiga atau lebih titik survei terestrial yang terhubung oleh pengukuran geodesi, astronomi ataupun pengukuran teknik lainnya. Tujuan dari pembuatan jaring geodetik pemantau deformasi adalah untuk memantau perpindahan/perubahan secara horisontal dan vertikal dari suatu lokasi. (*Electronic Journal Geotechnical Engineering Vol.16 page 910-920, 2011*)

Untuk melakukan analisis deformasi struktur alam atau buatan manusia sangat penting untuk terlebih dahulu menganalisis kualitas (akurasi) dari jaring kontrol geodesinya. Karena jaring kontrol geodesi yang ditetapkan akan menjadi dasar untuk semua kegiatan survei . Selain itu kualitas (akurasi) jaring kontrol geodesi langsung mempengaruhi hasil yang diperoleh, sehingga sangat penting untuk menganalisis keakuratan jaringan geodesi yang didirikan sebelum dapat digunakan sebagai dasar untuk penentuan deformasi.(Marendic et.all, 2011).

Ikhsanudin (2012) melakukan analisis deformasi di wilayah DKI Jakarta menggunakan data *levelling* menggunakan metode *global test*, uji statistik *F Test* dengan tingkat kepercayaan 95% menyatakan bahwa terjadi penurunan tanah di wilayah tersebut. Dengan menggunakan *standar error* pengukuran waterpas $12\sqrt{D}$ km dapat dideteksi adanya indikasi penurunan tanah sebesar rata-rata 5,5 cm.

BAB II

LANDASAN TEORI

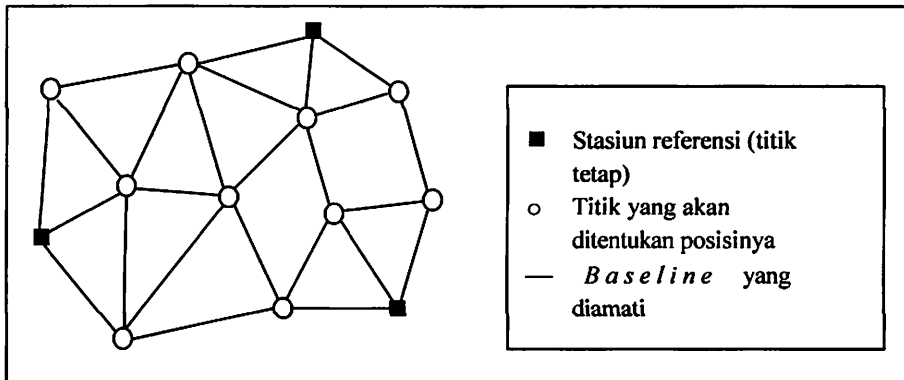
Penentuan posisi titik di permukaan bumi dapat dilakukan secara terestris maupun ekstra-terestris. Metode penentuan posisi secara terestris dilakukan berdasarkan pengukuran dan pengamatan yang semuanya dilakukan di permukaan bumi. Sedangkan pada metode ekstra-terestris, penentuan posisi dilakukan dengan pengukuran atau pengamatan ke objek/benda angkasa baik yang alami (seperti bulan, bintang, dan quasar) maupun yang buatan manusia seperti satelit. Salah satu metode atau sistem penentuan posisi secara ekstra-terestris yang telah dikenal selama ini, yaitu survei dengan GPS.

II.1. Survei dengan GPS

GPS (Global Positioning Sistem) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini memberikan informasi posisi dan kecepatan tiga dimensi serta waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa mengenal waktu kepada banyak orang secara simultan.

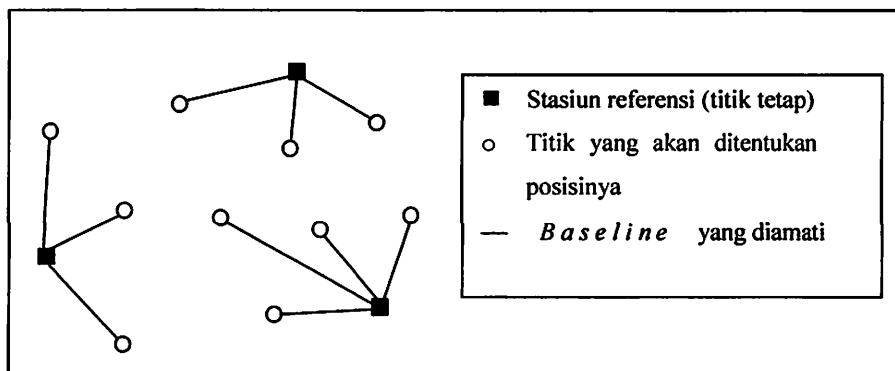
Metode survei GPS secara umum dapat didefinisikan sebagai proses penentuan koordinat dari sejumlah titik terhadap beberapa titik yang telah diketahui koordinatnya dengan menggunakan metode penentuan posisi diferensial serta data pengamatan fase dari sinyal GPS. Pengolahan data pada survei GPS umumnya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

Pada prinsipnya survei GPS bertumpu pada metode penentuan posisi statik secara diferensial dengan menggunakan data fase. Pengamatan satelit GPS umumnya dilakukan *baseline* per *baseline* selama selang waktu tertentu (beberapa menit sampai beberapa hari bergantung tingkat ketelitian yang diinginkan) dalam suatu jaringan (kerangka) dari titik-titik yang akan ditentukan posisinya seperti ditunjukkan gambar 2.1 (Abidin et al:2002).



Gambar 2.1. Penentuan posisi titik-titik dengan metode survei GPS (model jaringan) (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

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

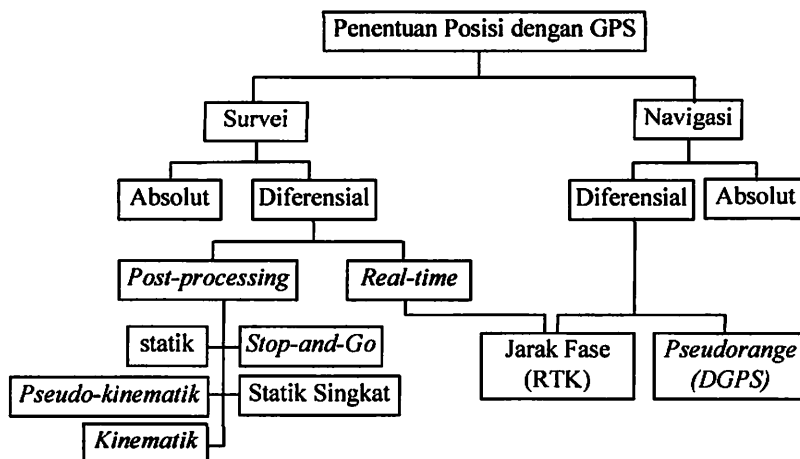


Gambar 2.2. Penentuan posisi titik-titik dengan metode survei GPS (Moda Radial) (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

Pelaksanaan survei GPS selain dilakukan dengan moda jaringan yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, penentuan posisi titik-titik juga dapat dilakukan dalam moda radial seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.

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

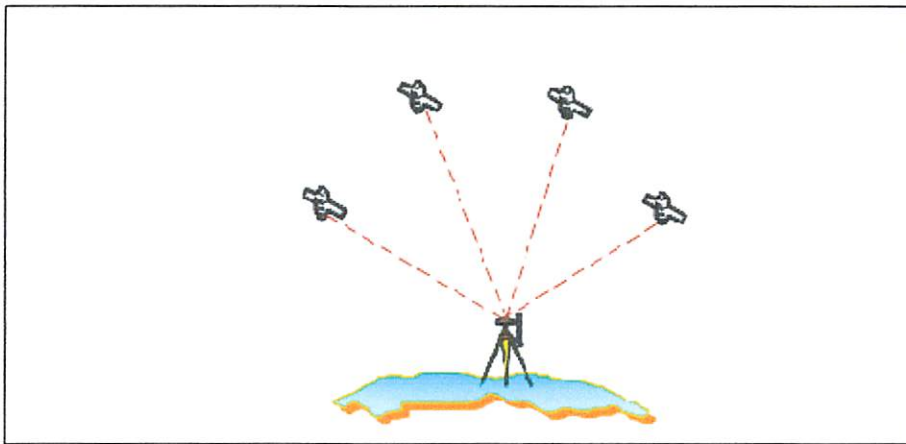
Metode penentuan posisi dengan GPS dapat dikelompokkan atas dua kategori utama, yaitu survei dan navigasi seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.3 sebagai berikut :



Gambar 2.3 Metode dan sistem penentuan posisi dengan GPS
(Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

II.1.1. Metode Penentuan Posisi Absolut

Metode Absolut merupakan metode penentuan posisi dengan GPS yang paling mendasar. Metode ini juga dinamakan *point positioning*, karena penentuan posisi dapat dilakukan per titik tanpa tergantung pada titik lainnya. Posisi ditentukan dalam sistem WGS-84. Metode ini tidak dimaksudkan untuk penentuan posisi yang teliti. Aplikasi utama dari metode ini adalah untuk keperluan navigasi atau aplikasi lain yang memerlukan informasi posisi yang tidak perlu terlalu teliti tetapi tersedia secara instan (*real time*), seperti untuk keperluan *reconnaissance* dan *ground truthing*. seperti ditunjukkan gambar 2.4 (Abidin et al:2002).



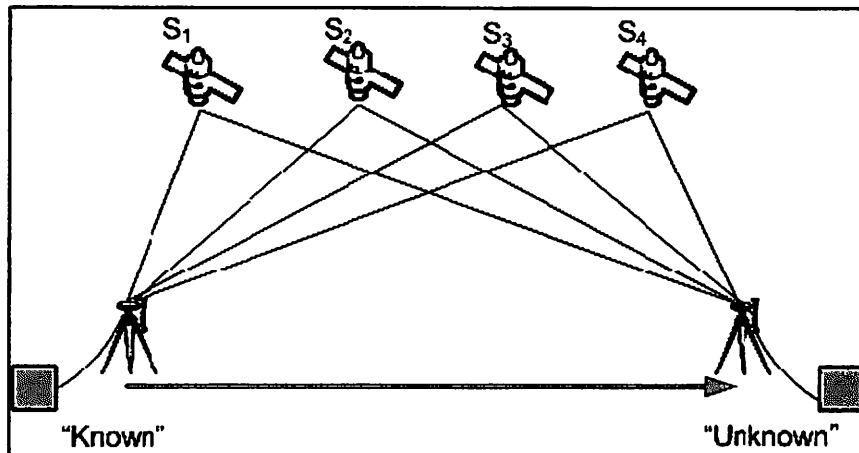
Gambar 2.4 Metode survei penentuan posisi absolute

(Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

II.1.2. Metode Penentuan Posisi Diferensial

Metode penentuan diferensial sering juga dinamakan metode penentuan relatif, dimana posisi suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lain yang telah diketahui koordinatnya (*station reference*). Dengan mengurangi data yang

diamati oleh dua *receiver* GPS pada waktu yang bersamaan, maka beberapa kesalahan dan bias dari data dapat dieliminasi atau direduksi. seperti ditunjukkan gambar 2.5 (Abidin et al:2002).



Gambar 2.5. Sistem penentuan posisi diferensial
(Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

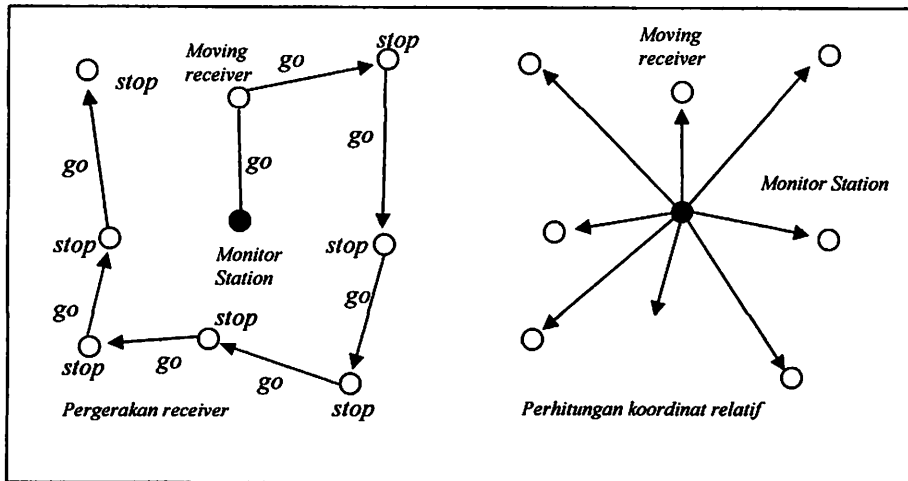
11.1.2.1. Metode Survei Statik Singkat

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

11.1.2.2. Metode *Stop-and-Go*

Metode *stop-and-go* adalah salah satu metode survei penentuan posisi titik-titik dengan GPS yang kadang disebut juga sebagai metode *semi-kinematik* (Abidin et al:2002). Pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak (statik), sedangkan *receiver* GPS bergerak dari titik-titik dimana

pada setiap titiknya *receiver* yang bersangkutan diam beberapa saat di titik-titik tersebut, seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

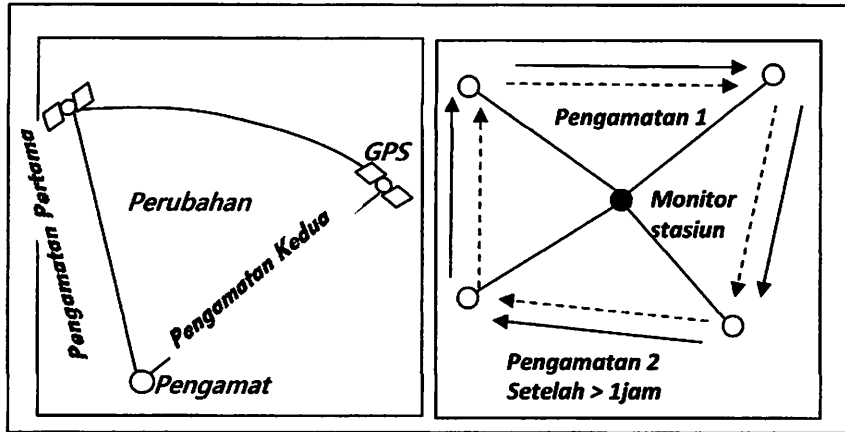


Gambar 2.6. Metode penentuan posisi stop-and-go

(Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

11.1.2. 3. Metode *Pseudo -Kinematik*

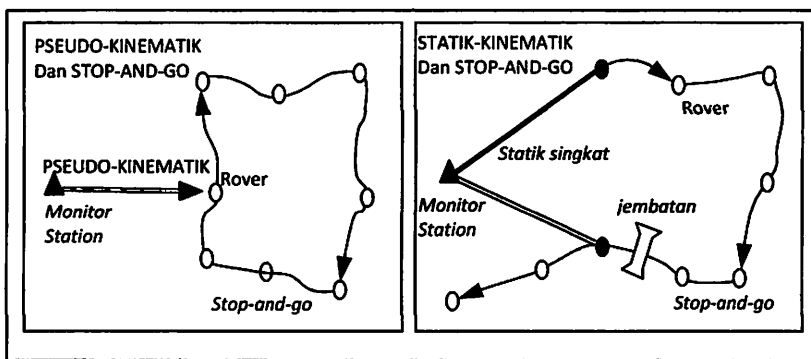
Metode *pseudo-kinematik* yang kadang disebut juga sebagai metode *intermittent* ataupun metode *reoccupation*, pada dasarnya dapat dilihat sebagai realisasi dari dua metode statik singkat (lama pengamatan beberapa menit) yang dipisahkan oleh selang waktu yang relatif cukup lama (sekitar satu sampai beberapa jam) (Abidin et al:2002). Seperti yang diilustrasikan oleh gambar 2.7.



Gambar 2.7. Metode survei penentuan posisi *pseudo-kinematik*
 (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002)

11.1.2.4. Metode Kombinasi

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



Gambar 2.8. Contoh kombinasi metode penentuan posisi dengan GPS
 (Sumber: Diadopsi dari Abidin et al,2002).

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

II.2. Jaringan Kontrol Geodesi

Jaringan kontrol geodesi adalah konfigurasi geometris dari beberapa titik survei terestrial yang terhubung oleh pengukuran geodesi ataupun pengukuran teknik lainnya. (Kuang, 1996)

II.2.1. Sejarah Pembentukan Jaringan Geodesi

Sebuah jaringan geodetik adalah jaringan segitiga yang diukur persis dengan teknik survei terestrial atau dengan geodesi satelit .

Dalam "geodesi klasik" (sampai tahun enam puluhan) dilakukan dengan triangulasi, berdasarkan pengukuran sudut dan jarak dari beberapa cadang, orientasi yang tepat di utara geografis dicapai melalui metode astronomi geodesi. Instrumen utama yang digunakan adalah *theodolite* dan *tacheometer*, yang kini dilengkapi dengan jarak pengukuran inframerah, basis data, sistem komunikasi dan sebagian oleh *link* satelit.

Pengukuran jarak elektronik (*EDM*) diperkenalkan sekitar tahun 1960, ketika instrumen prototipe menjadi cukup kecil untuk digunakan di lapangan. *EDM* peningkatan jaringan akurasi hingga 1:1 juta (1 cm per 10 km , saat ini setidaknya 10 kali lebih baik), dan membuat survei lebih murah. Penggunaan geodesi satelit dimulai sekitar waktu yang sama. Dengan menggunakan satelit cerah seperti *Echo I, II* dan *Echo Pageos*, jaringan global ditentukan, yang kemudian memberikan dukungan bagi teori lempeng tektonik .

Perbaikan penting lainnya adalah pengenalan radio dan elektronik satelit seperti *Geos A* dan *B* (1965-1970), dari sistem Transit (efek *Doppler*) 1967-1990 yang merupakan pendahulu dari GPS - dan teknik laser seperti *Lageos* (USA) atau *Starlette* (F). Meskipun penggunaan pesawat ruang angkasa, jaringan kecil untuk

proyek-proyek kadaster dan teknis terutama diukur terestrial, tetapi dalam banyak kasus yang tergabung dalam jaringan nasional dan global dengan geodesi satelit.

Saat ini, beberapa ratus satelit geodesi berada di orbit, dilengkapi dengan sejumlah besar satelit penginderaan jauh dan sistem navigasi GPS dan Glonass seperti, yang akan diikuti oleh satelit Galileo Eropa pada tahun 2013. Sementara perkembangan ini telah membuat jaringan geodetik berbasis satelit survei lebih fleksibel dan hemat biaya daripada setara di darat, kelangsungan hidup jaringan titik tetap masih diperlukan untuk tujuan administratif dan hukum pada skala lokal dan regional. Jaringan geodetik global tidak dapat didefinisikan untuk diperbaiki, karena geodinamika terus mengubah posisi semua benua dengan 2 sampai 20 cm per tahun. Oleh karena itu jaringan global modern seperti ETRF atau ITRF menunjukkan tidak hanya koordinat "titik tetap" mereka, tetapi juga kecepatan tahunan mereka.

Jaringan kontrol geodesi yang ditetapkan akan menjadi dasar untuk semua kegiatan survei, termasuk kegiatan pemantauan deformasi. Jaringan kontrol geodesi yang digunakan dalam pemantauan deformasi digunakan untuk mengamati perubahan bentuk atau posisi arah horisontal dan vertikal dari suatu objek.

Jaring yang didesain harus memiliki presisi yang bagus (dapat di realisasikan menggunakan koordinat stasiun yang memenuhi presisi yg di syaratkan), *reliability* yg tinggi (untuk menghilangkan kesalahan kasar pada pengamatan), dan memiliki biaya serendah mungkin.

II.3. Kesalahan (*Error*) pada Pengukuran

Kegiatan survei pengukuran sebagian besar terdiri dari pengukuran dan menghitung koordinat titik yang dipilih dengan bantuan orang-orang pengukuran.

Namun bahkan dengan peralatan paling canggih atau metode pengukuran, setiap pengamatan geodetik mengandung kesalahan, yaitu untuk setiap nilai memiliki perbedaan antara nilai terukur dan nilai sebenarnya. Selain pertanyaan filosofis, apakah nilai sebenarnya akan benar-benar muncul, nilai sebenarnya dari pengukuran tidak dapat diketahui karena ketidakpastian pengukuran. Secara umum, ukuran yang tepat dari kesalahan juga selalu tidak diketahui (Wolf dan Ghiliani, 1997).

Pengukuran didefinisikan sebagai pengamatan untuk menentukan besaran yang tidak diketahui. Fakta yang terjadi pada pengukuran bahwa (1) tidak ada pengukuran yang pasti, (2) pengukuran mengandung kesalahan (*error*), (3) Nilai yang benar tidak pernah diketahui, (4) ukuran kesalahan yang pasti tidak pernah diketahui. (wolf, 2006)

Kesalahan (*error*) berasal dari tiga sumber, yang diklasifikasikan diantaranya Peralatan, Alam, Pelaksana. (wolf, 2006)

1. Kesalahan peralatan atau *Instrumental error*. Kesalahan ini disebabkan oleh ketidaksempurnaan pada konstruksi alat. Seperti pembagian skala bacaan yang tidak seragam pada alat teodolit dan total station. Kesalahan ini bersumber apabila alat dibaca secara manual atau digital.
2. Kesalahan alam atau *Natural errors*. Kesalahan ini disebabkan perubahan kondisi sekitar lingkungan, termasuk perubahan tekanan atmosfer, temperatur, angin, bidang gravitasi, dan bidang magnetik.
3. Kesalahan pelaksana atau *personal errors*. Kesalahan ini timbul akibat terbatasnya kepekaan manusia. Seperti kemampuan membaca mikrometer atau meletakkan gelembung pada posisi tengah.

Beberapa kesalahan ini menyebabkan kesalahan terjadi secara sistematis, sedangkan yang lain terjadi secara acak. Maka, kesalahan diklasifikasikan sebagai kesalahan kasar, kesalahan sistematik dan kesalahan acak (wolf, 2006)

1. *Mistakes*. Hal ini disebabkan oleh kekeliruan atau kecerobohan pengamat. Contohnya (a) lupa mengatur koreksi pada alat, atau salah membaca koreksi temperatur udara, kesalahan mencatat bacaan 27.55 menjadi 25.75, kekeliruan membidik target. *Mistakes* biasanya disebut sebagai *blunder error* atau *gross error*.
2. Kesalahan Sistematik atau *systematic error*. Kesalahan ini mengikuti aturan fisik dengan demikian kesalahan ini dapat diprediksi. Kesalahan ini bisa dihilangkan dengan mengoreksi prosedur pengukuran (seperti: menyeimbangkan jarak *foresight* dan *backsight* pada pengukuran *levelling* untuk mengatasi faktor kelengkungan bumi dan refraksi). Koreksi dari kesalahan sistematik bisa di hitung dan diaplikasikan pada pengamatan untuk menghapuskan efeknya. *Systematic error* juga biasanya disebut *bias*.
3. Kesalahan acak atau *Random errors*. Kesalahan ini adalah kesalahan yang tertinggal setelah semua kesalahan *blunder* dan kesalahan sistematik dihilangkan dari nilai pengukuran. Pada umumnya, Kesalahan ini dihasilkan dari ketidaksempurnaan manusia dan alat yang digunakan. Karakteristik kesalahan ini: kecil dan bertanda positif atau negatif, tidak mengikuti aturan fisik dan diatasi dengan aturan kemungkinan matematis (*probability*). Contoh kesalahan acak seperti: tidak tepat meletakkan gelembung tengah, sentering titik BM. Kesalahan ini tidak mungkin dihindari pada semua pengukuran,

walaupun kesalahan ini sering disebut *accidental errors*. Terjadinya kesalahan ini tidak boleh dianggap sebagai kecelakaan

Random error dan *Blunder error* berhubungan dengan *precision*. *Systematic error* sering mengakibatkan masalah akurasi. *Reliability* menyangkut ketiga kesalahan tersebut. Terdapat sebuah kasus dimana sebuah pengukuran sangat *precision* dan akurasi. Pada kasus yang lain pengukuran menghasilkan keluaran yang akurat dan *precision* namun tidak *reliable*. Sehingga secara keseluruhan kualitas atau optimalisasinya masih rendah. (Gelder,2000)

II.4. Kriteria Kualitas Jaringan Optimal

Secara matematis, optimalisasi berarti menetapkan nilai maksimum atau minimum fungsi target dibawah sejumlah *constraint* (keseimbangan, tidak seimbang ataupun keduanya). Dalam hal optimalisasi jaring geodetik, salah satu tujuannya adalah menampilkan kualitas jaring. Tiga kriteria umum yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas posisi jaring geodetis pada umumnya di deskripsikan melalui ketelitian (*precision*), kehandalan (*reliability*), dan ekonomis, serta *sensitivity* (sensitifitas) untuk jaring pengamatan deformasi. (Kuang,1996)

II.4.1.Precision

Precision didefinisikan sebagai tingkat kedekatan dan konsistensi pengukuran ulang dari jumlah yang sama satu sama lain. Nilai *precision* didasarkan pada ukuran dari perbedaan dalam set data. Mereka memberikan perkiraan akurasi jika data tidak dipengaruhi oleh bias karena kesalahan atau efek sistematis yang belum terkoreksi.

Precision adalah derajat konsistensi diantara data pengamatan berdasarkan dari ukuran perbedaan serangkaian data pengamatan (Wolf,2006).

Precision secara langsung berkaitan dengan kesalahan acak, meningkat ketika kesalahan acak menurun, dan sebaliknya. (Buckner 1997).

Seorang surveyor melakukan pengukuran sebuah jarak berulang-ulang, namun selalu memberikan hasil yang berbeda. Hal ini merupakan kesalahan acak dari alam, dimana manusia tidak bisa mengendalikannya. Jika bacaan menghasilkan hasil yang sama maka surveyor akan membuat pengukuran lebih presisi. (Gelder, 2000)

Selanjutnya, pengukuran bias presisi tetapi tidak akurat, serta akurat tetapi tidak presisi. Jika misalnya, pengukuran dibuat dengan banyak perhatian seperti menggunakan instrumen yang sangat halus, pembacaan berulang dari jumlah yang sama akan didapat. Tetapi jika instrumen berisi satu atau lebih kesalahan sistematis yang tidak diperbaiki atau tidak terdeteksi, hasilnya akan tidak akurat. Sebaliknya, adalah mungkin bahwa rata-rata beberapa kuantitas pengukuran ulang yang sama ini menggunakan metode kurang halus tapi dikalibrasi bisa lebih dekat dengan nilai sebenarnya dan dengan demikian menghasilkan hasil yang lebih akurat, meskipun pengukurannya yang kurang presisi. (Staudinger, 1999)

II.4.2. Reliability

Reliability adalah kemampuan jaring untuk bertahan terhadap *systematic error* dan *gross errors* pada pengamatan. Konsep *reliability* untuk jaring geodesi dibahas oleh Baarda (1968). *Reliability* yang tinggi berarti bahwa jaring memiliki

respon terhadap *systematic error* yang tidak termodelkan dan *gross error* yang tidak dapat dideteksi.

Reliability secara langsung berkaitan terhadap ekonomi dan biaya pembuatan jaring tersebut. Kemampuan mendeteksi kesalahan pengukuran sebuah jarak sebesar 10 cm dengan probabilitas 80% kemudian ditingkatkan menjadi kurang dari 10 cm dengan probabilitas 90% akan meningkatkan biaya survei. Biaya survei dapat bertambah karena untuk meningkatkan kemampuan jaring diperlukan tambahan usaha seperti menggunakan alat dengan ketelitian yang lebih tinggi, waktu pengamatan GPS diperpanjang dan sebagainya.

Reliability dibedakan menjadi dua yaitu *internal reliability* dan *eksternal reliability*.

II.4.2. 1. *Internal Reliability*

Internal reliability dapat ditemukan dari menguji sebaik apa pengamatan memeriksa geometris setiap titik (Wolf,2006). *Internal reliability* berarti kemampuan jaring mendeteksi *error* dengan menggunakan uji statistik dari hipotesis yang dibuat dengan *confidence level* tertentu $(1-\alpha)$. Probabilitas deteksi disebut *power* $(1-\beta)$. *Error* yang berada dibawah nilai batas tidak dapat terdeteksi (Staudinger,1999).

Internal reliability merupakan kemampuan untuk mengetahui ukuran *error* yang dapat dideteksi pada pengukuran dengan probabilitas dalam persentase tertentu. Ukuran *error* tersebut dinyatakan sebagai *Marginally* atau *Minimum detectable Error (MDE)* yang dinotasikan sebagai nabla (∇)

II.4.2.2. Eksternal reliability

Eksternal reliability berkaitan dengan kemungkinan efek maksimum dari kesalahan kotor (*gross error*) observasi ∇_{li} yang belum ditemukan terhadap hasil *adjustment* (seperti koordinat).

Eksternal reliability merupakan efek dari *Marginally* atau *Minimum detectable Error (MDE)* terhadap hasil pendekatan parameter yang dicari. (Leick, 2004)

II.5. Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang,1996).

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

II.5.1. Penyebab Deformasi

Penurunan muka tanah adalah salah satu fenomena deformasi permukaan secara vertikal disamping terjadinya fenomena *uplift* (penaikan muka tanah). Dari studi penurunan tanah yang telah dilakukan selama ini, dapat diidentifikasi beberapa faktor penyebab terjadinya penurunan tanah, yaitu pengambilan air tanah yang berlebihan, beban bangunan yang terus bertambah, konsolidasi

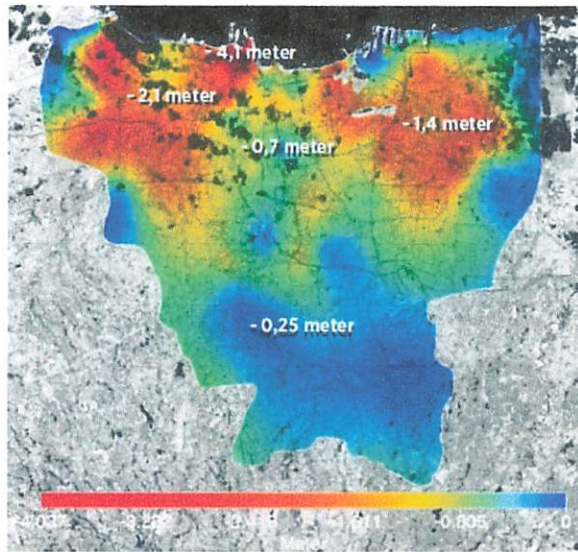
alamiah dari lapisan-lapisan tanah, serta karena gaya-gaya tektonik. Namun dari faktor-faktor tersebut, penurunan tanah akibat pengambilan air tanah yang berlebihan sebagai penyebab dominan untuk kota-kota besar seperti Jakarta, Bandung, Semarang, Bangkok, Shanghai dan Tokyo (Abidin, 2002)

Secara umum penyebab penurunan muka tanah antara lain (Whittaker dan Reddish, 1989 dalam metasari 2010) :

1. Penurunan tanah alami disebabkan oleh proses-proses geologi seperti aktivitas vulkanik dan tektonik, siklus geologi, adanya rongga di bawah permukaan tanah dan sebagainya.
2. Penurunan tanah akibat pengambilan air tanah melebihi kemampuan pengambilannya mengakibatkan terjadinya kekosongan pori-pori tanah.
3. Penurunan akibat beban bangunan yang bertambah secara signifikan sehingga tanah sebagai pondasi pendukung bangunan tidak mampu menahan tekanan beban di atas permukaan tanah dan mengalami pemampatan ke arah bawah.
4. Penurunan tanah akibat penambangan menyebabkan deformasi tanah disekitar area pengambilan mineral tambang.

II.5.2. Hasil Pemantauan Deformasi yang Pernah Dilakukan di DKI Jakarta

Wilayah Jakarta bisa dibedakan dari dua wilayah, yaitu daerah selatan Jakarta yang relatif tak terlalu besar peran faktor kompaksi alamiahnya dengan daerah utara Jakarta yang masih mengalami kompaksi alamiah. Endapan wilayah selatan relatif lebih tua dibandingkan dengan wilayah utara Jakarta.



Gambar 2.9. Peta Penurunan Tanah DKI Jakarta menggunakan metode levelling 1974 - 2010 (Sumber: Jakarta Coastal Defence Strategy ,2013).

Dari penelitian Januari 2007 hingga Februari 2011, penurunan yang terukur tertinggi di Pantai Mutiara, mencapai 40 centimeter. Penurunan cukup tinggi juga terjadi di wilayah Tanjung Priok. Di kawasan pantai ini, kecepatan penurunan 45-60 milimeter per tahun.

Sementara itu, secara akumulatif, pada penelitian kurun waktu Desember 1997-September 2007 (sekitar 117 bulan), di sejumlah titik terdeteksi penurunan 80-90 cm. Secara umum, penurunan yang terjadi dalam periode itu 1-15 cm per tahun. Tingkat penurunan 2007-2008, dari hasil penelitian Hasanuddin di Jakarta menunjukkan angka 28 cm, tahun 2008-2009 sekitar 14 cm, dan tahun 2009-2010 sekitar 16 cm.

Penurunan terbesar tercatat 160 cm pada 1991-1997, sementara 1982-1991 penurunan maksimum 80 cm. Tiga wilayah, di Cengkareng dan Kalideres di arah

barat laut Jakarta serta Kemayoran-Sunter di timur laut Jakarta, dari hasil penelitian Hasanuddin, rata-rata penurunannya lebih besar dibandingkan wilayah lain.

Pemantauan deformasi yang dilakukan oleh Kelompok Keahlian Geodesi ITB telah dilakukan sebanyak 8 kali sejak tahun 1997, yaitu; 24-26 Desember 1997, 29-30 Juni 1999, 31 Mei-3 Juni 2000, 14-19 Juni 2001, 26-31 Oktober 2001, 2-7 Juli 2002, 21-26 Desember 2002, dan 21-25 September 2005. Survei ini dilakukan menggunakan Survei GPS dengan *receiver* dual frekuensi dan lama pengamatan 6-12 jam, menghasilkan informasi mengenai adanya penurunan tanah/ deformasi arah vertikal di wilayah Jakarta. Secara umum dari Desember 1997 sampai Desember 2002 terdeteksi penurunan tanah dengan laju sekitar 1-10 cm/tahun kadang hingga mencapai 15-20cm/tahun, dimana daerah Jakarta utara merupakan wilayah yang cukup signifikan terjadi penurunan tanah.

Sebelumnya deformasi vertikal atau yang kerap dikenal penurunan tanah (*Land Subsidence*) telah cukup lama terjadi di beberapa tempat di wilayah DKI Jakarta (Murdohardono et.all, 1993). Dalam hal ini pada periode 1982 sampai 1997 telah dideteksi menggunakan metode sipat datar terjadi penurunan tanah 20 sampai 200 cm.

II.6. Analisis Jaringan

II.6.1. *Least Square Adjustment* pada Jaringan GPS

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). Metode *least square adjustment* menggunakan proses diantaranya :

1. Mengestimasi atau meratakan nilai parameter eksterior orientasi
2. Mengestimasi nilai *object space* (X, Y dan Z) beserta nilai keakurasiannya.
3. Mengestimasi dan meratakan nilai parameter internal 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) :

$$\sum V_i^2 = V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + \dots + V_{mi}^2 = \text{minimum} \dots\dots\dots(2.6)$$

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 ditulis sebagai berikut :

$$m A_n \cdot n X_1 = m L_1 + m V_1 \dots\dots\dots(2.7)$$

Atau

$$m V_1 = m A_n \cdot n X_1 - n L_1 \dots\dots\dots(2.8)$$

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

$$A^T A X = A^T L \dots\dots\dots(2.9)$$

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

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

$$IX = (A^T A)^{-1} A^T L \dots\dots\dots(2.11)$$

$$X = (A^T A)^{-1} A^T L \dots\dots\dots(2.12)$$

Bila menggunakan bobot maka :

$$X = (A^T W A)^{-1} A^T W L \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana

X = matriks korelasi parameter dicari (*unknown*)

A = Matriks koefisien atau *matrik jacobian*

L = matrik pengamatan/ observasi

V = matrik residu

W = matrik bobot

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

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

$$V = AX - L \dots \dots \dots (2.14)$$

Rumus *a posteriori varians* adalah :

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{v^T W v}{r} \dots \dots \dots (2.15)$$

Rumus *standar deviasi* adalah :

$$S_o = \sqrt{\frac{v^T W v}{r}} \dots \dots \dots (2.16)$$

II.6.1.1. 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 geometris. Pengukuran dengan *precision* tinggi ditunjukkan oleh varians kecil. Sebaliknya pengukuran dengan *precision* rendah ditunjukkan dengan varians yang lebih besar. (wolf dan Ghilani, 2006)

Bobot observasi adalah ukuran nilai relatif dibandingkan untuk pengukuran lainnya. Bobot yang digunakan untuk mengontrol ukuran koreksi diterapkan untuk pengukuran dalam penyesuaian. Pengamatan yang lebih tepat, semakin

besar bobotnya, dengan kata lain semakin kecil variansnya. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa bobot berbanding terbalik dengan varians.

Pengamatan memiliki bobot (w) dengan demikian sering disebut varians dari suatu pengukuran satuan berat disingkat menjadi varians dari satuan berat ditetapkan dengan persamaan (Wolf dan Ghilani, 2006)

$$W_i = \frac{1}{\sigma_o} \dots \dots \dots (2.17)$$

II.6.1.2. Konsep Uji Statistik.

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

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

$$P(P_1 < P < P_2) = 1 - \alpha \dots \dots \dots (2.4)$$

$(1-\alpha)$ disebut tingkat kepercayaan yang biasanya ditentukan sendiri nilainya, misalnya 95%. Dengan menetapkan nilai ini maka dapat diperoleh selang yang

diharapkan mengandung nilai parameter yang sesungguhnya. Nilai P_1 dan P_2 disebut sebagai batas kepercayaan teratas dan terbawah untuk parameter.

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 penaksiran terhadap nilai menengah populasi, menghitung nilai varians sampel yang akan diukur sebagai variansi populasi dan menghitung rasio dari dua variansi yg berbeda.

II.6.1. 3. Hipotesis Nol dan Hipotesis Alternatif.

Secara konsep, uji statistik berfungsi untuk menentukan apakah iya atau tidak sesuatu itu salah dengan dasar yang telah ditentukan (seperti : fungsi probabilitas yang telah ditentukan untuk penelitian (sampel), atau memperkirakan nilai sejumlah parameter seperti nilai rata-rata, nilai varian, atau keduanya. Sebuah pernyataan kuantitatif tentang fungsi probabilitas yang telah ditentukan dan parameternya dianggap sebagai sebuah hipotesis statistik. (vanicek and krakiwsky, 1986). Sebuah hipotesis nol (H_0) adalah salah satu dari sejumlah parameter yang telah ditentukan pada beberapa nilai tertentu. Pada umumnya, setiap Hipotesis nol memiliki sebuah nilai bandingan yaitu Hipotesis alternatif (H_a) yang mengasumsikan nilai yang berbeda pada sejumlah parameter. Dengan demikian Hipotesis nol merupakan level referensi dari penyimpangan pada hipotesis alternatif yang berbeda harus bisa di deteksi dengan uji statistik. Hipotesis statistik lainnya bisa di uji. Sebuah uji dari hipotesis statistik merupakan

sebuah algoritma yang membawa kepada pengambilan keputusan secara statistik berdasarkan keabsahan dari H_0 (Vanicek dan Krawsky, 1986).

Uji hipotesis untuk nilai varian adalah (Harvey, 1990):

$$\chi^2_{\frac{\alpha}{2},r} < \frac{r \cdot s^2}{\sigma_0^2} < \chi^2_{1-\frac{\alpha}{2},r} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dalam hal ini, r adalah *degree of freedom*, s adalah standar deviasi sampel, σ adalah standar deviasi sampel yang dihipotesiskan sedangkan $\chi^2_{\frac{\alpha}{2},r}$ dan $\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2},r}$ adalah nilai upper dan lower pada table chi square. Jika nilai $\sigma = \sigma_0$ maka H_0 diterima dan H_a ditolak, jika nilai $\sigma \neq \sigma_0$ maka H_a diterima dan H_0 ditolak.

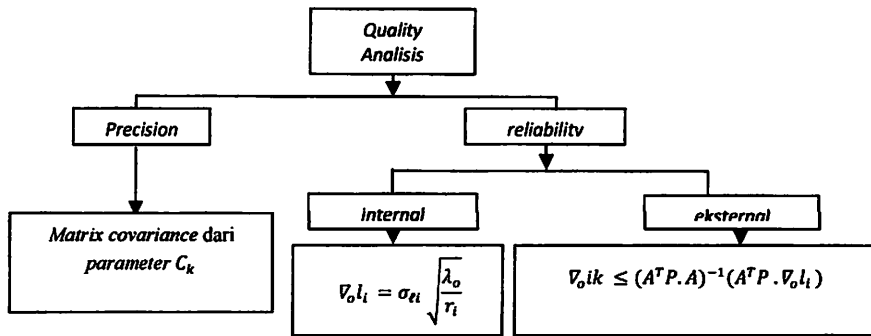
II.6.2. Analisis Kualitas

Untuk menganalisis jaringan geodetik dua cabang matematika yang digunakan adalah probabilitas dan statistik. Kedua bidang matematika ini memungkinkan untuk dapat mengambil keputusan yang tepat. Bahkan statistik menerapkan hukum-hukum probabilitas untuk mendapatkan perkiraan berdasarkan pengumpulan data, menganalisis dan menafsirkan. Hal ini jelas bahwa semua *gross error* harus dipertimbangkan karena mereka dapat menurunkan kualitas hasil. Untuk menghilangkan kesalahan kotor dan kesalahan sistematis, kita harus mendeteksinya.

Ada beberapa teknik untuk tujuan ini. Sebuah penyelidikan yang sistematis diperlukan untuk mengontrol pengamatan dan harus mampu mendeteksi kesalahan *blunder* dan membuat estimasi *reliability* hasil perataan. Perataan akan bermakna apabila memiliki data lebih. Perataan klasik berdasarkan uji statistik

hanya mengatasi kesalahan acak dan sistematis dalam pengamatan . Hal ini tidak efisien untuk kesalahan *blunder*.

Secara garis besar Analisis kualitas jaringan yang di lakukan dapat digambarkan seperti diagram dibawah ini.



Gambar 2.10. Diagram analisis kualitas jaringan berdasarkan kriteria *precision*, *reliability* (Sumber: Diadopsi dari Kavouras ,1982).

II.6.2.1. Precision

Perkiraan keakuratan parameter yang digunakan dan *covariances* nya dapat diperoleh ketika mengalikan 'a posteriori' faktor berbeda dengan matriks kovarians parameter pendekatan yang digunakan. Seperti disajikan dalam persamaan berikut :

$$\widehat{Q}_{xx} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_X^2 & \sigma_{XY} & \sigma_{XZ} \\ \sigma_{XY} & \hat{\sigma}_Y^2 & \sigma_{YZ} \\ \sigma_{XZ} & \sigma_{YZ} & \hat{\sigma}_Z^2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2.33)$$

Matrik VCV dari koordinat titik-titik dalam jaringan yang diperoleh dari hasil hitung perataan dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$\widehat{C}_x = \sigma_o^2 (A^T . P . A)^{-1} \dots\dots\dots(2.34)$$

Sehingga Ketelitian/ presisi dari setiap vektor komponen titik memiliki persamaan :

$$\sigma_i = \sigma_o \sqrt{q_{ii}} \dots \dots \dots (2.35)$$

Dimana σ_o^2 adalah faktor *variansi aposteriori* yang dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_o^2 = \frac{V^T P V}{r} = \frac{V^T P V}{n-u} \dots \dots \dots (2.36)$$

Pada rumus (2.36) di atas n, u dan r masing-masing adalah jumlah data, jumlah parameter yang dicari dan data lebih (*redundancy*).

II.6.2.2. Internal Reliability

Ukuran *error* yang dapat dideteksi pada *internal reliability* dinyatakan sebagai *Marginally Detectable Error (MDE)* yang dinotasikan sebagai nabla (∇). *Marginal detectable error* yang maksimum menunjukkan bahwa pengamatan tersebut mempunyai sensitivitas rendah terhadap kesalahan acak atau dengan kata lain pengamatan tersebut kurang handal untuk dapat memberikan ketelitian yang baik.

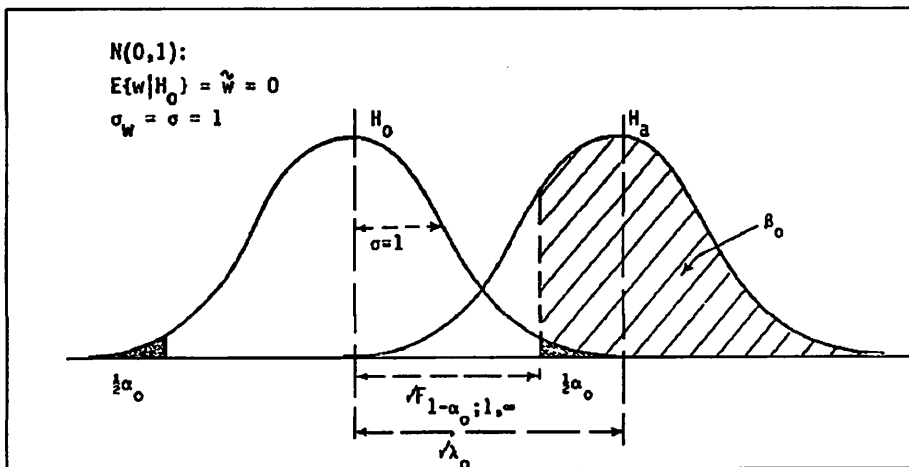
λ_0 dinotasikan sebagai jarak diantara distribusi normal jarak antara distribusi normal pada hipotesis (H_0) bahwa observasi milik distribusi dan distribusi sesuai dengan hipotesis alternatif (H_a). Dalam literatur statistik seseorang dapat menemukan tabel atau grafik yang menggambarkan , λ_0 sebagai fungsi dari tingkat signifikansi α_0 dan *power test* β_0 [Baarda, 1968, p.21-26]. Nilai

masing-masing untuk α_0 dan β_0 adalah 5% dan 80%, Hal ini dapat ditunjukkan bahwa untuk pengamatan berkorelasi *marginally detectable error* adalah :

$$\nabla_0 l_i = \frac{\sigma_{ii}^2}{\sigma_{vi}} \sqrt{\lambda_0(\alpha_0, \beta_0)} \dots\dots\dots(2.38)$$

Berikut ini tiga contoh untuk nilai α_0 dan β_0 :

1. $\lambda_0 = 11,70 [(2,58 + 0,84)^2]$, untuk $\alpha_0 = 0,01$ (1%) dan $\beta_0 = 0,80$ (80%).
2. $\lambda_0 = 7,84 [(1,96 + 0,84)^2]$, untuk $\alpha_0 = 0,05$ (5%) dan $\beta_0 = 0,80$ (80%).
3. $\lambda_0 = 10,50 [(1,96 + 1,28)^2]$, untuk $\alpha_0 = 0,01$ (5%) dan $\beta_0 = 0,90$ (90%).



Gambar 2.11. Uji 1 dimensi dari variabel w normal standar, ditampilkan untuk hipotesis H_0 dan hipotesis alternatif H_a (Sumber: Diadopsi dari Van Gelder ,2000).

Jika kita menerapkan persamaan 2.38 pada gambar 2.12. kita dapat mendeteksi kesalahan dari 17,5 cm ($= 25 \cdot \frac{2,8}{4}$) dengan probabilitas 80% (dan tingkat signifikansi 5%). jika $\sigma_l = 5$ cm dan standar deviasi dari residual adalah $\sigma_v = 4$ cm.

II.6.2.3. Eksternal Reliability

Eksternal reliability menyatakan besarnya pengaruh dari kesalahan tidak acak yang tidak terdeteksi pada parameter *unknown* dalam jaringan. Dinyatakan dalam BNR (*Bias Noises Rasio*)

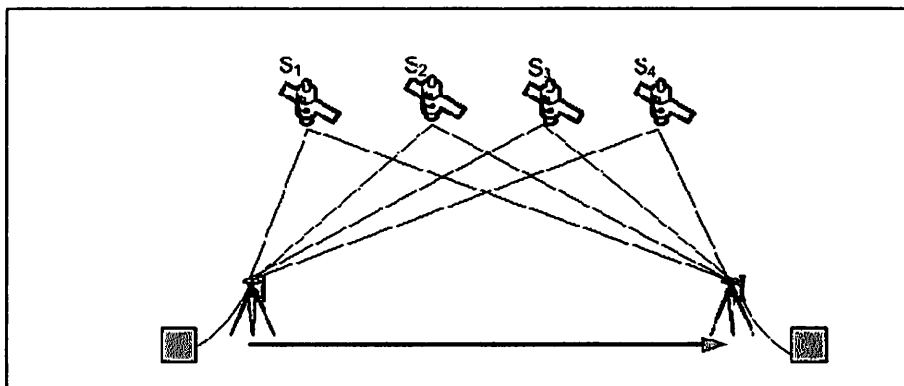
Efek ini $\hat{v}_{o,i}^x$ di berikan oleh :

$$\hat{v}_{o,i}^x = (A^T P A)^{-1} A^T P |v_{o,i}| \dots\dots\dots(2.39)$$

Faktor global *eksternal reliability* bergantung pada *redundancy number* r_i . Jika r_i kecil, maka *eksternal reliability* menjadi besar dan kesalahan global yang di sebabkan *gross error* menjadi signifikan (Leick, 1995). Sehingga *redundancy number* yang kecil tidak diharapkan pada proses optimalisasi.

II.7. Baseline Trivial dan Non Trivial

Baseline trivial dan *non trivial* berlaku pada posisi relatif statik dengan *receiver* GPS yang menggunakan data *carrier-phase*.



Gambar 2.12. Pembentukan *baseline* pada posisi secara relatif statik

Penentuan posisi secara *relative statik* menunjukkan bahwa dua *receiver* GPS yang menggunakan *carrier-phase*, di lokasi yang berbeda mengamati satelit yang sama pada saat yang sama dalam suatu periode waktu tertentu. Pengamatan merekam data *pseudorange* dan data *carrier phase* pada setiap satelit. Setelah data dikumpulkan di kedua lokasi, dilakukan pemrosesan menggunakan komputer. Hasil dari pemrosesan tersebut adalah perbedaan diantara kedua posisi titik tersebut. Perbedaan tersebut pada penentuan posisi disebut *baseline*.

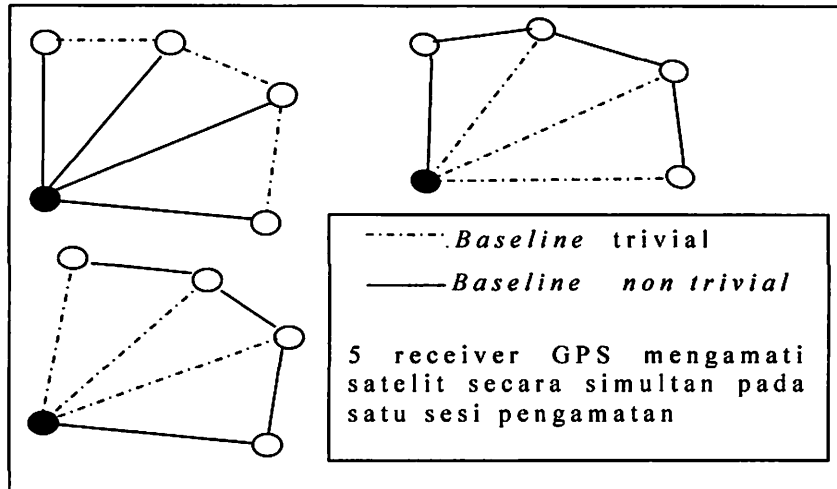
Pada gambar 2.13, *baseline* yang terbentuk merupakan *non trivial (independent)* karena hanya satu garis *baseline* yang dapat dihitung dari data yang direkam oleh 2 *receiver*.

Baseline trivial atau *dependent* atau *baseline* tidak bebas merupakan *baseline* yang dapat diturunkan (kombinasi) dari *baseline-baseline* lainnya dari satu sesi pengamatan. Sedangkan *baseline non trivial* atau *independent* merupakan *baseline* bebas.

Beberapa hal yang sebaiknya diperhatikan menyangkut karakteristik *baseline* yaitu antara lain :

- a) Amati *baseline* antar titik yang berdampingan. Hal ini dapat menjaga *baseline* agar relatif pendek, sehingga *baseline* menjadi relatif teliti. Secara umum, *baseline* sebaiknya tidak terlalu panjang (<20km) karena semakin panjang *baseline* kesalahan orbit dan *refraksi ionosfir* akan semakin besar,

- b) *Baseline* yang diamati saling menutup dalam satu *loop* (jaringan) dan tidak terlepas (*radial*) dapat menjaga kekuatan jaringan dan kontrol kualitas.



Gambar 2.13. Kombinasi *baseline trivial* dan *non trivial* (H.Z.Abidin, 2000)

- c) *Baseline-baseline* dalam suatu jaringan GPS sebaiknya mempunyai panjang yang tidak jauh berbeda dengan lainnya
- d) Semakin banyak jumlah *baseline* bebas (*non-trivial*) yang diamati dalam suatu jaringan akan semakin baik. Meskipun begitu jumlah *baseline* yang digunakan harus disesuaikan dengan ketelitian posisi yang diinginkan.

II.8. Strength of Figure

Kekuatan geometri jaringan GPS akan sangat bergantung pada karakteristik yang diadopsi dari beberapa parameter berikut :

- a) Jumlah dan lokasi titik dalam jaringan, termasuk titik kontrol/tetap
- b) Jumlah *baseline* dalam jaringan
- c) Konektivitas titik dalam jaringan

d) Konfigurasi *baseline* dan *loop*

Ada beberapa parameter dan kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan konfigurasi jaringan yang paling baik. Salah satunya yang menggambarkan tingkat ketelitian (*precision*) dari koordinat titik-titik dalam jaringan adalah persamaan 2.34 diatas. Faktor *aposteriori* diasumsikan sama dengan satu serta ketelitian vektor *baseline* dan vector koordinat yang homogen dan independen antar komponennya.

Suatu bilangan untuk memprediksi kekuatan jaringan (*Strength of Figure*) dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$\text{Strength of Figure} = \frac{((\text{Trace}) (A^T.P.A)^{-1})}{n-u} \dots\dots\dots(2.40)$$

Dalam hal ini semakin kecil bilangan faktor kekuatan jaring (*Strength of Figure*) tersebut diatas, maka akan semakin baik konfigurasi jaringan yang bersangkutan dan sebaliknya.

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

III.1 Persiapan Penelitian

Sebelum melakukan sebuah penelitian dibutuhkan suatu persiapan yang baik guna kelancaran selama proses penelitian sampai penyajian hasil. Agar diperoleh hasil yang optimal maka ada beberapa hal yang harus dipersiapkan terlebih dahulu meliputi studi literatur yang berkaitan dengan studi tentang analisis kualitas jaringan berdasarkan kriteria *precision* dan *reliability* serta persiapan yang berkaitan dengan bahan dan peralatan.

III.1.1 Alat Penelitian

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

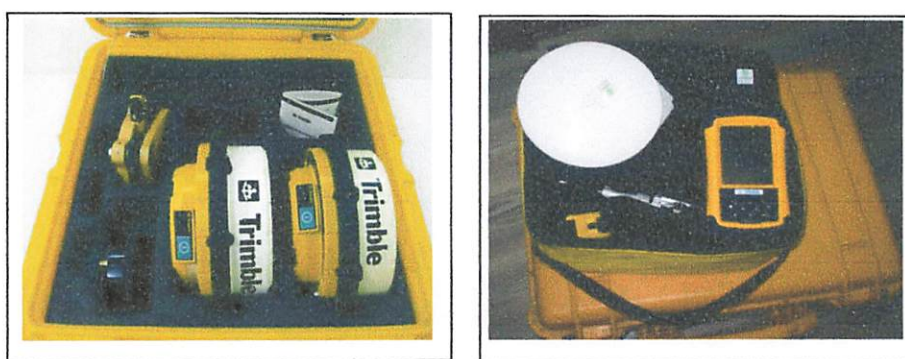
1. Peralatan Survei Lapangan terdiri dari :
 - a. GPS *single frekuensi Trimble 4600LS* dan *Trimble R3*
2. Peralatan Studio terdiri dari :
 - a. Laptop tipe *Lenovo* dan printer *CANON deskjet ip2770*
3. *Software* yang digunakan adalah :
 - a. *Microsoft Office Excel 2007*
 - b. *Software GeoGenius 2.0* dibuat oleh *Spectra Precision Terrasat, Jerman*

Digunakan untuk mengolah data *GPS* tahun 2011 dan 2012.

III.1.2 Bahan Penelitian

III.1.2.1. Data Pengamatan GPS (*Raw Data*)

Data pengamatan GPS merupakan data hasil observasi dilapangan tahun 2011 dan tahun 2012 yang berupa *raw data* yang dilaksanakan oleh PT. Aren Internasional Konsultan. Pengambilan data atau observasi lapangan menggunakan GPS geodetik yaitu GPS geodetik *trimble 4600LS* dan GPS geodetik *trimble R3*.



Gambar 3.1. Receiver *trimble 4600LS* dan *trimble R3*

Pengambilan data atau observasi lapangan dilakukan secara terjadwal dan sistematis sesuai dengan perencanaan yang telah disusun dan ditetapkan.

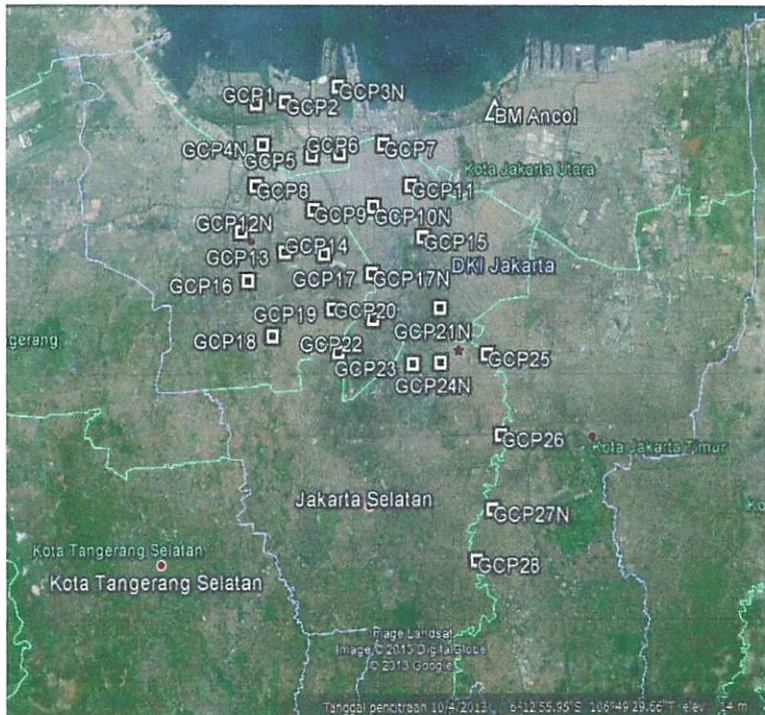


Gambar 3.2. Pengamatan *GPS*

III.1.2.2. Data Jaring Kontrol Horizontal

Pengukuran di wilayah provinsi DKI Jakarta ini menggunakan 1 (satu) titik ikat kerangka kontrol horisontal nasional milik **Badan Informasi Geospasial (BIG)**, yaitu BCOL di Jakarta Utara.

III.2 Lokasi Penelitian

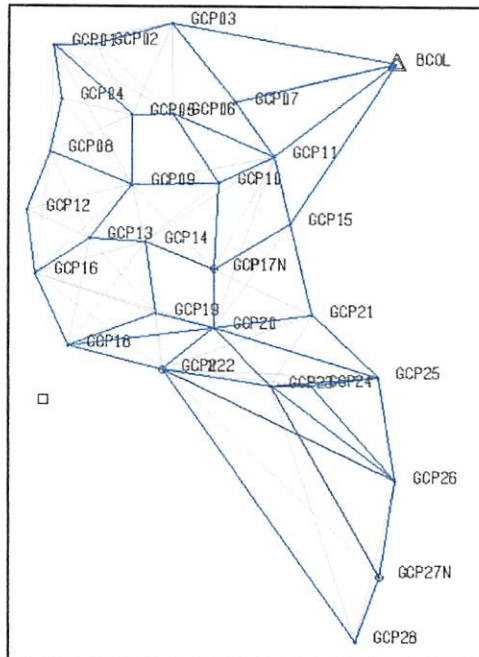


Gambar 3.3. Lokasi penelitian pada citra *google earth*

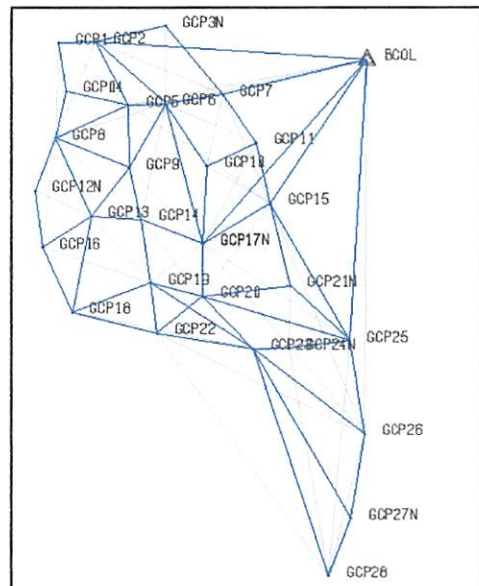
Lokasi pengukuran pada penelitian ini adalah berada di Provinsi DKI Jakarta. Pada lokasi ini telah tertanam *benchmark* dan *ground control point* sebanyak dua puluh delapan titik yang tersebar di lokasi-lokasi yang sudah ditentukan.

III.2.1. Bentuk Jaring pemantauan deformasi

Adapun gambar desain jaring GPS pemantau deformasi tahun 2011 dan 2012 adalah sebagai berikut :



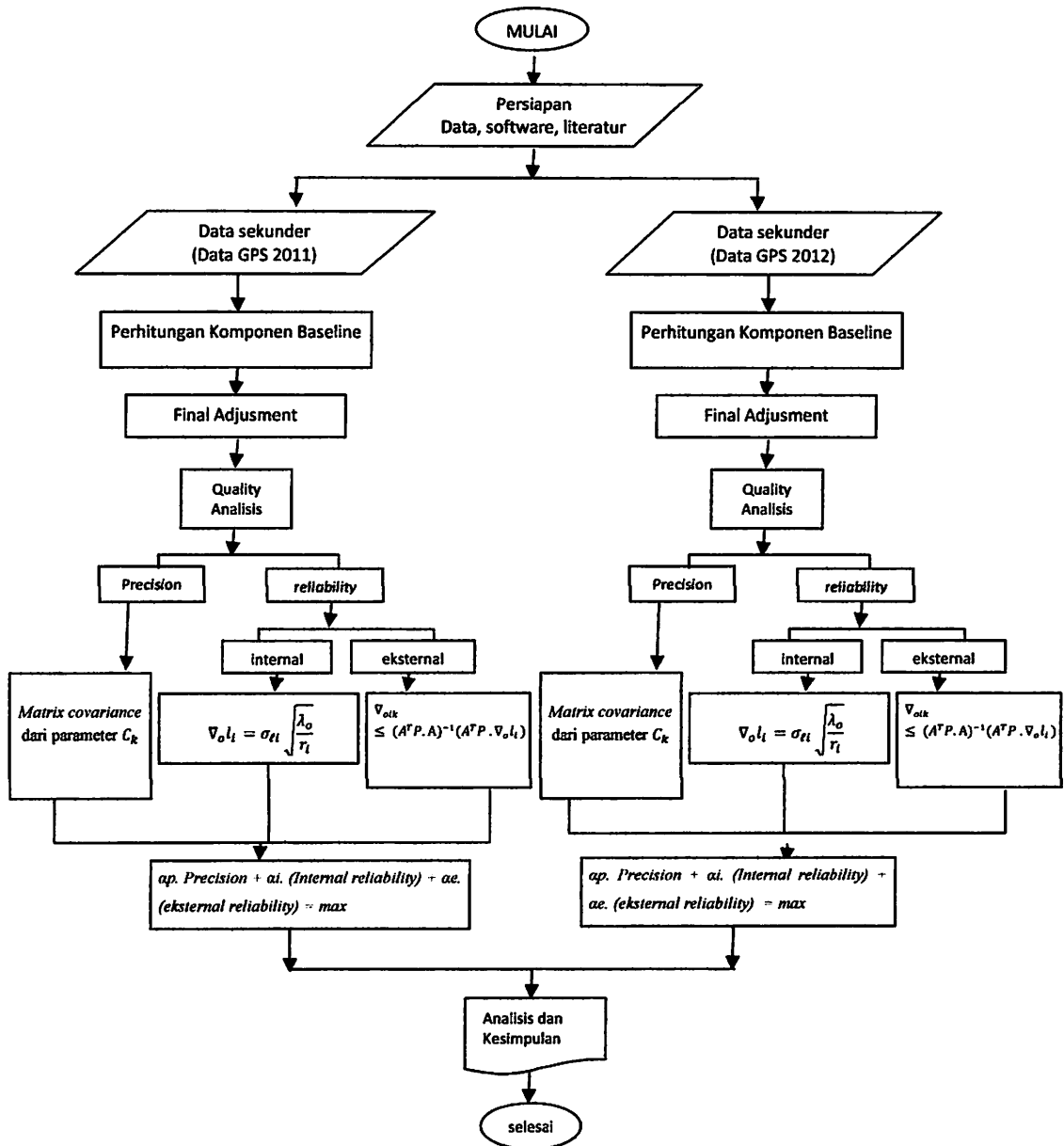
Gambar 3.4. Desain jaring GPS pemantau deformasi tahun 2011



Gambar 3.5 Desain jaring GPS pemantau deformasi tahun 2012

III.3. Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi tahapan seperti digambarkan dalam diagram alir berikut.



Gambar 3.6. Diagram alir penelitian

Keterangan Diagram Alir :

1. Persiapan penelitian, dalam hal ini mempersiapkan perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan dalam melakukan pengolahan data serta studi literatur mengenai kriteria kualitas jaringan; *precision* dan *reliability*.
2. Data sekunder berupa data *RINEX* hasil pengamatan GPS tahun 2011, 2012.
3. Perhitungan komponen *baseline* sampai mendapatkan semua ukuran *baseline* jaringan tahun 2011, 2012 dalam bentuk ΔX , ΔY dan ΔZ
4. Melakukan kajian analisis kualitas jaring yaitu;

Kriteria *Precision* menggunakan *Matrix covariance* dari parameter C_k

Kriteria *reliability* menggunakan *redundancy number* (data lebih) dan *Minimal detectable error*

Internal Reliability menggunakan

$$\nabla_{ol_i} = \sigma_{\ell_i} \sqrt{\frac{\lambda_o}{r_i}}$$

Eksternal Reliability menggunakan

$$\nabla_{oik} \leq (A^T P \cdot A)^{-1} (A^T P \cdot \nabla_{ol_i})$$

5. Melakukan perhitungan nilai *Strenght of Figure* = $\frac{\text{trace}(A^T P \cdot A)^{-1}}{\text{dof}}$
6. Memberikan analisa mengenai *precision*, *reliability* dan kesimpulan dari hasil dari uji statistik kedalam persamaan akhir kesimpulan :

$$ap.Precision + ai. (Internal reliability) + ae.(eksternal reliability)= max$$

III.4. Pengukuran Lapangan

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

III.4.1. Persiapan pengukuran

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

Tabel 3.1. Tabel daftar peralatan dan perlengkapan

| Nama alat | Masuk | Keluar | Jumlah | Keterangan |
|------------------------|-------|--------|--------|------------|
| <i>Receiver</i> GPS | | | | |
| Antena | | | | |
| Statif | | | | |
| Baterai | | | | |
| <i>Tribach</i> | | | | |
| Pengukur tinggi antena | | | | |
| Jam | | | | |
| Alat komunikasi | | | | |
| Baterai Eksternal | | | | |
| Formulir pengamatan | | | | |

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

- Semua *receiver* GPS beserta antena dan baterai telah di tes dan siap untuk dipakai.
- Semua baterai telah di isi sampai penuh.
- Baterai eksternal disiapkan untuk cadangan.

- Memori dalam setiap *receiver* telah dikosongkan.

III.4.2. Pengamatan satelit

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

III.4.2.1. Pengecekan Titik

Prosedur pengecekan titik dilaksanakan setelah tim tiba di lokasi titik.

Dalam hal ini yang dilakukan antara lain :



- Mengecek apakah titik yang dimaksud benar sesuai rencana titik tersebut yang akan di amati.
- Mencatat nama dan lokasi titik pada formulir pengamatan GPS.
- Membuat sketsa detil lokasi pengamatan dan sketsa umum lokasi pengamatan pada formulir pengamatan GPS.
- Dokumentasi titik.

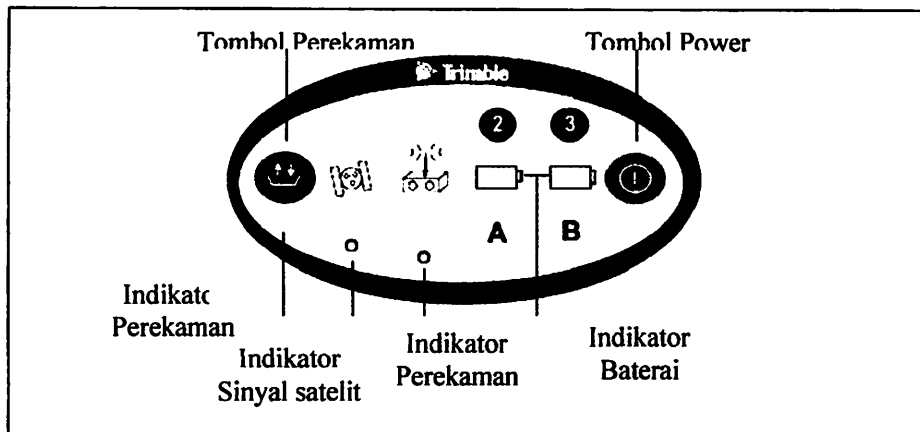


Gambar 3.7. BM Ancol

III.4.2.2. Prosedur Pengamatan Satelit

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

- Mendirikan statif tepat di titik.
- Memasang antena GPS kemudian memasang dan memastikan kabel telah terhubung dengan benar dan baik antara komponen antena dan *receiver* GPS.
- Mengukur tinggi antena dari titik dengan menggunakan stik pengukur tinggi antena (pengukuran tinggi antena dilakukan minimal 3 kali) dan catat pada formulir pengamatan.
- Menghidupkan *receiver* GPS.
- Tunggu sampai lampu tanda sinyal satelit berkedip konstan kemudian tekan  tombol untuk memulai perekaman, catat pada formulir pengamatan waktu mulai dan waktu selesainya pengamatan.
- Tunggu sampai interval waktu 8 jam untuk 1 titik pengamatan.
- Kembali tekan  tombol untuk mengakhiri perekaman.
- Tekan tombol OFF untuk matikan alat dan pindah ketitik selanjutnya.



Gambar 3.8. Tombol aplikasi pada GPS

III.4.2.3. Prosedur Setelah Pengamatan Satelit

Prosedur setelah pengamatan satelit yang dilakukan antara lain :

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

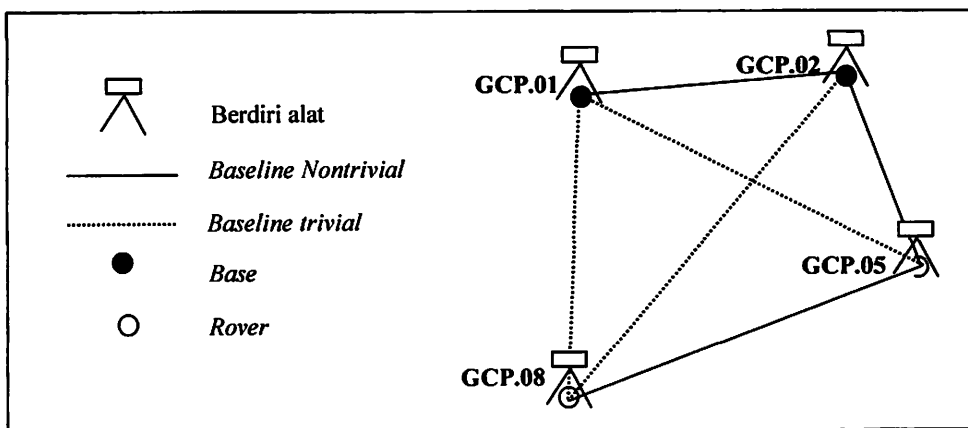
III.5. Pengolahan Data

III.5.1 Tahap Pengolahan *Baseline*

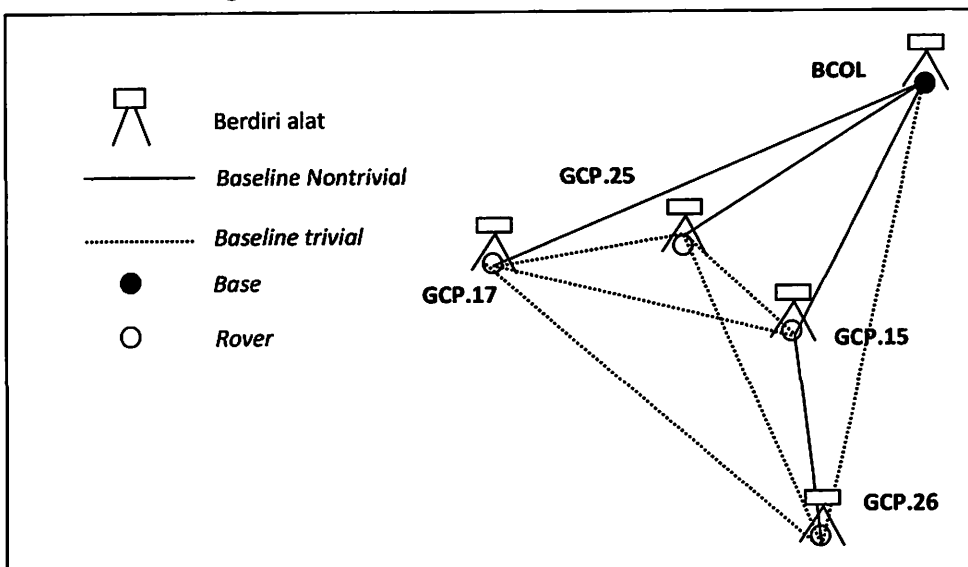
III.5.1.1 Identifikasi *Baseline*

Baseline Non Trivial dan *Trivial* pada setiap sesi pengukurannya dipilih atau diidentifikasi sebelum melakukan proses perhitungan *baseline*. Pemilihan *baseline*

yang akan diproses harus disesuaikan dengan desain jaringan GPS yang telah disetujui dan dibuat pada proses perencanaan survei. Hanya *baseline-baseline nontrivial* saja yang boleh diproses, dan jika 'n' buah *receiver* yang digunakan pada sesi pengamatan tertentu, maka hanya 'n-1' *baseline nontrivial* yang boleh diproses. Dalam pengukuran pekerjaan ini digunakan 4 (empat) dan 5 (lima) unit alat, jadi *baseline nontrivial* setiap satu sesi pengukuran berjumlah "4 - 1 = 3" (tiga *baseline*) dan "5-1=4" (empat *baseline*).



Gambar 3.9. Konfigurasi baseline dalam 1 sesi pengamatan menggunakan 4 receiver



Gambar 3.10. Konfigurasi baseline dalam 1 sesi pengamatan menggunakan 5 receiver

Dapat dilihat pada gambar 3.8, satu sesi pengukuran ada 6 (enam) *baseline* yg terbentuk, dimana *baseline nontrivial* berjumlah 3 (tiga) dan *baseline trivial* berjumlah 3 (tiga). Sedangkan pada gambar 3.9, satu sesi pengukuran terbentuk 10 (sepuluh) *baseline*, dimana *baseline non trivial* berjumlah 4 (empat) dan *baseline trivial* berjumlah 6 (enam).

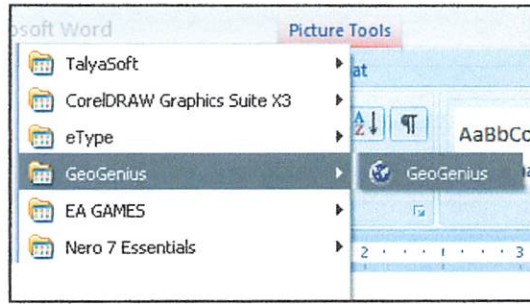
III.5.1.2 Perhitungan *Baseline*

Pada prinsipnya perhitungan *baseline* dimaksudkan untuk menghitung vektor *baseline* (dX,dY,dZ) antara dua titik yang terlibat. Untuk mendapatkan nilai vektor *baseline* yang paling baik diperlukan beberapa iterasi perhitungan tergantung pengalaman dari personel pengolah data yang bersangkutan dalam mengoptimalkan pilihan-pilihan dari perangkat lunak pengolahan *baseline* yang digunakan. Dalam hal ini perlu diingat bahwa untuk pengolahan pertama dari setiap *baseline* sebaiknya menggunakan seluruh data dari semua satelit yang diamati. Pengolahan *baseline* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *GeoGenius*.

III.5.1.2.1 Langkah Pengolahan *Baseline* Menggunakan *Software Geogenius*

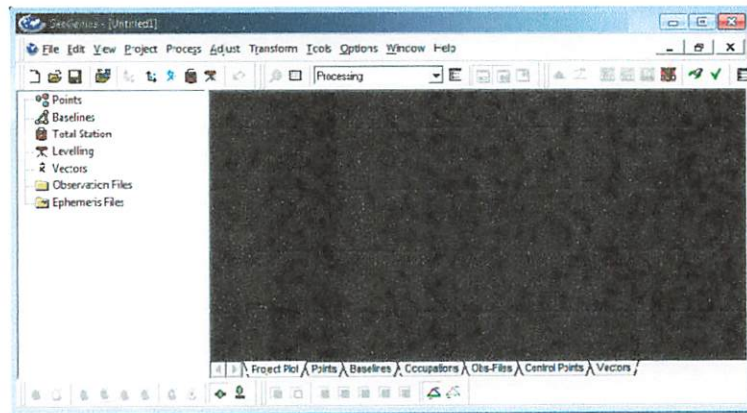
Pengolahan *baseline* dari data GPS menggunakan *software Geogenius* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Buka *software Geogenius*



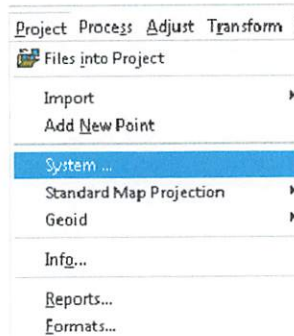
Gambar 3.11. *GeoGenius*

2. Maka akan muncul :



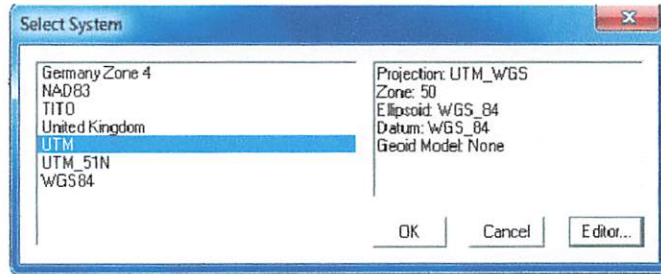
Gambar 3.12. *Untitled*

3. Mengubah sistem di dalam *project* menjadi yang kita inginkan. Misal dengan sistem proyeksi UTM zona 49 S dan datum WGS 84. Dengan memilih pada *Project > System*




Gambar 3.13. Mengubah sistem proyeksi

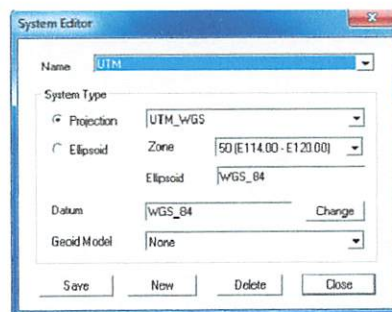
4. Sehingga muncul jendela :




Gambar 3.14. *Select System*

5. Bila ingin mengganti / meng-edit elipsoid ; datum ; zone , geoid model

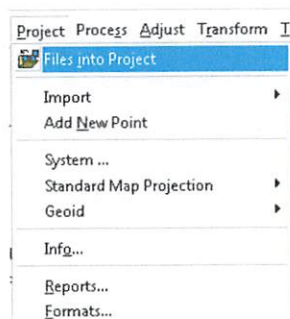
klik *Editor...* . Sehingga muncul jendela *System Editor* :



Gambar 3.15. *System editor*

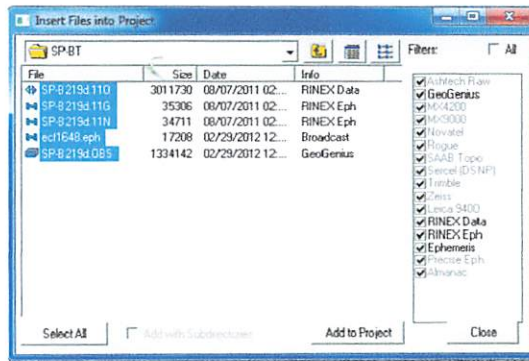
6. Masukkan file *RINEX* ke dalam *project* dengan menekan tombol  .

Atau dengan memilih *Project > Files into Project*



Gambar 3.16. *Files into project*

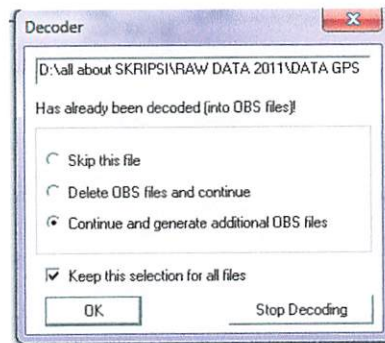
7. Sehingga muncul jendela untuk memilih file :



Gambar 3.17. *Insert files into project*

8. Lalu pada jendela itu, pilih file pengamatan GPS yang akan di-proses. Atau bila menginginkan untuk memilih semuanya. Tekan **Select All**

9. Lalu tekan tombol **Add to Project** , nanti akan ada jendela peringatan **Decoder**



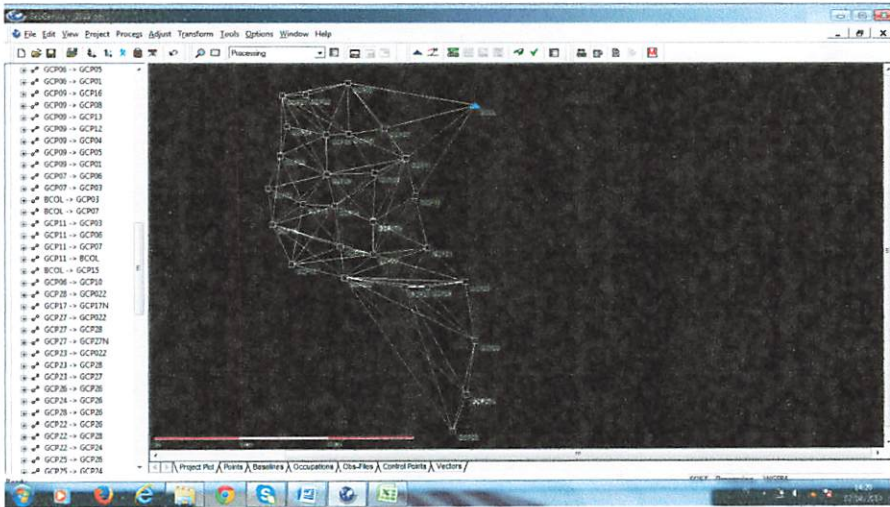
Gambar 3.18. *Decoder*

10. Ada 3 pilihan saat akan memasukkan *files* ke dalam *project*, centang / klik saja **Delete OBS files and continue** atau centang / klik **Continue and generate additional OBS files** . Kemudian tekan / klik **OK** .

11. Setelah files selesai dimasukkan, tekan tombol *Close*

Close

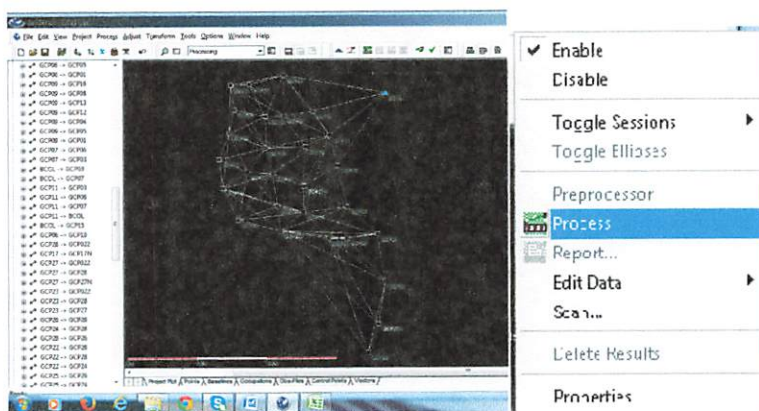
sehingga kembali ke jendela awal.




Gambar 3.19. Files yang telah diinput

12. Lakukan hingga semua *files* sudah diimport ke dalam *project*.

13. Apabila ingin memproses *baseline* satu per satu, misal *baseline* BCOL – GCP03. Klik pada garis *baseline* yang dikehendaki, kemudian klik kanan pada *mouse* kemudian pilih *process*.

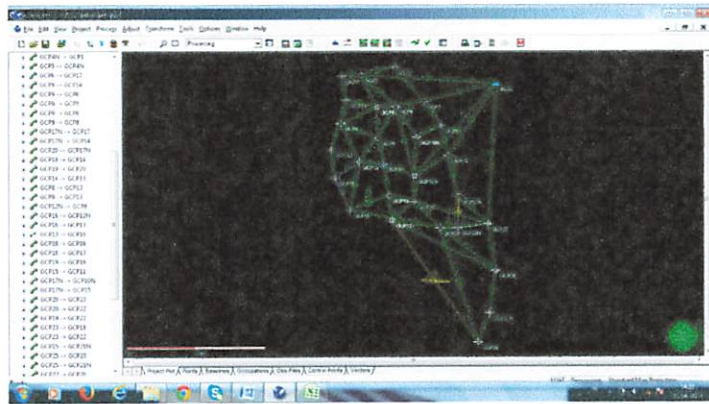


Gambar 3.20. Process

14. Atau tekan icon  **Process Line** untuk memproses baseline yang diinginkan Catatan :

Klik kanan pada *baseline* yang tidak ingin di-proses, lalu pilih *disable*.

Baseline yang diproses adalah *baseline NonTrivial* pada setiap sesi pengukuran yang telah diidentifikasi sebelumnya.



Gambar 3.21. *Baseline* yang telah di proses

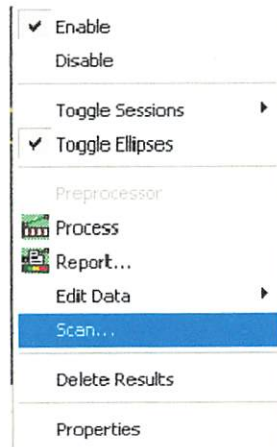
15. Besarnya nilai kesalahan *baseline* terbesar ditunjukkan dengan lingkaran berwarna hijau di sebelah kanan bawah.



Gambar 3.22. Kesalahan *baseline*

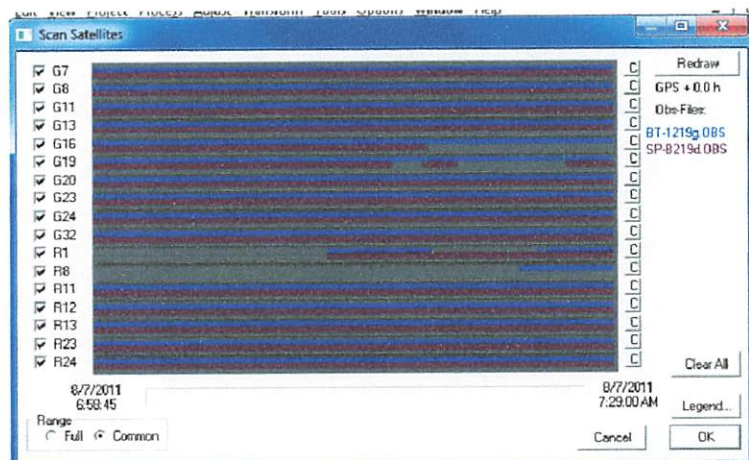
Bentuk lingkaran menunjukkan kesalahan horisontal *baseline*, sedangkan bentuk garis di sebelah kanannya menunjukkan kesalahan vertikal garis.

Kesalahan elips tersebut masih bisa diubah atau diperbaiki ketelitiannya dengan cara klik kanan pada baseline tersebut. Pilih *Scan*,



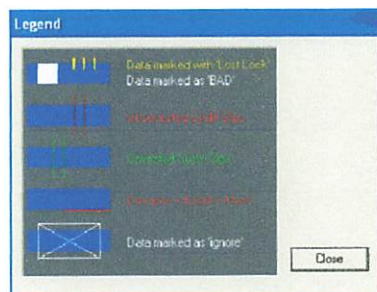
Gambar 3.23. *Scan*

16. Kemudian akan muncul *dialog box Scan Satellite*. Pada *dialog box* tersebut akan ada gambaran sinyal dari satelit yang mengukur pada saat itu. Kemudian untuk satelit yang kira-kira mempengaruhi (memperjelek) nilai kesalahan horisontal dan vertikal elips kesalahan tidak dipakai.



Gambar 3.24. *Scan Satellite*

17. Gunakan kombinasi satelit dengan kesalahan elips yang terkecil. Pada gambaran sinyal satelit tersebut sering ada gangguan-gangguan berupa garis-garis yang salah satunya merupakan *cycle slip* (bisa dilihat di legenda dengan cara klik *legend*).



Gambar 3.25. *Legend*

18. Untuk itu dilakukan koreksi dengan cara menggeser garis merah (*uncorrected cycle slip*, berupa garis merah) ke data yang bersebelahan. Perlu diketahui, jika penggeseran garis merah terlalu lebar akan mengurangi data *ephemeris* satelit. Untuk itu diperlukan kehati-hatian untuk memperoleh ketelitian sekecil-kecilnya dengan pengurangan data seminimal mungkin.

19. Setelah koreksi tersebut dilakukan klik *OK*. Klik kanan pada *baseline* pilih *process* lagi. Lakukan hal tersebut sampai kesalahan horisontal dan vertikalnya minimum. Nilai kesalahan horisontal yang ditampilkan adalah nilai kesalahan horisontal yang terbesar dari seluruh *baseline* yang telah diproses.

III.5.2. Tahap Perataan Kuadrat Terkecil pada Jaringan GPS

Karena jaring GPS terdiri dari pengamatan lebih maka harus dilakukan perataan agar nilai parameter *unknown* yang berbeda menjadi konsisten. Pada penerapan kuadrat terkecil dalam perataan baseline jaring GPS, persamaan observasi harus disusun berdasarkan koordinat stasiun ke stasiun lainnya yang saling berhubungan dan *residual error*nya.

Pada *baseline GCP₀₃ – BCOL*, sebuah persamaan observasi dapat ditulis untuk setiap komponen *baselinenya* adalah sebagai berikut

$$X_{03} = X_{COL} + \Delta X_{COL-03} + vX_{COL-03}$$

$$Y_{03} = Y_{COL} + \Delta Y_{COL-03} + vY_{COL-03}$$

$$Z_{03} = Z_{COL} + \Delta Z_{COL-03} + vZ_{COL-03}$$

Sama seperti di atas, persamaan observasi untuk setiap komponen *baseline GCP₀₇ – BCOL* adalah sebagai berikut

$$X_{07} = X_{COL} + \Delta X_{COL-07} + vX_{COL-07}$$

$$Y_{07} = Y_{COL} + \Delta Y_{COL-07} + vY_{COL-07}$$

$$Z_{07} = Z_{COL} + \Delta Z_{COL-07} + vZ_{COL-07}$$

Persamaan observasi untuk baseline lainnya ditulis sama seperti persamaan diatas. Pada Jaringan GPS tahun 2011, *baseline* yang diamati berjumlah 51 (lima puluh satu), sehingga jumlah persamaan observasi yang harus disusun sebanyak 153. Sedangkan parameter yang dicari sebanyak 28 titik, masing-masing titik memiliki 3 koordinat yang dicari (X,Y,Z) sehingga terdapat 84 parameter yang dicari. Dengan demikian terdapat $153-84 = 69$ data lebih pada jaring GPS tersebut.

Pada jaring GPS tahun 2012, baseline yang diamati berjumlah 59 (lima puluh sembilan), sehingga jumlah persamaan observasi yang harus disusun sebanyak 177. Sedangkan parameter yang dicari sebanyak 29 titik, masing-masing titik memiliki 3 koordinat yang dicari (X,Y,Z) sehingga terdapat 87 parameter yang dicari. Dengan demikian $177-87 = 90$ data lebih pada jaring GPS tersebut.

153 persamaan observasi tersebut dapat disajikan dalam bentuk matrik pada persamaan $AX=L+V$

III.5.2.1. Menyusun Matrik

1. Matrik A (matrik koefisien atau *matrik jacobian*)

Dimensi matrik koefisien terdiri dari baris sejumlah persamaan ukuran/observasi, kemudian kolom merupakan parameter yang dicari.

$$A = \begin{array}{l} \text{persamaan } X_i \\ \text{persamaan } Y_i \\ \text{persamaan } Z_i \\ \vdots \\ \text{seterusnya} \end{array} \left| \begin{array}{ccc} X_i & Y_i & Z_i \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ \vdots & & \\ \text{seterusnya} & & \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{(Koordinat titik GCP yang dicari)} \end{array}$$

Pada jaring 2011 disusun matrik koefisien berdimensi 153 x 84 dan jaring 2012 disusun matrik berdimensi 177x87

2. Matrik L (matrik pengamatan)

Dimensi matrik pengamatan terdiri dari baris sejumlah hasil ukuran/observasi, kemudian kolom berjumlah satu.

$$L = \begin{array}{c|c} \text{ukuran } \Delta Xi & \Delta Xi \\ \text{ukuran } \Delta Yi & \Delta Yi \\ \text{ukuran } \Delta Zi & \Delta Zi \\ \vdots & \vdots \\ \text{seterusnya} & \text{seterusnya} \end{array}$$

Pada jaring 2011 disusun matrik koefisien berdimensi 153 x 1 dan jaring 2012 disusun matrik berdimensi 177x1.

3. Matrik bobot

Matrik bobot sering disimbolkan dengan huruf P atau W (*weight*).

4. Matrik X (matrik parameter)

Matrik parameter terdiri dari baris sejumlah persamaan ukuran/observasi, kemudian kolom berjumlah 1.

Matrik parameter adalah matrik yang harus dihitung dengan menggunakan solusi matrik X dari persamaan $AX = L+V$ adalah $X = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} (A^T \cdot P \cdot L)$

$$X = \begin{bmatrix} 10609,116 \\ 3265,778 \\ 601,312 \\ X4 \\ X5 \\ X6 \\ \vdots \\ \vdots \\ \text{dan seterusnya} \end{bmatrix}$$

Pada jaring 2011 dan 2012 disusun matrik parameter berdimensi 84x1 dan 87x1, karena parameter yang dicari berjumlah 28 dan 29 titik dengan masing-masing memiliki komponen koordinat X, Y dan Z.

5. Matrik V (matrik residu / koreksi)

Matrik residu terdiri dari baris sejumlah persamaan ukuran/observasi, kemudian kolom berjumlah 1.

Matrik residu adalah matrik yang harus dihitung dengan menggunakan solusi matrik V dari persamaan $AX = L + V$ adalah $V = AX - L$

$$V = \begin{bmatrix} v1 \\ v2 \\ v3 \\ v4 \\ v5 \\ v6 \\ \vdots \\ \vdots \\ \text{dan seterusnya} \end{bmatrix}$$

Pada jaring 2011 disusun matrik residu berdimensi 153 x 1 dan jaring 2012 disusun matrik berdimensi 177x1.

III.5.2.2. Perataan Jaring GPS Menggunakan *Microsoft Excel*

Microsoft Excel dapat digunakan untuk menghitung operasi matematika dalam bentuk matrik yang berdimensi besar, sehingga proses perhitungan dapat dilakukan dengan cepat. Hasil perhitungan ini berupa matrik X, matrik V, dan *aposteriori varian*. Adapun langkah secara umum perhitungan matrik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memindahkan matrik-matrik yang telah disusun sebelumnya seperti : matrik A (matrik *jacobian*), matrik L (Matrik pengamatan), matrik P (matrik bobot) ke dalam *cell-cell* yang terdapat dilembar kerja *MS. Excel*
2. Menghitung Matrik *Transpose* menggunakan fungsi TRANSPOSE.
3. Menghitung perkalian dua buah matrik menggunakan fungsi MMULT
4. Menghitung matrik inverse menggunakan fungsi MINVERSE
5. Menghitung akar kuadrat dari sebuah bilangan menggunakan fungsi SQRT

6. Menggunakan simbol “+” (tambah) untuk operasi penambahan, simbol “-” (kurang) untuk operasi pengurangan, simbol “/” (garis miring) untuk operasi pembagian, simbol “*” (bintang) untuk operasi perkalian, dan simbol “^” untuk operasi pengkuadratan.
7. Menghitung matrik X, matrik V dan nilai *aposteriori varian* menggunakan persamaan yang telah dibahas sebelumnya dengan formula matematis perhitungan matrik *MS. Excel* pada poin 2 hingga 6.

III.5.2.3. Menghitung Nilai *Aposteriori Varian*

Nilai *aposteriori varian* dari perataan kuadrat terkecil jaring dapat diperoleh melalui persamaan 2.36 seperti di bawah ini:

$$\hat{\sigma}_o^2 = \frac{V^T P V}{r} = \frac{V^T P V}{n-u}$$

Keterangan :

V = matrik residu

V^T = matrik residu *transpose*

P = matrik bobot

r = *degree of freedom*

n = jumlah observasi

u = jumlah parameter

III.5.2.5. Uji Hipotesa Menggunakan *chi Square*

Langkah-langkah pekerjaan uji statistik *chi square* untuk *aposteriori varian* setiap jaringan GPS dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk melakukan uji hipotesa standar deviasi atau *aposteriori varian* dicari nilai χ pada table *chi square*, untuk mendapatkan nilai *upper* dan *lower* digunakan persamaan 2.5 sebagai berikut :

$$\chi_{\frac{\alpha}{2},r}^2 < \frac{r \cdot s^2}{\sigma_0^2} < \chi_{1-\frac{\alpha}{2},r}^2$$

2. Melakukan pengambilan keputusan tentang H_0 yang akan diterima atau ditolak berdasarkan hasil pengujian tersebut.
3. Perhitungan uji *chi square* untuk nilai tersebut dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% pada kedua tahun jaringan.

III.6. Analisa Hasil

Dengan mengacu pada gambar 3.4, setelah melakukan perataan pada masing-masing jaring GPS, maka langkah selanjutnya adalah melakukan analisis *precision* dan *reliability* terhadap hasil pengukuran kedua jaring tersebut. Penjelasan lebih rinci dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

III.6.1. Analisa *Precision*

Proses ini digunakan untuk mengetahui *precision* dari dua jaring GPS tahun 2011 dan 2012. Dalam proses ini menggunakan nilai *aposteriori varian* serta komponen penyusun matrik varian kovarian dari hasil perhitungan perataan kuadrat terkecil.

III.6.1.1. Menghitung Komponen Matrik *Varian Covarian* dan *Precision*

Dalam perataan kuadrat terkecil, matrik $(A^T \cdot P \cdot A)^{-1}$ disebut sebagai matrik *varian covarian* atau matrik *covarian* sederhana. Matrik *varian covarian* diberi simbol Q_{xx} yang susunannya seperti matrik berikut ini .

$$Q_{xx} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \cdots & q_{1i} & \cdots & q_{1m} \\ q_{12} & q_{22} & \cdots & q_{2i} & \cdots & q_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ q_{i1} & q_{i2} & \cdots & q_{ii} & \cdots & q_{im} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ q_{m1} & q_{m2} & \cdots & q_{mi} & \cdots & q_{mm} \end{bmatrix}$$

Nilai *aposteriori varian* atau *apriori varian* apabila dikalikan dengan komponen diagonal matrik akan menghasilkan varian dari *adjusted* parameter.

Nilai Standard deviasi (σ_i) setiap parameter yang dicari (*unknown*) diperoleh dari perkalian standar deviasi sistem pengamatan dengan setiap komponen diagonal Q_{xx} , seperti persamaan 2.35 berikut ini :

$$\sigma_i = \sigma_o \sqrt{q_{ii}}$$

III.6.1.2. Melakukan Uji Hipotesa

Uji hipotesa untuk nilai *precision* atau standar deviasi parameter ini menggunakan uji statistik *chi square*, adapun langkah-langkahnya adalah:

1. Untuk melakukan uji hipotesa standar deviasi dicari nilai χ pada table *chi square*, untuk mendapatkan nilai *upper* dan *lower* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{r \cdot s^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}}^2} < \sigma_o < \frac{r \cdot s^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}}^2}$$

2. Melakukan pengambilan keputusan tentang H_0 yang akan diterima atau ditolak berdasarkan hasil pengujian tersebut.

- Perhitungan uji *chi square* untuk nilai tersebut dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% pada kedua tahun jaringan.

III.6.2. Analisa Reliability

III.6.2.1. Internal Reliability

Internal reliability atau kehandalan dalam dinyatakan dengan nilai *marginally detection errors* yang dihitung menggunakan rumus Bardaa, 1968) :

$$\nabla_o l_i = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o\beta_o)}{r_i}} \sigma_{li}$$

Langkah-langkah perhitungan nilai *marginally detection errors* dari *internal reliability* (kehandalan dalam) adalah sebagai berikut:

- menghitung nilai *redundancy number* relatif r_i

nilai *redundancy number* relatif r_i diperoleh dari diagonal matrik hasil perkalian matrik residual Q_{vv} dengan matrik bobot W .

$$r_i = \text{trace} (Q_{vv} \times W)$$

$$\text{Matrik } Q_{vv} = W^{-1} - Q_{ll}$$

Q_{ll} Merupakan matrik covarian observasi yang diperoleh dari persamaan $(A(A^T P A)^{-1} A^T)$

$$\text{Sehingga persamaan menjadi } Q_{vv} = W^{-1} - (A(A^T P A)^{-1} A^T)$$

- Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai standar deviasi ukuran σ_{li} yang diperoleh dari diagonal matrik *covarian* observasi Q_{ll}

$$\sigma_{li} = \text{trace} (Q_{ll})$$

- Dilakukan perhitungan nilai λ_o dengan bantuan tabel berikut ini :

Tabel 3.2. Nilai δ_o berdasarkan α_o dan β_o (Sumber: Diadopsi dari Kuang, 1996)

| α_o | 0,01% | 0,10% | 1% | 5% |
|---------------|-------|-------|------|------|
| $1 - \beta_o$ | | | | |
| 50% | 3.72 | 3.29 | 2.58 | 1.96 |
| 70% | 4.41 | 3.82 | 3.1 | 2.48 |
| 80% | 4.73 | 4.13 | 3.42 | 2.8 |
| 90% | 5.17 | 4.57 | 3.86 | 3.24 |
| 95% | 5.54 | 4.94 | 4.22 | 3.61 |
| 99% | 6.22 | 5.62 | 4.9 | 4.29 |
| 99.9% | 6.98 | 6.38 | 5.67 | 5.05 |

dengan menentukan nilai δ_o dari nilai β_o, α_o pada table di atas, maka :

$$\lambda_o = (\delta_o)^2$$

4. Memasukkan nilai parameter yang telah dihitung kedalam persamaan xx

$$\nabla_o l_i = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}} \sigma_{li}$$

III.6.2.2. Eksternal Reliability

Rumus untuk menghitung efek yang diakibatkan oleh nilai *marginaly detection errors* terhadap parameter yang dicari adalah

$$\nabla_{oik} = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \nabla_o l_i$$

Langkah perhitungan nilai efek dari *marginaly detection errors* atau *eksternal reliability* (kehandalan luar) adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan matrik $(A^T P A)^{-1}$
2. Dilakukan perhitungan *marginal detectable error* menggunakan

$$\text{persamaan } \nabla_o l_i = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}} \sigma_{li}$$

3. Dilakukan perhitungan matrik $A^T P \nabla_o l_i$
4. nilai σ_{li} diperoleh melalui diagonal komponen matrik Q_{li} yang merupakan matrik *covarian* observasi dengan persamaan :

$$Q_{ii} = (A(A^T P A)^{-1} A^T)$$

- Memasukkan nilai matrik yang telah dihitung pada poin 1 hingga 4 kedalam persamaan $\nabla_{oik} = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \nabla_o l_i$

III.6.3. Strength of Figure

Persamaan 2.43 untuk menghitung nilai *Strength of Figure (SoF)* dari jaring GPS adalah sebagai berikut :

$$SoF = \frac{\text{trace}(A^T P A)^{-1}}{dof}$$

Langkah perhitungan nilai *Strength of Figure (SoF)* adalah sebagai berikut:

- Dilakukan perhitungan matrik $(A^T P A)^{-1}$

$$\text{matrik } (A^T P A)^{-1} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{Xi}^2 & \sigma_{XY} & \sigma_{XZ} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{XY} & \hat{\sigma}_{Yi}^2 & \sigma_{YZ} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{XZ} & \sigma_{YZ} & \hat{\sigma}_{Zi}^2 & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \hat{\sigma}_{Xn}^2 & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \hat{\sigma}_{Yn}^2 & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \hat{\sigma}_{Zn}^2 \end{bmatrix}$$

- Dilakukan perhitungan nilai *Strength of Figure (SoF)* menggunakan persamaan 2.43

$\text{Trace}(A^T P A)^{-1}$ merupakan jumlah diagonal utama dari matrik $(A^T P A)^{-1}$

$$\text{Trace}(A^T P A)^{-1} = \hat{\sigma}_{Xi}^2 + \hat{\sigma}_{Yi}^2 + \hat{\sigma}_{Zi}^2 + \dots + \hat{\sigma}_{Xn}^2 + \hat{\sigma}_{Yn}^2 + \hat{\sigma}_{Zn}^2$$

- DoF merupakan *Degree of Freedom*, selisih dari jumlah data pengamatan dengan jumlah data parameter yang dicari ($DoF = n-u$)
- Semakin rendah nilai *Strength of Figure* yang diperoleh menunjukkan kerangka kontrol atau jaring GPS tersebut semakin baik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian kajian optimasi jaring pemantau deformasi yang telah dilakukan di provinsi DKI Jakarta ialah nilai *precision* dan *reliability* (*internal reliability*, *eksternal reliability*) dari hasil kajian kualitas jaring pada tahun 2011 dan tahun 2012.

IV.1. Hasil Pengolahan *Baseline*

Hasil dari proses pengolahan *baseline* pada pengukuran tahun 2011 dan 2012 adalah vektor *baseline* (Δx_i , Δy_i , Δz_i) beserta standar deviasi dari pengukuran jaring setiap tahunnya.

IV.1.1. Vektor *Baseline* dari Pengukuran Jaring Tahun 2011

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



Gambar 4.1. Jaring Pengukuran Tahun 2011

Perhitungan *baseline* tahun 2011 menggunakan *software geogenius* menghasilkan komponen vektor *baseline* (Δx_i , Δy_i , Δz_i) antara dua titik yang terlibat. Hasil perhitungan *baseline* disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1. Daftar *Baseline* dan standar deviasi hasil pengolahan *baseline* pada jaring tahun 2011

| No | Baseline | | DX (m) | SdX (mm) | DY (m) | SdY (mm) | DZ (m) | SdZ (mm) |
|----|----------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 1 | GCP02 | GCP03 | -2380,34 | 0,9 | -645,064 | 1,9 | 662,623 | 0,6 |
| 2 | GCP23 | GCP24 | -1229,617 | 2 | -371,674 | 2,9 | 21,98 | 1,4 |
| 3 | GCP23 | GCP22 | 3302,877 | 1,9 | 1059,267 | 3,4 | 551,262 | 1,7 |
| 4 | GCP06 | GCP05 | 1259,554 | 1,7 | 377,341 | 3,5 | -50,241 | 1,1 |
| 5 | GCP09 | GCP10 | -2676,781 | 1,4 | -802,225 | 2,4 | 60,564 | 0,9 |
| 6 | GCP23 | GCP25 | -3318,013 | 1,3 | -974,123 | 2,3 | 301,329 | 1,1 |
| 7 | GCP19 | GCP14 | 259,401 | 1,3 | 334,452 | 2,8 | 2289,685 | 0,8 |
| 8 | GCP18 | GCP16 | 966,911 | 1,3 | 546,024 | 2,9 | 2317,286 | 0,9 |
| 9 | GCP17 | GCP14 | 2092,071 | 1,3 | 727,787 | 2 | 875,547 | 0,6 |
| 10 | GCP25 | GCP20 | 5006,5 | 1,2 | 1691,467 | 2,4 | 1591,88 | 0,8 |
| 11 | GCP27 | GCP28 | 819,601 | 1,2 | 8,991 | 2,2 | -2086,957 | 0,8 |
| 12 | GCP17 | GCP10 | -212,639 | 1,1 | 244,524 | 2 | 2779,429 | 0,7 |
| 13 | GCP25 | GCP21 | 1987,752 | 1,1 | 822,265 | 2,7 | 1970,978 | 0,9 |
| 14 | GCP18 | GCP20 | -4512,584 | 1,1 | -1301,309 | 2,8 | 588,283 | 1 |
| 15 | GCP15 | GCP21 | -588,451 | 1,1 | 508,608 | 3,3 | -2949,87 | 0,8 |
| 16 | GCP18 | GCP22 | -2898,222 | 1 | -959,374 | 2,5 | -753,66 | 0,8 |
| 17 | GCP19 | GCP18 | 2738,149 | 1 | 715,595 | 2,3 | -1039,859 | 0,7 |
| 18 | GCP07 | GCP03 | 1920,4 | 1 | 861,577 | 2,6 | 2542,495 | 1,1 |
| 19 | BCOL | GCP03 | 6928,141 | 0,9 | 2232,125 | 2,1 | 1265,234 | 0,9 |
| 20 | BCOL | GCP07 | 5007,742 | 0,7 | 1370,527 | 1,3 | -1277,258 | 0,5 |
| 21 | GCP11 | GCP06 | 3103,851 | 1 | 1092,637 | 1,4 | 1385,156 | 0,7 |
| 22 | GCP11 | GCP07 | 1133,547 | 0,8 | 537,114 | 1,6 | 1727,919 | 0,6 |
| 23 | BCOL | GCP11 | -3874,196 | 0,6 | -833,423 | 1,1 | 3005,176 | 0,4 |
| 24 | GCP08 | GCP04 | -403,165 | 0,8 | 67,458 | 1,7 | 1683,595 | 0,5 |
| 25 | GCP13 | GCP16 | 1710,104 | 3 | 391,136 | 6,2 | -1136,791 | 2,4 |
| 26 | GCP01 | GCP04 | -205,307 | 0,5 | -253,483 | 1,3 | -1722,816 | 0,4 |
| 27 | GCP01 | GCP05 | -2371,524 | 0,6 | -960,45 | 1,2 | -2229,281 | 0,4 |
| 28 | GCP01 | GCP02 | -1300,622 | 0,6 | -386,716 | 1,4 | 43,595 | 0,4 |
| 29 | GCP12 | GCP16 | -192,54 | 0,9 | -285,532 | 2 | -2307,215 | 0,7 |
| 30 | GCP12 | GCP08 | -744,443 | 0,9 | -15,019 | 2,3 | 1878,201 | 0,8 |
| 31 | GCP09 | GCP08 | 2521,704 | 0,6 | 878,632 | 1,3 | 1059,833 | 0,4 |
| 32 | GCP09 | GCP13 | 1363,476 | 0,4 | 216,962 | 0,8 | -1718,77 | 0,3 |
| 33 | GCP09 | GCP05 | -47,674 | 0,9 | 239,085 | 2,1 | 2236,963 | 0,6 |
| 34 | GCP13 | GCP14 | -1735,544 | 0,8 | -535,926 | 1,6 | -124,559 | 0,5 |
| 35 | GCP22 | GCP20 | -1614,361 | 0,6 | -341,936 | 1,6 | 1341,947 | 0,6 |
| 36 | GCP19 | GCP20 | -1774,435 | 0,6 | -585,718 | 1,6 | -451,567 | 0,6 |
| 37 | GCP20 | GCP21 | -3018,764 | 1 | -869,194 | 2,1 | 379,102 | 0,7 |
| 38 | GCP17 | GCP20 | 58,217 | 0,7 | -192,416 | 1,3 | -1865,702 | 0,5 |
| 39 | GCP11 | GCP10 | 1734,292 | 0,9 | 428,62 | 1,7 | -841,478 | 0,6 |
| 40 | GCP15 | GCP17 | 2372,234 | 0,7 | 553,144 | 1,5 | -1463,277 | 0,6 |
| 41 | GCP15 | GCP11 | 425,278 | 0,6 | 396,126 | 1,5 | 2157,634 | 0,6 |
| 42 | GCP28 | GCP22 | 5678,793 | 1 | 2699,499 | 1,9 | 8742,679 | 0,8 |
| 43 | GCP27 | GCP22 | 6498,394 | 0,8 | 2708,502 | 1,5 | 6655,722 | 0,6 |
| 44 | GCP24 | GCP26 | -2521,406 | 1 | -1108,399 | 1,6 | -3081,015 | 0,6 |
| 45 | GCP22 | GCP26 | -7053,925 | 1 | -2539,316 | 2,2 | 3610,334 | 0,8 |
| 46 | GCP25 | GCP26 | -433,03 | 0,7 | -505,938 | 1,3 | -3360,407 | 0,5 |

| No | Baseline | | DX (m) | SdX (mm) | DY (m) | SdY (mm) | DZ (m) | SdZ (mm) |
|----|----------|-------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 47 | GCP25 | GCP24 | 2088,375 | 0,9 | 602,463 | 1,4 | -279,392 | 0,5 |
| 48 | GCP27 | GCP26 | -555,676 | 3,1 | 169,027 | 4,6 | 3045,364 | 2,3 |
| 49 | GCP23 | GCP26 | -3750,976 | 2,7 | -1480,193 | 4,4 | -3059,026 | 1,9 |
| 50 | BCOL | GCP15 | 3448,973 | 1,3 | 464,077 | 2,4 | -5162,76 | 0,9 |
| 51 | GCP06 | GCP10 | -1369,557 | 2 | -664,118 | 3,4 | -2226,628 | 1,1 |

Pengolahan *baseline* dengan perangkat lunak *GeoGenius* dilakukan dengan moda *baseline*, dimana pengolahan data dilakukan *baseline per baseline* dan untuk masing-masing *baseline* data dari dua receiver GPS yang terkait diproses. Beberapa vektor *baseline* mempunyai standar deviasi kurang baik yaitu berada pada level centimeter, hal ini disebabkan karena faktor obstruksi yang menyebabkan terjadinya *cycle slips*. Hasil pengolahan *baseline* mempunyai standar deviasi 0.0003 – 0.0062 m.

IV.1.2. Vektor *Baseline* dari Pengukuran Jaring Tahun 2012

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



Gambar 4.2. Jaring Pengukuran Tahun 2012

Pengolahan *baseline* yang dilakukan pada perataan *baseline* jaring GPS tahun 2012 menghasilkan komponen vektor *baseline* (Δx_i , Δy_i , Δz_i).

Komponen vektor *baseline* hasil pengolahan *baseline* disajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.2. Daftar *Baseline* dan standar deviasi hasil pengolahan *baseline* pada jaring tahun 2012

| No | Baseline | | DX (m) | SdX (mm) | DY (m) | SdY (mm) | DZ (m) | SdZ (mm) |
|----|----------|--------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 1 | GCP06 | GCP07 | -1970,29 | 0,7 | -555,612 | 1,5 | 342,76 | 0,5 |
| 2 | BCOL | GCP07 | 5008,033 | 0,9 | 1369,514 | 1,6 | -1277,17 | 0,6 |
| 3 | BCOL | GCP02 | -9308,98 | 2,1 | -2875,96 | 3,5 | -602,678 | 1,2 |
| 4 | GCP05 | GCP06 | -1259,1 | 0,4 | -378,799 | 0,9 | 50,413 | 0,3 |
| 5 | BCOL | GCP17 | 5821,439 | 0,6 | 1016,509 | 1,2 | -6626,05 | 0,4 |
| 6 | BCOL | GCP15 | 3449,229 | 0,8 | 463,238 | 1,7 | -5162,75 | 0,5 |
| 7 | BCOL | GCP25 | -873,182 | 0,7 | 867,559 | 1,4 | 10083,62 | 0,4 |
| 8 | GCP26 | GCP25 | 433,502 | 0,3 | 504,386 | 0,7 | 3360,61 | 0,2 |
| 9 | GCP03 | GCP02 | 2399,165 | 0,8 | 659,262 | 1,5 | -563,837 | 0,6 |
| 10 | GCP06 | GCP02 | 2330,453 | 0,8 | 951,007 | 1,6 | 2222,668 | 0,7 |
| 11 | GCP03 | GCP07 | 1902,008 | 0,6 | 845,967 | 1,1 | 2443,886 | 0,4 |
| 12 | GCP11 | GCP10N | 1734,73 | 1,6 | 427,379 | 3,1 | -841,392 | 0,7 |
| 13 | GCP06 | GCP10N | -1368,9 | 1,4 | -663,649 | 2,2 | -2226,71 | 0,6 |
| 14 | GCP11 | GCP07 | -1133,17 | 2,2 | -537,076 | 3,4 | -1727,85 | 1,1 |
| 15 | GCP01 | GCP02 | 1300,627 | 1,9 | 386,624 | 2,9 | -43,607 | 0,9 |
| 16 | GCP05 | GCP08 | 2569,845 | 1,4 | 638,013 | 1,8 | -1176,96 | 0,6 |
| 17 | GCP05 | GCP02 | 1071,374 | 1,6 | 572,248 | 2,3 | 2273,033 | 0,7 |
| 18 | GCP4N | GCP8 | 403,124 | 1,7 | -67,42 | 1,4 | -1683,58 | 1 |
| 19 | GCP4N | GCP01 | 204,92 | 1,6 | 254,813 | 1,5 | 1722,661 | 1,2 |
| 20 | GCP4N | GCP5 | 2166,687 | 1,7 | 705,363 | 1,5 | 506,625 | 1,3 |
| 21 | GCP06 | GCP17 | -1156,91 | 1 | -908,577 | 1,7 | -5006,1 | 0,5 |
| 22 | GCP09 | GCP14 | -371,634 | 1,8 | -320,424 | 3,6 | -1843,16 | 1 |
| 23 | GCP09 | GCP06 | -1306,8 | 1,4 | -139,595 | 2,6 | 2287,367 | 0,7 |
| 24 | GCP09 | GCP05 | -47,259 | 0,7 | 237,762 | 1,1 | 2237,115 | 0,6 |
| 25 | GCP09 | GCP08 | 2522,116 | 0,9 | 877,234 | 1,6 | 1059,97 | 0,7 |
| 26 | GCP17N | GCP17 | 0,027 | 0,3 | -3,339 | 0,5 | -15,3 | 0,2 |
| 27 | GCP14 | GCP17N | 2092,116 | 1,7 | 724,37 | 2,4 | 860,266 | 0,9 |
| 28 | GCP20 | GCP17N | -58,257 | 0,7 | 195,811 | 1,2 | 1880,973 | 0,4 |
| 29 | GCP14 | GCP19 | 259,811 | 1,9 | 333,155 | 2,9 | 2289,827 | 1,1 |
| 30 | GCP19 | GCP20 | -1774,04 | 0,7 | -587,027 | 1,3 | -451,414 | 0,4 |
| 31 | GCP14 | GCP13 | 1735,594 | 1,7 | 536,02 | 2,1 | 124,541 | 0,7 |
| 32 | GCP8 | GCP13 | -1158,15 | 2,1 | -661,635 | 2,5 | -2778,59 | 0,8 |
| 33 | GCP13 | GCP09 | 1363,987 | 1,2 | 215,589 | 1,5 | -1718,6 | 0,5 |
| 34 | GCP12N | GCP08 | -743,947 | 1,7 | -16,32 | 3,5 | 1878,255 | 1,9 |
| 35 | GCP16 | GCP12N | 192,489 | 1,1 | 285,381 | 2,4 | 2037,324 | 1,2 |
| 36 | GCP16 | GCP13 | -1709,69 | 1,7 | -392,586 | 3,1 | 1136,973 | 1,2 |
| 37 | GCP18 | GCP16 | 966,974 | 3,4 | 546,088 | 3,6 | 2317,252 | 1,4 |
| 38 | GCP18 | GCP13 | -743,67 | 6,4 | 154,83 | 6,5 | 3453,923 | 1,8 |
| 39 | GCP18 | GCP19 | 2379,119 | 4,7 | 714,207 | 11,5 | -1039,53 | 6,2 |
| 40 | GCP11 | GCP15 | 424,876 | 1,4 | 370,427 | 2,2 | 2157,467 | 0,6 |
| 41 | GCP17 | GCP10N | -212,824 | 2,8 | 241,043 | 2,7 | 2764 | 1,1 |
| 42 | GCP17N | GCP15 | -2372,22 | 2 | -556,559 | 2,6 | 1447,994 | 0,8 |
| 43 | GCP20 | GCP23 | -1688,48 | 1,4 | -717,395 | 3,6 | -1893,24 | 1,3 |
| 44 | GCP20 | GCP22 | 1614,367 | 1,2 | 341,958 | 2,9 | -1341,96 | 0,9 |

| No | Baseline | | DX (m) | SdX (mm) | DY (m) | SdY (mm) | DZ (m) | SdZ (mm) |
|----|----------|--------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 45 | GCP22 | GCP19 | -159,677 | 1,5 | -245,043 | 3,4 | -1793,38 | 1 |
| 46 | GCP23 | GCP18 | 6201,484 | 3,6 | 2017,259 | 5,3 | 1305,15 | 4,4 |
| 47 | GCP23 | GCP22 | 3303,278 | 1,5 | 1057,953 | 3,4 | 551,421 | 1,5 |
| 48 | GCP21N | GCP15 | -589,27 | 3,7 | -506,793 | 10,2 | -2949,34 | 2,2 |
| 49 | GCP25 | GCP20 | 5006,947 | 0,9 | 1690,001 | 2,5 | 1592,008 | 0,5 |
| 50 | GCP25 | GCP21N | 1987,983 | 2,2 | 822,491 | 3,6 | 1971,705 | 0,8 |
| 51 | GCP26 | GCP22 | -7053,92 | 1,3 | -2539,31 | 2,3 | -3610,33 | 0,9 |
| 52 | GCP23 | GCP26 | -3750,66 | 1,2 | -1481,37 | 2,6 | -3058,91 | 0,8 |
| 53 | GCP26 | GCP27N | 555,112 | 1,7 | -167,715 | 2,3 | -3045,43 | 0,8 |
| 54 | GCP28 | GCP23 | 2376,365 | 4 | 1638,711 | 4 | 8191,564 | 2,5 |
| 55 | GCP28 | GCP27N | -819,586 | 1,8 | -8,946 | 2,3 | 2087,044 | 0,8 |
| 56 | GCP25 | GCP23 | 3317,551 | 1,2 | 975,663 | 2,5 | -301,542 | 1,2 |
| 57 | GCP24N | GCP23 | 1228,865 | 4 | 371,534 | 6,3 | -18,295 | 2,1 |
| 58 | GCP28 | GCP22 | 5679,688 | 23,5 | 2698,442 | 12,7 | 8742,684 | 2,4 |
| 59 | GCP24N | GCP21N | -101,927 | 7,1 | 219,835 | 10,8 | 2254,45 | 3,1 |

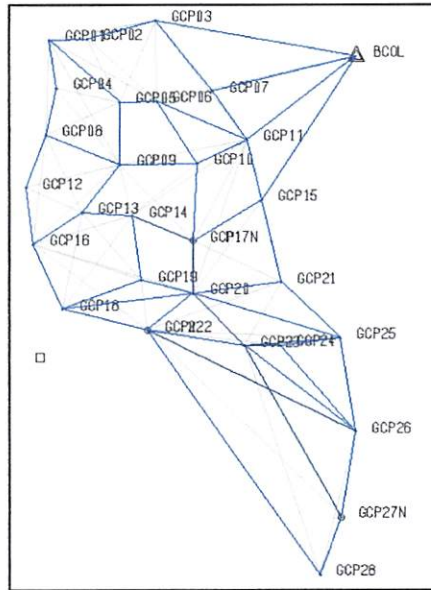
Pengolahan *baseline* dengan perangkat lunak *GeoGenius* dilakukan dengan moda *baseline*, dimana pengolahan data dilakukan *baseline per baseline* dan untuk masing-masing *baseline* data dari dua receiver GPS yang terkait diproses. Beberapa vektor *baseline* mempunyai standar deviasi kurang baik yaitu berada pada level centimeter, hal ini disebabkan karena faktor obstruksi yang menyebabkan terjadinya *cycle slips*. Hasil pengolahan *baseline* mempunyai standar deviasi 0.0002 m hingga 0.0235 m.

IV.2. Hasil Perataan Kuadrat Terkecil Jaring

Hasil yang diperoleh dari proses perhitungan perataan kuadrat terkecil setiap jaringan akan menghasilkan matrik X (matrik parameter), matrik V (residual), nilai *a posteriori varian* dan matrik *varian covarian*.

IV.2.1. Hasil Perataan Jaring Tahun 2011

Jaringan 2011 adalah jaringan yang didominasi berbentuk segiempat, pada perataan jaring ini menghasilkan solusi statistik *chi-square test* “*fails*” dengan nilai *a posteriori variance* 0.438 m.



Gambar 4.3. Tampilan desain konfigurasi *baseline* pada jaringan tahun 2011

Hasil perhitungan perataan kuadrat terkecil *minimal constrain* akan menghasilkan matrik parameter yang diperoleh dari persamaan 2.13, yaitu: $X = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} (A^T \cdot P \cdot L)$. matrik parameter tersebut tersaji dalam tabel berikut :

Tabel 4.3. Komponen penyusun matrik parameter hasil perataan kuadrat terkecil jaring GPS tahun 2011

| No | komponen | | matrik X |
|----|----------|---|--------------|
| 1 | GCP01 | x | 716743.7531 |
| 2 | | y | 9326309.585 |
| 3 | | z | 579.2940411 |
| 4 | GCP02 | x | 715443.1299 |
| 5 | | y | 9325923.551 |
| 6 | | z | 620.3387291 |
| 7 | GCP03 | x | 713062.7872 |
| 8 | | y | 9325279.744 |
| 9 | | z | 1277.223527 |
| 10 | GCP04 | x | 716538.4454 |
| 11 | | y | 9326055.583 |
| 12 | | z | -1139.175675 |
| 13 | GCP05 | x | 714372.2314 |
| 14 | | y | 9325349.075 |
| 15 | | z | -1651.78293 |
| 16 | GCP06 | x | 713112.6912 |
| 17 | | y | 9324975.556 |
| 18 | | z | -1613.222862 |
| 19 | GCP07 | x | 711142.3876 |
| 20 | | y | 9324419.545 |
| 21 | | z | -1272.633691 |

| No | komponen | | matrik X |
|----|----------|---|--------------|
| 43 | GCP15 | x | 709583.5751 |
| 44 | | y | 9323498.995 |
| 45 | | z | -5165.266894 |
| 46 | GCP17N | x | 717493.4973 |
| 47 | | y | 9325714.836 |
| 48 | | z | -6875.363719 |
| 49 | GCP16 | x | 711955.7843 |
| 50 | | y | 9324057.1 |
| 51 | | z | -6631.705081 |
| 52 | GCP18 | x | 716526.5734 |
| 53 | | y | 9325166.839 |
| 54 | | z | -9119.792837 |
| 55 | GCP19 | x | 713788.4232 |
| 56 | | y | 9324451.08 |
| 57 | | z | -8060.096593 |
| 58 | GCP20 | x | 712013.9846 |
| 59 | | y | 9323864.78 |
| 60 | | z | -8508.288413 |
| 61 | GCP21 | x | 708995.1855 |
| 62 | | y | 9322994.465 |
| 63 | | z | -8124.937063 |

| No | komponen | | matrik X |
|----|----------|---|--------------|
| 22 | GCP08 | x | 716941.6086 |
| 23 | | y | 9325987.239 |
| 24 | | z | -2815.979608 |
| 25 | GCP09 | x | 714419.9067 |
| 26 | | y | 9325108.432 |
| 27 | | z | -3889.311547 |
| 28 | GCP10 | x | 711743.1369 |
| 29 | | y | 9324308.033 |
| 30 | | z | -3842.949892 |
| 31 | GCP11 | x | 710008.8444 |
| 32 | | y | 9323884.108 |
| 33 | | z | -3001.854178 |
| 34 | GCP12 | x | 717686.0444 |
| 35 | | y | 9326001.182 |
| 36 | | z | -4622.799715 |
| 37 | GCP13 | x | 715783.3829 |
| 38 | | y | 9325324.899 |
| 39 | | z | -5614.238067 |
| 40 | GCP14 | x | 714047.8393 |
| 41 | | y | 9324787.072 |
| 42 | | z | -5750.502041 |

| No | komponen | | matrik X |
|----|----------|---|--------------|
| 64 | GCP22 | x | 713628.3489 |
| 65 | | y | 9324206.79 |
| 66 | | z | -9856.658489 |
| 67 | GCP23 | x | 710325.4554 |
| 68 | | y | 9323147.299 |
| 69 | | z | -10403.90403 |
| 70 | GCP24 | x | 709095.8284 |
| 71 | | y | 9322775.575 |
| 72 | | z | -10381.25515 |
| 73 | GCP25 | x | 707007.4523 |
| 74 | | y | 9322173.076 |
| 75 | | z | -10101.29396 |
| 76 | GCP26 | x | 706574.4212 |
| 77 | | y | 9321667.208 |
| 78 | | z | -13462.96692 |
| 79 | GCP27 | x | 707129.9621 |
| 80 | | y | 9321498.282 |
| 81 | | z | -16512.13741 |
| 82 | GCP28 | x | 707949.5589 |
| 83 | | y | 9321507.283 |
| 84 | | z | -18599.3091 |

Hasil perhitungan perataan kuadrat terkecil akan menghasilkan matrik residual (V) yang diperoleh dari persamaan 2.14, yaitu : $V = AX - L$.

Matrik residual tersebut tersaji dalam tabel berikut :

Tabel 4.4. Komponen penyusun matrik residual hasil perataan kuadrat terkecil jaring GPS tahun 2011

| No | komponen | | matrik V | |
|----|----------|-------|----------|-------------|
| 1 | GCP02 | GCP03 | x | -0.0027653 |
| 2 | | | y | 1.2567358 |
| 3 | | | z | -5.7382019 |
| 4 | GCP23 | GCP24 | x | -0.0099756 |
| 5 | | | y | -0.0494497 |
| 6 | | | z | 0.6688804 |
| 7 | GCP23 | GCP22 | x | 0.0165391 |
| 8 | | | y | 0.2244022 |
| 9 | | | z | -4.0164590 |
| 10 | GCP06 | GCP05 | x | -0.0138229 |
| 11 | | | y | -3.8220458 |
| 12 | | | z | 11.6809321 |
| 13 | GCP09 | GCP10 | x | 0.0111980 |
| 14 | | | y | 1.8260329 |
| 15 | | | z | -14.2023450 |
| 16 | GCP23 | GCP25 | x | 0.0099514 |
| 17 | | | y | -0.0996791 |
| 18 | | | z | 1.2810653 |
| 19 | GCP19 | GCP14 | x | 0.0150774 |
| 20 | | | y | 1.5398270 |

| No | komponen | | matrik V | |
|----|----------|-------|----------|-------------|
| 79 | GCP01 | GCP05 | x | 0.0022770 |
| 80 | | | y | -0.0595295 |
| 81 | | | z | -1.7959714 |
| 82 | GCP01 | GCP02 | x | -0.0012290 |
| 83 | | | y | 0.6823275 |
| 84 | | | z | -2.5503120 |
| 85 | GCP12 | GCP16 | x | -0.0071206 |
| 86 | | | y | -0.8136693 |
| 87 | | | z | 54.6509959 |
| 88 | GCP12 | GCP08 | x | 0.0071206 |
| 89 | | | y | 1.0760777 |
| 90 | | | z | -71.3808926 |
| 91 | GCP09 | GCP08 | x | -0.0021167 |
| 92 | | | y | 0.1746936 |
| 93 | | | z | 13.4989398 |
| 94 | GCP09 | GCP13 | x | 0.0002734 |
| 95 | | | y | -0.4951887 |
| 96 | | | z | -6.1565195 |
| 97 | GCP09 | GCP05 | x | -0.0012490 |
| 98 | | | y | 1.5582456 |

| No | komponen | | | matrik V |
|----|----------|-------|---|--------------|
| 21 | | | z | 19.9095517 |
| 22 | GCP18 | GCP16 | x | 0.0129095 |
| 23 | | | y | 1.9730304 |
| 24 | | | z | -72.8568817 |
| 25 | GCP17 | GCP14 | x | -0.0160178 |
| 26 | | | y | 2.1845513 |
| 27 | | | z | 5.6560396 |
| 28 | GCP25 | GCP20 | x | 0.0322474 |
| 29 | | | y | 0.2370052 |
| 30 | | | z | 1.1255514 |
| 31 | GCP27 | GCP28 | x | -0.0042091 |
| 32 | | | y | 0.0102694 |
| 33 | | | z | -0.2146864 |
| 34 | GCP17 | GCP10 | x | -0.0084494 |
| 35 | | | y | 6.4086863 |
| 36 | | | z | 9.3261880 |
| 37 | GCP25 | GCP21 | x | -0.0188671 |
| 38 | | | y | -0.8761730 |
| 39 | | | z | 5.3789017 |
| 40 | GCP18 | GCP20 | x | -0.0048173 |
| 41 | | | y | -0.7499358 |
| 42 | | | z | 23.2214244 |
| 43 | GCP15 | GCP21 | x | 0.0613557 |
| 44 | | | y | 4.0774748 |
| 45 | | | z | -9.8001682 |
| 46 | GCP18 | GCP22 | x | -0.0024770 |
| 47 | | | y | -0.6748598 |
| 48 | | | z | 16.7943488 |
| 49 | GCP19 | GCP18 | x | 0.0011805 |
| 50 | | | y | 0.1638453 |
| 51 | | | z | -19.8372449 |
| 52 | GCP07 | GCP03 | x | -0.0004784 |
| 53 | | | y | -1.3780326 |
| 54 | | | z | 7.3622182 |
| 55 | BCOL | GCP03 | x | 0.0031528 |
| 56 | | | y | -0.6362540 |
| 57 | | | z | 7.9825272 |
| 58 | BCOL | GCP07 | x | 0.0026312 |
| 59 | | | y | 0.7627785 |
| 60 | | | z | 0.6173090 |
| 61 | GCP11 | GCP06 | x | -0.0041270 |
| 62 | | | y | -1.1888895 |
| 63 | | | z | 3.4753157 |
| 64 | GCP11 | GCP07 | x | -0.0037429 |
| 65 | | | y | -1.6773100 |
| 66 | | | z | 1.3014871 |
| 67 | BCOL | GCP11 | x | 0.0053741 |
| 68 | | | y | 2.4300885 |
| 69 | | | z | -0.6851781 |
| 70 | GCP08 | GCP04 | x | 0.0018630 |
| 71 | | | y | 0.8866125 |
| 72 | | | z | -6.7910678 |
| 73 | GCP13 | GCP16 | x | 0.0103687 |
| 74 | | | y | -1.1988648 |
| 75 | | | z | -124.3346522 |
| 76 | GCP01 | GCP04 | x | -0.0007277 |

| No | komponen | | | matrik V |
|-----|----------|-------|---|-------------|
| 99 | | | z | 0.5656171 |
| 100 | GCP13 | GCP14 | x | 0.0003561 |
| 101 | | | y | -1.9009135 |
| 102 | | | z | -11.7049739 |
| 103 | GCP22 | GCP20 | x | -0.0033402 |
| 104 | | | y | -0.0740761 |
| 105 | | | z | 6.4230756 |
| 106 | GCP19 | GCP20 | x | -0.0036367 |
| 107 | | | y | -0.5820906 |
| 108 | | | z | 3.3751795 |
| 109 | GCP20 | GCP21 | x | -0.0351145 |
| 110 | | | y | -1.1211782 |
| 111 | | | z | 4.2493503 |
| 112 | GCP17 | GCP20 | x | -0.0167320 |
| 113 | | | y | 0.0956338 |
| 114 | | | z | -10.8813325 |
| 115 | GCP11 | GCP10 | x | 0.0004971 |
| 116 | | | y | -4.6951479 |
| 117 | | | z | 0.3822856 |
| 118 | GCP15 | GCP17 | x | -0.0247978 |
| 119 | | | y | 4.9610192 |
| 120 | | | z | -3.1611860 |
| 121 | GCP15 | GCP11 | x | -0.0087443 |
| 122 | | | y | -11.0131465 |
| 123 | | | z | 5.7787164 |
| 124 | GCP28 | GCP22 | x | -0.0029230 |
| 125 | | | y | 0.0076596 |
| 126 | | | z | -0.0283883 |
| 127 | GCP27 | GCP22 | x | -0.0071321 |
| 128 | | | y | 0.0059290 |
| 129 | | | z | -0.2430747 |
| 130 | GCP24 | GCP26 | x | -0.0011693 |
| 131 | | | y | 0.0322676 |
| 132 | | | z | -0.6967707 |
| 133 | GCP22 | GCP26 | x | -0.0026841 |
| 134 | | | y | -0.2655842 |
| 135 | | | z | 4.0255687 |
| 136 | GCP25 | GCP26 | x | -0.0010964 |
| 137 | | | y | 0.0704971 |
| 138 | | | z | -1.2659555 |
| 139 | GCP25 | GCP24 | x | 0.0010729 |
| 140 | | | y | 0.0362294 |
| 141 | | | z | -0.5691849 |
| 142 | GCP27 | GCP26 | x | 0.1351838 |
| 143 | | | y | -0.1006553 |
| 144 | | | z | 3.8064940 |
| 145 | GCP23 | GCP26 | x | -0.0581450 |
| 146 | | | y | 0.1028180 |
| 147 | | | z | -0.0368903 |
| 148 | BCOL | GCP15 | x | -0.0408816 |
| 149 | | | y | -13.3367650 |
| 150 | | | z | -6.5138945 |
| 151 | GCP06 | GCP10 | x | 0.0026241 |
| 152 | | | y | -3.4052584 |
| 153 | | | z | -3.0990301 |
| 76 | GCP01 | GCP04 | x | -0.0007277 |

| No | komponen | | matrik V |
|----|----------|---|------------|
| 77 | | y | -0.5184689 |
| 78 | | z | 4.3462834 |

| No | komponen | | matrik V |
|----|----------|---|------------|
| 77 | | y | -0.5184689 |
| 78 | | z | 4.3462834 |

Setelah matrik residual (V) diperoleh, maka selanjutnya dapat dihitung nilai *a posteriori varian* jaringan ($\hat{\sigma}_o^2$) yang dapat dihitung menggunakan persamaan 2.36 pada bab 2.

Hasil perhitungan perataan kuadrat terkecil akan menghasilkan matrik *covarian* yang diperoleh dari mengalikan nilai *a posteriori varian* ($\hat{\sigma}_o^2$) dengan matrik $(A^T \cdot P \cdot A)^{-1}$. matrik *covarian* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A

IV.2.1.1. Uji hipotesa menggunakan *chi square* pada jaring tahun 2011

Langkah perhitungan uji hipotesa *chi square* untuk nilai *a posteriori varian* adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan *a posteriori varian* untuk jaring tahun 2011.
Proses perhitungan seperti pada persamaan 2.36.
2. Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *upper* dan *lower*

sesuai dengan rumus $\chi_{1-\frac{\alpha}{2},r}^2 < \frac{r \cdot s^2}{\sigma_o^2} < \chi_{\frac{\alpha}{2},r}^2$

$$\begin{aligned} \text{Nilai upper} &= \chi_{\frac{\alpha}{2},r}^2 \\ &= 93,635 \end{aligned}$$

Nilai *upper* didapat dari tabel *chi square* dengan signifikansi level 0.025 (0.5 : 2) dan nilai r = 69

$$\begin{aligned} \text{Nilai lower} &= \chi_{1-\frac{\alpha}{2},r}^2 \\ &= 48,143 \end{aligned}$$

Nilai *lower* didapat dari tabel *chi square* dengan signifikansi level 0.975 (1 – 0.025) dan nilai r = 69

3. Menghitung nilai $\frac{r \cdot s^2}{\sigma_0^2}$ pada jaring tahun 2011

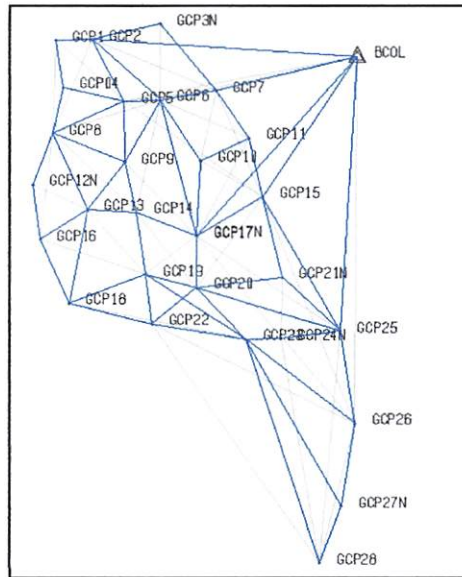
$$\frac{r \cdot s^2}{\sigma_0^2} = \frac{69 \times 0,438}{1} = 30,247$$

4. Jika nilai $\frac{r \cdot s^2}{\sigma_0^2}$ berada di rentang antara nilai *upper* dan *lower* maka H_0 diterima.

Perhitungan uji *chi square* untuk nilai 30.247 tersebut dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% pada *aposteriori varian* jaring tahun 2011. Hasilnya nilai 30.247 tersebut menolak H_0 dan menerima H_1 yang berarti solusi statistik uji *chi square* tersebut “*Fails*”

IV.2.2. Hasil perataan Jaring Tahun 2012

Jaring 2012 adalah jaring yang didominasi berbentuk segiempat, pada perataan jaring ini menghasilkan solusi statistik *chi-square test* “*Fails*” dengan nilai *a posteriori variance* 0.0502 m.



Gambar 4.4. Tampilan desain Konfigurasi *baseline* Jaringan tahun 2012

Hasil perhitungan perataan kuadrat terkecil *minimal constrain* akan menghasilkan matrik parameter yang diperoleh dari persamaan 2.13, yaitu:

$X = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} (A^T \cdot P \cdot L)$. matrik parameter tersebut tersaji dalam tabel berikut :

Tabel 4.5. Komponen penyusun matrik parameter hasil perataan kuadrat terkecil jaring GPS tahun 2012

| No | komponen | | matrik X |
|----|----------|---|--------------|
| 1 | GCP01 | x | 716741.5823 |
| 2 | | y | 9326311.613 |
| 3 | | z | 563.0582468 |
| 4 | GCP02 | x | 715442.001 |
| 5 | | y | 9325923.908 |
| 6 | | z | 606.7158159 |
| 7 | GCP03 | x | 713043.231 |
| 8 | | y | 9325264.164 |
| 9 | | z | 1170.582394 |
| 10 | GCP04 | x | 716535.9207 |
| 11 | | y | 9326057.089 |
| 12 | | z | -1159.692654 |
| 13 | GCP05 | x | 714369.93 |
| 14 | | y | 9325351.634 |
| 15 | | z | -1666.331058 |
| 16 | GCP06 | x | 713111.2779 |
| 17 | | y | 9324973.068 |
| 18 | | z | -1615.937492 |
| 19 | GCP07 | x | 711141.4452 |
| 20 | | y | 9324417.937 |
| 21 | | z | -1273.204192 |

| No | komponen | | matrik X |
|----|----------|---|--------------|
| 46 | GCP17 | x | 717479.011 |
| 47 | | y | 9325720.944 |
| 48 | | z | -6758.855189 |
| 49 | GCP17N | x | 711956.416 |
| 50 | | y | 9324064.717 |
| 51 | | z | -6622.030819 |
| 52 | GCP16 | x | 711956.711 |
| 53 | | y | 9324068.067 |
| 54 | | z | -6606.727686 |
| 55 | GCP18 | x | 716451.9163 |
| 56 | | y | 9325174.384 |
| 57 | | z | -9076.010031 |
| 58 | GCP19 | x | 713794.9847 |
| 59 | | y | 9324459.4 |
| 60 | | z | -8036.298214 |
| 61 | GCP20 | x | 712016.835 |
| 62 | | y | 9323872.279 |
| 63 | | z | -8487.698508 |
| 64 | GCP21 | x | 708995.7027 |
| 65 | | y | 9323003.495 |
| 66 | | z | -8107.947872 |

| No | komponen | | matrik X |
|----|----------|---|--------------|
| 22 | GCP08 | x | 716937.5113 |
| 23 | | y | 9325990.001 |
| 24 | | z | -2843.325153 |
| 25 | GCP09 | x | 714416.3706 |
| 26 | | y | 9325113.338 |
| 27 | | z | -3903.349274 |
| 28 | GCP10 | x | 711742.8755 |
| 29 | | y | 9324309.226 |
| 30 | | z | -3842.648374 |
| 31 | GCP11 | x | 710008.465 |
| 32 | | y | 9323881.618 |
| 33 | | z | -3001.225457 |
| 34 | GCP12 | x | 717674.4389 |
| 35 | | y | 9326006.324 |
| 36 | | z | -4721.545151 |
| 37 | GCP13 | x | 715777.3299 |
| 38 | | y | 9325328.71 |
| 39 | | z | -5621.939609 |
| 40 | GCP14 | x | 714047.2126 |
| 41 | | y | 9324792.619 |
| 42 | | z | -5746.479931 |
| 43 | GCP15 | x | 709583.9101 |
| 44 | | y | 9323511.392 |
| 45 | | z | -5158.719804 |

| No | komponen | | matrik X |
|----|----------|---|--------------|
| 67 | GCP22 | x | 713630.5899 |
| 68 | | y | 9324214.842 |
| 69 | | z | -9829.752968 |
| 70 | GCP23 | x | 710324.162 |
| 71 | | y | 9323156.602 |
| 72 | | z | -10381.1723 |
| 73 | GCP24 | x | 709095.859 |
| 74 | | y | 9322784.711 |
| 75 | | z | -10362.72649 |
| 76 | GCP25 | x | 707008.2654 |
| 77 | | y | 9322180.749 |
| 78 | | z | -10079.61658 |
| 79 | GCP26 | x | 706574.7776 |
| 80 | | y | 9321676.232 |
| 81 | | z | -13440.21144 |
| 82 | GCP27 | x | 707129.6775 |
| 83 | | y | 9321508.579 |
| 84 | | z | -16485.62404 |
| 85 | GCP28 | x | 707949.0257 |
| 86 | | y | 9321517.587 |
| 87 | | z | -18572.65264 |

Hasil perhitungan perataan kuadrat terkecil akan menghasilkan matrik residual (V) yang diperoleh dari persamaan 2.14, yaitu: $V = AX - L$.

Matrik residual tersebut tersaji dalam tabel berikut :

Tabel 4.6. Komponen penyusun matrik residual hasil perataan kuadrat terkecil jaring GPS tahun 2012

| No | komponen | | | matrik V |
|----|----------|-------|---|----------|
| 1 | GCP06 | GCP07 | x | 0.46125 |
| 2 | | | y | 0.48149 |
| 3 | | | z | -0.0267 |
| 4 | BCOL | GCP07 | x | -1.23082 |
| 5 | | | y | 0.168351 |
| 6 | | | z | -0.04119 |
| 7 | BCOL | GCP02 | x | -1.61703 |
| 8 | | | y | -0.31111 |
| 9 | | | z | 0.030816 |
| 10 | GCP05 | GCP06 | x | 0.446978 |
| 11 | | | y | 0.232542 |
| 12 | | | z | -0.01943 |
| 13 | BCOL | GCP17 | x | 0.334036 |
| 14 | | | y | -0.04697 |
| 15 | | | z | 0.010181 |
| 16 | BCOL | GCP15 | x | 0.038088 |
| 17 | | | y | -0.101 |

| No | komponen | | | matrik V |
|-----|----------|--------|---|----------|
| 91 | GCP14 | GCP13 | x | -5.47669 |
| 92 | | | y | 0.071825 |
| 93 | | | z | -0.00068 |
| 94 | GCP8 | GCP13 | x | -2.0324 |
| 95 | | | y | 0.344587 |
| 96 | | | z | -0.02746 |
| 97 | GCP13 | GCP09 | x | 3.027774 |
| 98 | | | y | 0.216346 |
| 99 | | | z | -0.00966 |
| 100 | GCP12N | GCP08 | x | 7.019348 |
| 101 | | | y | -0.00294 |
| 102 | | | z | -0.035 |
| 103 | GCP16 | GCP12N | x | 2.938897 |
| 104 | | | y | -0.00138 |
| 105 | | | z | -0.01396 |
| 106 | GCP16 | GCP13 | x | 8.010845 |
| 107 | | | y | 0.352269 |

| No | komponen | | | matrik V |
|----|----------|--------|---|----------|
| 18 | | | z | 0.019196 |
| 19 | BCOL | GCP25 | x | 0.440417 |
| 20 | | | y | 0.05332 |
| 21 | | | z | -0.00758 |
| 22 | GCP26 | GCP25 | x | -0.01415 |
| 23 | | | y | 0.131015 |
| 24 | | | z | -0.01514 |
| 25 | GCP03 | GCP02 | x | -0.39501 |
| 26 | | | y | 0.482214 |
| 27 | | | z | -0.02958 |
| 28 | GCP06 | GCP02 | x | 0.27004 |
| 29 | | | y | -0.16697 |
| 30 | | | z | -0.01469 |
| 31 | GCP03 | GCP07 | x | 0.222196 |
| 32 | | | y | -0.25932 |
| 33 | | | z | 0.099414 |
| 34 | GCP11 | GCP10N | x | -0.31953 |
| 35 | | | y | 0.22949 |
| 36 | | | z | -0.03092 |
| 37 | GCP06 | GCP10N | x | 0.497521 |
| 38 | | | y | -0.19253 |
| 39 | | | z | -0.00088 |
| 40 | GCP11 | GCP07 | x | -0.1888 |
| 41 | | | y | -0.75649 |
| 42 | | | z | 0.168265 |
| 43 | GCP01 | GCP02 | x | 1.045719 |
| 44 | | | y | -1.08094 |
| 45 | | | z | 0.050569 |
| 46 | GCP05 | GCP08 | x | -2.26368 |
| 47 | | | y | 0.353506 |
| 48 | | | z | -0.0321 |
| 49 | GCP05 | GCP02 | x | 0.697018 |
| 50 | | | y | 0.02557 |
| 51 | | | z | 0.013874 |
| 52 | GCP4N | GCP8 | x | -1.53342 |
| 53 | | | y | 0.331803 |
| 54 | | | z | -0.0545 |
| 55 | GCP4N | GCP01 | x | 0.741563 |
| 56 | | | y | -0.28919 |
| 57 | | | z | 0.089901 |
| 58 | GCP4N | GCP5 | x | 0.696265 |
| 59 | | | y | -0.0917 |
| 60 | | | z | -0.0134 |
| 61 | GCP06 | GCP17 | x | 2.049104 |
| 62 | | | y | 0.226167 |
| 63 | | | z | 0.003673 |
| 64 | GCP09 | GCP14 | x | 2.475914 |
| 65 | | | y | -0.29517 |
| 66 | | | z | 0.028343 |
| 67 | GCP09 | GCP06 | x | 1.710287 |
| 68 | | | y | -0.6749 |
| 69 | | | z | 0.044782 |
| 70 | GCP09 | GCP05 | x | 0.81831 |
| 71 | | | y | 0.534561 |
| 72 | | | z | -0.09678 |
| 73 | GCP09 | GCP08 | x | -0.97537 |

| No | komponen | | | matrik V |
|-----|----------|--------|---|----------|
| 108 | | | z | -0.05742 |
| 109 | GCP18 | GCP16 | x | 60.12077 |
| 110 | | | y | 0.471962 |
| 111 | | | z | -0.09716 |
| 112 | GCP18 | GCP13 | x | 69.08362 |
| 113 | | | y | -0.50377 |
| 114 | | | z | 0.147421 |
| 115 | GCP18 | GCP19 | x | -277.813 |
| 116 | | | y | -0.77762 |
| 117 | | | z | 0.180816 |
| 118 | GCP11 | GCP15 | x | 0.321101 |
| 119 | | | y | 0.201152 |
| 120 | | | z | -0.02735 |
| 121 | GCP17N | GCP10N | x | -1.01151 |
| 122 | | | y | 0.115896 |
| 123 | | | z | 0.079312 |
| 124 | GCP17N | GCP15 | x | -0.58288 |
| 125 | | | y | -0.11644 |
| 126 | | | z | 0.013882 |
| 127 | GCP20 | GCP23 | x | -4.19504 |
| 128 | | | y | 1.718548 |
| 129 | | | z | -0.23679 |
| 130 | GCP20 | GCP22 | x | -0.61213 |
| 131 | | | y | 0.605302 |
| 132 | | | z | -0.09746 |
| 133 | GCP22 | GCP19 | x | 4.717827 |
| 134 | | | y | -0.48552 |
| 135 | | | z | 0.073754 |
| 136 | GCP23 | GCP18 | x | -73.7297 |
| 137 | | | y | 0.52285 |
| 138 | | | z | 0.012265 |
| 139 | GCP23 | GCP22 | x | 3.149916 |
| 140 | | | y | 0.286753 |
| 141 | | | z | -0.00167 |
| 142 | GCP21N | GCP15 | x | -1.06263 |
| 143 | | | y | 1.104332 |
| 144 | | | z | -0.10893 |
| 145 | GCP25 | GCP20 | x | 1.622613 |
| 146 | | | y | 1.528462 |
| 147 | | | z | -0.08993 |
| 148 | GCP25 | GCP21N | x | -0.5457 |
| 149 | | | y | 0.254344 |
| 150 | | | z | -0.03629 |
| 151 | GCP26 | GCP22 | x | 1.890334 |
| 152 | | | y | -0.69522 |
| 153 | | | z | 0.127473 |
| 154 | GCP23 | GCP26 | x | 1.278582 |
| 155 | | | y | 0.997975 |
| 156 | | | z | -0.12615 |
| 157 | GCP26 | GCP27N | x | -0.21211 |
| 158 | | | y | 0.061757 |
| 159 | | | z | 0.015398 |
| 160 | GCP28 | GCP23 | x | -1.22867 |
| 161 | | | y | 0.304512 |
| 162 | | | z | -0.08365 |
| 163 | GCP28 | GCP27N | x | 0.237799 |

| No | komponen | | | matrik V |
|----|----------|--------|---|----------|
| 74 | | | y | -0.57093 |
| 75 | | | z | 0.054121 |
| 76 | GCP17N | GCP17 | x | -0.26793 |
| 77 | | | y | -0.01141 |
| 78 | | | z | -0.00313 |
| 79 | GCP14 | GCP17N | x | 1.614405 |
| 80 | | | y | -0.18115 |
| 81 | | | z | 0.018245 |
| 82 | GCP20 | GCP17N | x | -1.86707 |
| 83 | | | y | -0.02234 |
| 84 | | | z | -0.00218 |
| 85 | GCP14 | GCP19 | x | 7.583171 |
| 86 | | | y | -0.06402 |
| 87 | | | z | 0.008716 |
| 88 | GCP19 | GCP20 | x | -4.1057 |
| 89 | | | y | -0.09378 |
| 90 | | | z | 0.013706 |

| No | komponen | | | matrik V |
|-----|----------|--------|---|----------|
| 164 | | | y | -0.06176 |
| 165 | | | z | -0.0154 |
| 166 | GCP25 | GCP23 | x | -1.65443 |
| 167 | | | y | 0.19001 |
| 168 | | | z | -0.01371 |
| 169 | GCP24N | GCP23 | x | -0.56202 |
| 170 | | | y | 0.357641 |
| 171 | | | z | -0.1508 |
| 172 | GCP28 | GCP22 | x | 1.876243 |
| 173 | | | y | -1.18673 |
| 174 | | | z | 0.215677 |
| 175 | GCP24N | GCP21N | x | 1.770714 |
| 176 | | | y | -1.05103 |
| 177 | | | z | 0.32862 |

Setelah matrik residual (V) diperoleh, maka selanjutnya dapat dihitung nilai *a posteriori varian* jaringan ($\hat{\sigma}_0^2$) yang dapat dihitung menggunakan persamaan 2.36 pada bab 2.

Hasil perhitungan perataan kuadrat terkecil akan menghasilkan matrik *covarian* yang diperoleh dari komponen matrik $(A^T.P.A)^{-1}$. matrik *covarian* selengkapnya dapat dilihat pada lampiran A

IV.2.2.1. Uji Hipotesa menggunakan *Chi square* pada jaring tahun 2012

Langkah perhitungan uji hipotesa *chi square* untuk nilai varian adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan *a posteriori varian* untuk jaring tahun 2012. Proses perhitungan menggunakan persamaan 2.36.
2. Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai *upper* dan *lower*

sesuai dengan rumus $\chi_{1-\frac{\alpha}{2},r}^2 < \frac{r.s^2}{\sigma_0^2} < \chi_{\frac{\alpha}{2},r}^2$

Nilai *upper* = $\chi_{\frac{\alpha}{2},r}^2$

$$= 117,75$$

Nilai *upper* didapat dari tabel *chi square* dengan signifikansi level 0.025 (0.5 : 2) dan nilai r = 90

$$\begin{aligned} \text{Nilai } lower &= \chi^2_{1-\frac{\alpha}{2},r} \\ &= 66,025 \end{aligned}$$

Nilai *lower* didapat dari tabel *chi square* dengan signifikansi level 0.975 (1 – 0.025) dan nilai r = 90

3. Menghitung nilai $\frac{r \cdot s^2}{\sigma_0^2}$ pada jaring tahun 2012

$$\frac{r \cdot s^2}{\sigma_0^2} = \frac{90 \times 0,05}{1} = 4,52$$

4. Jika nilai $\frac{r \cdot s^2}{\sigma_0^2}$ berada di rentang antara nilai *upper* dan *lower* maka H_0 diterima, jika tidak maka ditolak.

Perhitungan uji *chi square* untuk nilai 4,52 tersebut dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% pada *a posteriori* varian jaring tahun 2012. Hasilnya nilai 4,52 tersebut menolak H_0 dan menerima H_1 yang berarti solusi statistik uji *chi square* tersebut “*Fails*”

IV.3. Precision

Precision adalah derajat konsistensi diantara data pengamatan berdasarkan dari ukuran perbedaan serangkaian data pengamatan. Nilai Presisi dapat dinilai oleh matrik kovarian dari parameter.

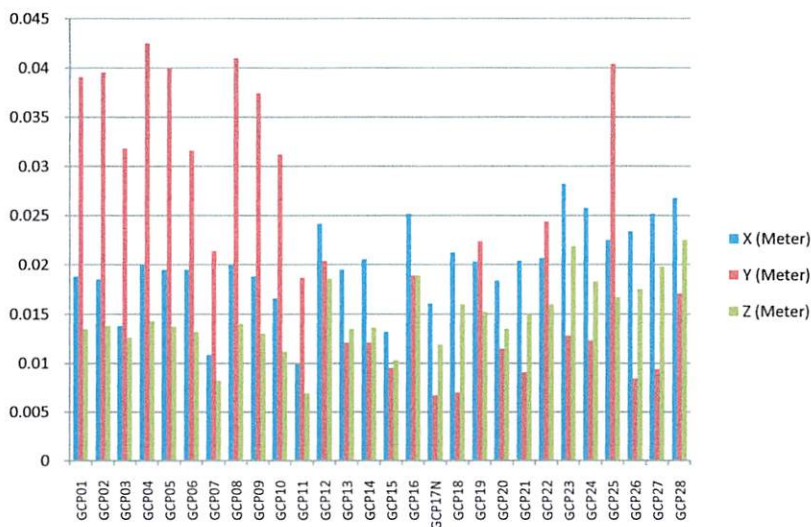
IV.3.1. Precision pada Jaring GPS Tahun 2011

Hitungan presisi diperoleh dari hasil pengolahan perataan jaringan tahun 2011 menggunakan persamaan 2.35, hasilnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.7. Nilai Presisi titik-titik hasil perataan pada jaring GPS tahun 2011

| No | Titik | $\sigma_i = \sigma_o \sqrt{q_{ii}}$ | | |
|----|--------|-------------------------------------|--------------|--------------|
| | | X (Meter) | Y (Meter) | Z (Meter) |
| 1 | GCP01 | 0.0188 | 0.0391 | 0.0135 |
| 2 | GCP02 | 0.0185 | 0.0396 | 0.0138 |
| 3 | GCP03 | 0.0138 | 0.0318 | 0.0126 |
| 4 | GCP04 | 0.0200 | 0.0425 | 0.0143 |
| 5 | GCP05 | 0.0195 | 0.0400 | 0.0137 |
| 6 | GCP06 | 0.0195 | 0.0316 | 0.0132 |
| 7 | GCP07 | 0.0109 | 0.0214 | 0.0082 |
| 8 | GCP08 | 0.0199 | 0.0410 | 0.0140 |
| 9 | GCP09 | 0.0188 | 0.0374 | 0.0130 |
| 10 | GCP10 | 0.0166 | 0.0312 | 0.0112 |
| 11 | GCP11 | 0.0099 | 0.0187 | 0.0069 |
| 12 | GCP12 | 0.0242 | 0.0204 | 0.0186 |
| 13 | GCP13 | 0.0195 | 0.0121 | 0.0135 |
| 14 | GCP14 | 0.0206 | 0.0121 | 0.0136 |
| 15 | GCP15 | 0.0132 | 0.0095 | 0.0103 |
| 16 | GCP16 | 0.0252 | 0.0189 | 0.0189 |
| 17 | GCP17N | 0.0161 | 0.0067 | 0.0119 |
| 18 | GCP18 | 0.0213 | 0.0070 | 0.0160 |
| 19 | GCP19 | 0.0203 | 0.0224 | 0.0152 |
| 20 | GCP20 | 0.0184 | 0.0115 | 0.0135 |
| 21 | GCP21 | 0.0204 | 0.0091 | 0.0150 |
| 22 | GCP22 | 0.0207 | 0.0244 | 0.0160 |
| 23 | GCP23 | 0.0282 | 0.0128 | 0.0219 |
| 24 | GCP24 | 0.0258 | 0.0123 | 0.0183 |
| 25 | GCP25 | 0.0225 | 0.0404 | 0.0167 |
| 26 | GCP26 | 0.0234 | 0.0084 | 0.0175 |
| 27 | GCP27 | 0.0252 | 0.0094 | 0.0198 |
| 28 | GCP28 | 0.0268 | 0.0171 | 0.0225 |

Gambar 4.5. Grafik nilai presisi titik-titik jaring GPS tahun 2011



Tabel 4.7 dan gambar 4.5 menunjukkan bahwa titik GCP 11 menghasilkan nilai standar deviasi minimum pada komponen X, Y dan Z, yaitu masing-masing sebesar 0.0099 m, 0.0187 m dan 0.0069 m yang berarti tingkat presisinya lebih baik daripada titik yang lain. Sedangkan titik GCP 04 dan GCP 25 memiliki nilai standar deviasi maksimum pada komponen X, Y dan Z, yaitu masing-masing sebesar 0.0200, 0.0425, 0.0143 dan 0.0225, 0.0404, 0.0167 yang berarti presisinya lebih buruk daripada titik yang lain.

Tabel 4.8. Uji Statistik *chi square* terhadap ketelitian parameter X

| No | Titik | upper | X (mm) | lower | Keterangan |
|-------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 1 | GCP01 | 25.0655 | 18.7505 | 17.9732 | Diterima |
| 2 | GCP02 | 25.0655 | 18.5263 | 17.9732 | Diterima |
| 3 | GCP03 | 25.0655 | 13.7581 | 17.9732 | Ditolak |
| 4 | GCP04 | 25.0655 | 19.9788 | 17.9732 | Diterima |
| 5 | GCP05 | 25.0655 | 19.4822 | 17.9732 | Diterima |
| 6 | GCP06 | 25.0655 | 19.5205 | 17.9732 | Diterima |
| 7 | GCP07 | 25.0655 | 10.9457 | 17.9732 | Ditolak |
| 8 | GCP08 | 25.0655 | 19.9079 | 17.9732 | Diterima |
| 9 | GCP09 | 25.0655 | 18.7720 | 17.9732 | Diterima |
| 10 | GCP10 | 25.0655 | 16.5862 | 17.9732 | Ditolak |
| 11 | GCP11 | 25.0655 | 9.9240 | 17.9732 | Ditolak |
| 12 | GCP12 | 25.0655 | 24.2000 | 17.9732 | Diterima |
| 13 | GCP13 | 25.0655 | 19.5056 | 17.9732 | Diterima |
| 14 | GCP14 | 25.0655 | 20.5892 | 17.9732 | Diterima |
| 15 | GCP15 | 25.0655 | 13.2174 | 17.9732 | Ditolak |
| 16 | GCP16 | 25.0655 | 25.2120 | 17.9732 | Ditolak |
| 17 | GCP17N | 25.0655 | 16.1398 | 17.9732 | Ditolak |
| 18 | GCP18 | 25.0655 | 21.3229 | 17.9732 | Diterima |
| 19 | GCP19 | 25.0655 | 20.2901 | 17.9732 | Diterima |
| 20 | GCP20 | 25.0655 | 18.3960 | 17.9732 | Diterima |
| 21 | GCP21 | 25.0655 | 20.3632 | 17.9732 | Diterima |
| 22 | GCP22 | 25.0655 | 20.6516 | 17.9732 | Diterima |
| 23 | GCP23 | 25.0655 | 28.2101 | 17.9732 | Ditolak |
| 24 | GCP24 | 25.0655 | 25.7680 | 17.9732 | Ditolak |
| 25 | GCP25 | 25.0655 | 22.4738 | 17.9732 | Diterima |
| 26 | GCP26 | 25.0655 | 23.3824 | 17.9732 | Diterima |
| 27 | GCP27 | 25.0655 | 25.1545 | 17.9732 | Ditolak |
| 28 | GCP28 | 25.0655 | 26.8054 | 17.9732 | Ditolak |
| total | Diterima | 17 | Ditolak | 11 | |

Tabel 4.9. Uji Statistik *Chi square* terhadap ketelitian parameter Y

| No | Titik | upper | Y | lower | Keterangan |
|-------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 1 | GCP01 | 25.0655 | 39.1458 | 17.9732 | Ditolak |
| 2 | GCP02 | 25.0655 | 39.6175 | 17.9732 | Ditolak |
| 3 | GCP03 | 25.0655 | 31.7694 | 17.9732 | Ditolak |
| 4 | GCP04 | 25.0655 | 42.4795 | 17.9732 | Ditolak |
| 5 | GCP05 | 25.0655 | 40.0214 | 17.9732 | Ditolak |
| 6 | GCP06 | 25.0655 | 31.6155 | 17.9732 | Ditolak |
| 7 | GCP07 | 25.0655 | 21.3665 | 17.9732 | Diterima |
| 8 | GCP08 | 25.0655 | 41.0105 | 17.9732 | Ditolak |
| 9 | GCP09 | 25.0655 | 37.3857 | 17.9732 | Ditolak |
| 10 | GCP10 | 25.0655 | 31.2257 | 17.9732 | Ditolak |
| 11 | GCP11 | 25.0655 | 18.7108 | 17.9732 | Diterima |
| 12 | GCP12 | 25.0655 | 20.4229 | 17.9732 | Diterima |
| 13 | GCP13 | 25.0655 | 12.0961 | 17.9732 | Ditolak |
| 14 | GCP14 | 25.0655 | 12.1145 | 17.9732 | Ditolak |
| 15 | GCP15 | 25.0655 | 9.5287 | 17.9732 | Ditolak |
| 16 | GCP16 | 25.0655 | 18.9238 | 17.9732 | Diterima |
| 17 | GCP17N | 25.0655 | 6.6612 | 17.9732 | Ditolak |
| 18 | GCP18 | 25.0655 | 7.0291 | 17.9732 | Ditolak |
| 19 | GCP19 | 25.0655 | 22.3953 | 17.9732 | Diterima |
| 20 | GCP20 | 25.0655 | 11.4558 | 17.9732 | Ditolak |
| 21 | GCP21 | 25.0655 | 9.0548 | 17.9732 | Ditolak |
| 22 | GCP22 | 25.0655 | 24.4362 | 17.9732 | Diterima |
| 23 | GCP23 | 25.0655 | 12.8469 | 17.9732 | Ditolak |
| 24 | GCP24 | 25.0655 | 12.3498 | 17.9732 | Ditolak |
| 25 | GCP25 | 25.0655 | 40.4164 | 17.9732 | Ditolak |
| 26 | GCP26 | 25.0655 | 8.4090 | 17.9732 | Ditolak |
| 27 | GCP27 | 25.0655 | 9.3959 | 17.9732 | Ditolak |
| 28 | GCP28 | 25.0655 | 17.1167 | 17.9732 | Ditolak |
| total | Diterima | 6 | Ditolak | 22 | |

Tabel 4.10. Uji Statistik *Chi square* terhadap ketelitian parameter Z

| No | Titik | upper | Z | lower | Keterangan |
|----|--------|---------|---------|---------|------------|
| 1 | GCP01 | 25.0655 | 13.4679 | 17.9732 | Ditolak |
| 2 | GCP02 | 25.0655 | 13.7739 | 17.9732 | Ditolak |
| 3 | GCP03 | 25.0655 | 12.6237 | 17.9732 | Ditolak |
| 4 | GCP04 | 25.0655 | 14.3341 | 17.9732 | Ditolak |
| 5 | GCP05 | 25.0655 | 13.6706 | 17.9732 | Ditolak |
| 6 | GCP06 | 25.0655 | 13.1765 | 17.9732 | Ditolak |
| 7 | GCP07 | 25.0655 | 8.2043 | 17.9732 | Ditolak |
| 8 | GCP08 | 25.0655 | 13.9563 | 17.9732 | Ditolak |
| 9 | GCP09 | 25.0655 | 12.9949 | 17.9732 | Ditolak |
| 10 | GCP10 | 25.0655 | 11.2147 | 17.9732 | Ditolak |
| 11 | GCP11 | 25.0655 | 6.8842 | 17.9732 | Ditolak |
| 12 | GCP12 | 25.0655 | 18.5539 | 17.9732 | Diterima |
| 13 | GCP13 | 25.0655 | 13.4546 | 17.9732 | Ditolak |
| 14 | GCP14 | 25.0655 | 13.5848 | 17.9732 | Ditolak |
| 15 | GCP15 | 25.0655 | 10.3438 | 17.9732 | Ditolak |
| 16 | GCP16 | 25.0655 | 18.9320 | 17.9732 | Diterima |
| 17 | GCP17N | 25.0655 | 11.8888 | 17.9732 | Ditolak |
| 18 | GCP18 | 25.0655 | 16.0302 | 17.9732 | Ditolak |
| 19 | GCP19 | 25.0655 | 15.2071 | 17.9732 | Ditolak |
| 20 | GCP20 | 25.0655 | 13.5179 | 17.9732 | Ditolak |
| 21 | GCP21 | 25.0655 | 14.9815 | 17.9732 | Ditolak |

| No | Titik | upper | Z | lower | Keterangan |
|-------|----------|---------|---------|---------|------------|
| 22 | GCP22 | 25.0655 | 16.0411 | 17.9732 | Ditolak |
| 23 | GCP23 | 25.0655 | 21.8959 | 17.9732 | Diterima |
| 24 | GCP24 | 25.0655 | 18.2633 | 17.9732 | Diterima |
| 25 | GCP25 | 25.0655 | 16.7111 | 17.9732 | Ditolak |
| 26 | GCP26 | 25.0655 | 17.4803 | 17.9732 | Ditolak |
| 27 | GCP27 | 25.0655 | 19.7866 | 17.9732 | Diterima |
| 28 | GCP28 | 25.0655 | 22.5026 | 17.9732 | Diterima |
| total | Diterima | 6 | Ditolak | 22 | |

Langkah perhitungan uji hipotesa *chi square* untuk nilai standar deviasi (presisi) adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan standar deviasi untuk komponen vektor parameter yg dicari (*unknown parameter*) seperti persamaan 2.35 yang hasilnya disajikan di dalam tabel 4.10 seperti diatas.
2. Dilakukan perhitungan nilai *upper* dan *lower* sesuai dengan rumus

$$\sqrt{\frac{r \cdot \hat{\sigma}_o^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2}} < \sigma_o < \sqrt{\frac{r \cdot \hat{\sigma}_o^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2}}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } \chi \text{ pada } upper &= \chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2 \\ &= 48.143 \end{aligned}$$

Menghitung Nilai *upper* pada jaring tahun 2011

$$= \sqrt{\frac{r \cdot \hat{\sigma}_o^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2}} = \sqrt{\frac{69 \times 438.37}{48.144}} = 25,065$$

Nilai χ pada *upper* didapat dari tabel *chi square* dengan signifikansi level 0.975 (1 - 0.025) dan nilai r = 69

$$\begin{aligned} \text{Nilai } \chi \text{ pada } lower &= \chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2 \\ &= 93.635 \end{aligned}$$

Menghitung Nilai *lower* pada jaring tahun 2011

$$= \sqrt{\frac{r \cdot \hat{\sigma}_0^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2}} = \sqrt{\frac{69 \times 438.37}{93.635}} = 17,973$$

Nilai χ pada *upper* didapat dari tabel *chi square* dengan signifikansi level 0.025 (0.5 : 2) dan nilai $r = 69$

3. Jika nilai σ_0 berada di rentang antara nilai *upper* dan *lower* maka H_0 diterima, jika tidak maka ditolak.

Perhitungan uji *chi square* untuk nilai standar deviasi tersebut dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% pada standar deviasi. Dari total 84 komponen standar deviasi (X, Y, dan Z), hasilnya 33.33% menerima H_0 dan menolak H_1 “*pass*”, dan sisanya 66,67% menolak H_0 dan menerima H_1 “*Fails*”, yang berarti 29 standar deviasi adalah presisi dan 58 standar deviasi tidak presisi.

IV.3.2. Precision pada Jaring GPS Tahun 2012

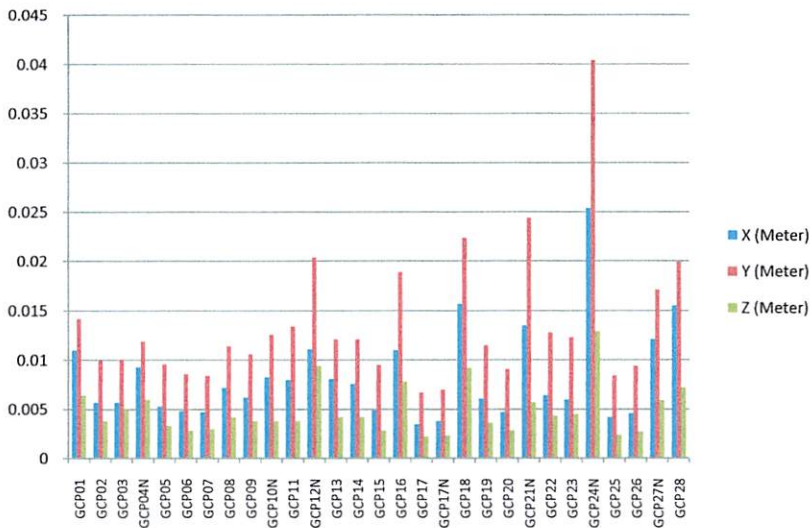
Hitungan presisi diperoleh dari hasil pengolahan perataan jaringan tahun 2012 menggunakan persamaan 2.35, hasilnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.11. Nilai Presisi hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2012

| No | Titik | $\sigma_i = \sigma_0 \sqrt{q_{ii}}$ | | |
|----|--------|-------------------------------------|--------------|--------------|
| | | X (Meter) | Y (Meter) | Z (Meter) |
| 1 | GCP01 | 0.0110 | 0.0142 | 0.0064 |
| 2 | GCP02 | 0.0057 | 0.0100 | 0.0038 |
| 3 | GCP03 | 0.0057 | 0.0101 | 0.0050 |
| 4 | GCP04N | 0.0093 | 0.0119 | 0.0060 |
| 5 | GCP05 | 0.0053 | 0.0096 | 0.0033 |
| 6 | GCP06 | 0.0048 | 0.0086 | 0.0028 |
| 7 | GCP07 | 0.0047 | 0.0084 | 0.0030 |
| 8 | GCP08 | 0.0072 | 0.0114 | 0.0042 |
| 9 | GCP09 | 0.0062 | 0.0106 | 0.0038 |
| 10 | GCP10N | 0.0083 | 0.0126 | 0.0038 |
| 11 | GCP11 | 0.0080 | 0.0134 | 0.0038 |
| 12 | GCP12N | 0.0111 | 0.0204 | 0.0094 |
| 13 | GCP13 | 0.0081 | 0.0121 | 0.0042 |
| 14 | GCP14 | 0.0076 | 0.0121 | 0.0042 |
| 15 | GCP15 | 0.0049 | 0.0095 | 0.0028 |
| 16 | GCP16 | 0.0110 | 0.0189 | 0.0078 |

| No | Titik | $\sigma_i = \sigma_o \sqrt{q_{ii}}$ | | |
|----|--------|-------------------------------------|--------------|--------------|
| | | X (Meter) | Y (Meter) | Z (Meter) |
| 17 | GCP17 | 0.0035 | 0.0067 | 0.0022 |
| 18 | GCP17N | 0.0038 | 0.0070 | 0.0023 |
| 19 | GCP18 | 0.0157 | 0.0224 | 0.0092 |
| 20 | GCP19 | 0.0061 | 0.0115 | 0.0036 |
| 21 | GCP20 | 0.0047 | 0.0091 | 0.0028 |
| 22 | GCP21N | 0.0135 | 0.0244 | 0.0057 |
| 23 | GCP22 | 0.0064 | 0.0128 | 0.0043 |
| 24 | GCP23 | 0.0060 | 0.0123 | 0.0045 |
| 25 | GCP24N | 0.0254 | 0.0404 | 0.0129 |
| 26 | GCP25 | 0.0042 | 0.0084 | 0.0024 |
| 27 | GCP26 | 0.0046 | 0.0094 | 0.0027 |
| 28 | GCP27N | 0.0121 | 0.0171 | 0.0059 |
| 29 | GCP28 | 0.0155 | 0.0199 | 0.0072 |

Gambar 4.6. Grafik nilai presisi titik-titik jaring GPS tahun 2012



Tabel 4.11 dan gambar 4.6 menunjukkan bahwa titik GCP 17 menghasilkan nilai standar deviasi minimum pada komponen X, Y dan Z, yaitu masing-masing sebesar 0.0035 m, 0.0067 m dan 0.0022 m yang berarti tingkat presisinya lebih baik daripada titik yang lain. Sedangkan titik GCP 24N memiliki nilai standar deviasi maksimum pada komponen X, Y dan Z, yaitu masing-masing sebesar 0.0254, 0.0404 dan 0.0129 yang berarti presisinya lebih buruk daripada titik yang lain.

Tabel 4.12. Uji Statistik *chi square* terhadap ketelitian parameter X

| No | Titik | upper | X | lower | Keterangan |
|-------|----------|---------|---------|----------|------------|
| 1 | GCP01 | 8.27475 | 11.0046 | 6.196243 | Ditolak |
| 2 | GCP02 | 8.27475 | 5.6699 | 6.196243 | Ditolak |
| 3 | GCP03 | 8.27475 | 5.6877 | 6.196243 | Ditolak |
| 4 | GCP04N | 8.27475 | 9.3431 | 6.196243 | Ditolak |
| 5 | GCP05 | 8.27475 | 5.3297 | 6.196243 | Ditolak |
| 6 | GCP06 | 8.27475 | 4.8224 | 6.196243 | Ditolak |
| 7 | GCP07 | 8.27475 | 4.7160 | 6.196243 | Ditolak |
| 8 | GCP08 | 8.27475 | 7.1918 | 6.196243 | Diterima |
| 9 | GCP09 | 8.27475 | 6.1509 | 6.196243 | Ditolak |
| 10 | GCP10N | 8.27475 | 8.3012 | 6.196243 | Ditolak |
| 11 | GCP11 | 8.27475 | 8.0117 | 6.196243 | Diterima |
| 12 | GCP12N | 8.27475 | 11.1033 | 6.196243 | Ditolak |
| 13 | GCP13 | 8.27475 | 8.1226 | 6.196243 | Diterima |
| 14 | GCP14 | 8.27475 | 7.6341 | 6.196243 | Diterima |
| 15 | GCP15 | 8.27475 | 4.9476 | 6.196243 | Ditolak |
| 16 | GCP16 | 8.27475 | 10.9777 | 6.196243 | Ditolak |
| 17 | GCP17 | 8.27475 | 3.4598 | 6.196243 | Ditolak |
| 18 | GCP17N | 8.27475 | 3.7583 | 6.196243 | Ditolak |
| 19 | GCP18 | 8.27475 | 15.7354 | 6.196243 | Ditolak |
| 20 | GCP19 | 8.27475 | 6.0888 | 6.196243 | Ditolak |
| 21 | GCP20 | 8.27475 | 4.6605 | 6.196243 | Ditolak |
| 22 | GCP21N | 8.27475 | 13.4947 | 6.196243 | Ditolak |
| 23 | GCP22 | 8.27475 | 6.3632 | 6.196243 | Diterima |
| 24 | GCP23 | 8.27475 | 6.0222 | 6.196243 | Ditolak |
| 25 | GCP24N | 8.27475 | 25.4195 | 6.196243 | Ditolak |
| 26 | GCP25 | 8.27475 | 4.1641 | 6.196243 | Ditolak |
| 27 | GCP26 | 8.27475 | 4.5698 | 6.196243 | Ditolak |
| 28 | GCP27N | 8.27475 | 12.0784 | 6.196243 | Ditolak |
| 29 | GCP28 | 8.27475 | 15.5247 | 6.196243 | Ditolak |
| total | Diterima | 5 | Ditolak | 24 | |

Tabel 4.13. Uji Statistik *chi square* terhadap ketelitian parameter Y

| No | Titik | upper | Y | lower | Keterangan |
|----|--------|---------|---------|----------|------------|
| 1 | GCP01 | 8.27475 | 14.2491 | 6.196243 | Ditolak |
| 2 | GCP02 | 8.27475 | 9.9825 | 6.196243 | Ditolak |
| 3 | GCP03 | 8.27475 | 10.1465 | 6.196243 | Ditolak |
| 4 | GCP04N | 8.27475 | 11.8929 | 6.196243 | Ditolak |
| 5 | GCP05 | 8.27475 | 9.6465 | 6.196243 | Ditolak |
| 6 | GCP06 | 8.27475 | 8.5993 | 6.196243 | Ditolak |
| 7 | GCP07 | 8.27475 | 8.4068 | 6.196243 | Ditolak |
| 8 | GCP08 | 8.27475 | 11.4452 | 6.196243 | Ditolak |
| 9 | GCP09 | 8.27475 | 10.6029 | 6.196243 | Ditolak |
| 10 | GCP10N | 8.27475 | 12.6154 | 6.196243 | Ditolak |
| 11 | GCP11 | 8.27475 | 13.3620 | 6.196243 | Ditolak |
| 12 | GCP12N | 8.27475 | 20.4229 | 6.196243 | Ditolak |
| 13 | GCP13 | 8.27475 | 12.0961 | 6.196243 | Ditolak |
| 14 | GCP14 | 8.27475 | 12.1145 | 6.196243 | Ditolak |
| 15 | GCP15 | 8.27475 | 9.5287 | 6.196243 | Ditolak |
| 16 | GCP16 | 8.27475 | 18.9238 | 6.196243 | Ditolak |
| 17 | GCP17 | 8.27475 | 6.6612 | 6.196243 | Diterima |
| 18 | GCP17N | 8.27475 | 7.0291 | 6.196243 | Diterima |
| 19 | GCP18 | 8.27475 | 22.3953 | 6.196243 | Ditolak |

| No | Titik | upper | Y | lower | Keterangan |
|-------|----------|---------|---------|----------|------------|
| 20 | GCP19 | 8.27475 | 11.4558 | 6.196243 | Ditolak |
| 21 | GCP20 | 8.27475 | 9.0548 | 6.196243 | Ditolak |
| 22 | GCP21N | 8.27475 | 24.4362 | 6.196243 | Ditolak |
| 23 | GCP22 | 8.27475 | 12.8469 | 6.196243 | Ditolak |
| 24 | GCP23 | 8.27475 | 12.3498 | 6.196243 | Ditolak |
| 25 | GCP24N | 8.27475 | 40.4164 | 6.196243 | Ditolak |
| 26 | GCP25 | 8.27475 | 8.4090 | 6.196243 | Ditolak |
| 27 | GCP26 | 8.27475 | 9.3959 | 6.196243 | Ditolak |
| 28 | GCP27N | 8.27475 | 17.1167 | 6.196243 | Ditolak |
| 29 | GCP28 | 8.27475 | 19.8569 | 6.196243 | Ditolak |
| total | Diterima | 2 | Ditolak | 27 | |

Tabel 4.14. Uji Statistik *chi square* terhadap ketelitian parameter Z

| No | Titik | upper | Z | lower | Keterangan |
|-------|----------|---------|---------|----------|------------|
| 1 | GCP01 | 8.27475 | 6.3825 | 6.196243 | Diterima |
| 2 | GCP02 | 8.27475 | 3.8242 | 6.196243 | Ditolak |
| 3 | GCP03 | 8.27475 | 4.9721 | 6.196243 | Ditolak |
| 4 | GCP04N | 8.27475 | 5.9653 | 6.196243 | Ditolak |
| 5 | GCP05 | 8.27475 | 3.2555 | 6.196243 | Ditolak |
| 6 | GCP06 | 8.27475 | 2.8318 | 6.196243 | Ditolak |
| 7 | GCP07 | 8.27475 | 3.0172 | 6.196243 | Ditolak |
| 8 | GCP08 | 8.27475 | 4.1662 | 6.196243 | Ditolak |
| 9 | GCP09 | 8.27475 | 3.7559 | 6.196243 | Ditolak |
| 10 | GCP10N | 8.27475 | 3.8487 | 6.196243 | Ditolak |
| 11 | GCP11 | 8.27475 | 3.8254 | 6.196243 | Ditolak |
| 12 | GCP12N | 8.27475 | 9.4236 | 6.196243 | Ditolak |
| 13 | GCP13 | 8.27475 | 4.2356 | 6.196243 | Ditolak |
| 14 | GCP14 | 8.27475 | 4.2093 | 6.196243 | Ditolak |
| 15 | GCP15 | 8.27475 | 2.8145 | 6.196243 | Ditolak |
| 16 | GCP16 | 8.27475 | 7.7532 | 6.196243 | Diterima |
| 17 | GCP17 | 8.27475 | 2.1662 | 6.196243 | Ditolak |
| 18 | GCP17N | 8.27475 | 2.3118 | 6.196243 | Ditolak |
| 19 | GCP18 | 8.27475 | 9.1932 | 6.196243 | Ditolak |
| 20 | GCP19 | 8.27475 | 3.6144 | 6.196243 | Ditolak |
| 21 | GCP20 | 8.27475 | 2.7762 | 6.196243 | Ditolak |
| 22 | GCP21N | 8.27475 | 5.6675 | 6.196243 | Ditolak |
| 23 | GCP22 | 8.27475 | 4.2949 | 6.196243 | Ditolak |
| 24 | GCP23 | 8.27475 | 4.4546 | 6.196243 | Ditolak |
| 25 | GCP24N | 8.27475 | 12.9074 | 6.196243 | Ditolak |
| 26 | GCP25 | 8.27475 | 2.4184 | 6.196243 | Ditolak |
| 27 | GCP26 | 8.27475 | 2.7435 | 6.196243 | Ditolak |
| 28 | GCP27N | 8.27475 | 5.8746 | 6.196243 | Ditolak |
| 29 | GCP28 | 8.27475 | 7.2310 | 6.196243 | Diterima |
| total | Diterima | 3 | Ditolak | 26 | |

Langkah perhitungan uji hipotesa *chi square* untuk nilai standar deviasi (presisi) pada tabel 4.12, 4.13, 4.14 adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan standar deviasi untuk komponen vektor parameter yg dicari (*unknown parameter*) seperti persamaan 2.35 yang hasilnya disajikan di dalam tabel 4.10 seperti diatas
2. Dilakukan perhitungan nilai *upper* dan *lower* sesuai dengan rumus

$$\sqrt{\frac{r \cdot \hat{\sigma}_0^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2}} < \sigma_0 < \sqrt{\frac{r \cdot \hat{\sigma}_0^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2}}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai } \chi \text{ pada } upper &= \chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2 \\ &= 66.025 \end{aligned}$$

Menghitung Nilai *upper* pada jaring tahun 2012

$$= \sqrt{\frac{r \cdot \hat{\sigma}_0^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, r}^2}} = \sqrt{\frac{90 \times 50.231}{66.025}} = 8,2747$$

Nilai χ pada *upper* didapat dari tabel *chi square* dengan signifikansi level 0.975 (1 – 0.025) dan nilai r = 90

$$\begin{aligned} \text{Nilai } \chi \text{ pada } lower &= \chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2 \\ &= 117.75 \end{aligned}$$

Menghitung Nilai *lower* pada jaring tahun 2012

$$= \sqrt{\frac{r \cdot \hat{\sigma}_0^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, r}^2}} = \sqrt{\frac{90 \times 50.231}{117.75}} = 6.196$$

Nilai χ pada *upper* didapat dari tabel *chi square* dengan signifikansi level 0.025 (0.5 : 2) dan nilai r = 90

3. Jika nilai σ_0 berada di rentang antara nilai *upper* dan *lower* maka H_0 diterima, jika tidak maka ditolak.

Perhitungan uji *chi square* untuk nilai standar deviasi tersebut dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% terhadap *a posteriori varian*. Dari total 87 komponen standar deviasi (X, Y dan Z), hasilnya 11.49% menolak H_0 dan menerima H_1 “*pass*”, dan sisanya 88.51% menerima H_0 dan menolak H_1 “*Fail*”, yang berarti hanya 10 standar deviasi adalah presisi dan 77 standar deviasi tidak presisi.

Dari hasil hitungan presisi jaringan GPS tahun 2011-2012 menunjukkan bahwa jaringan tahun 2011 memiliki kepresisian lebih baik karena hasil perhitungan uji statistik *chi square* untuk nilai presisi pada tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% menyatakan bahwa jaringan tahun 2011 menghasilkan 33.33% menerima H_0 dan menolak H_1 “*pass*”, sedangkan tahun 2012 hanya menghasilkan 11.49% menolak H_0 dan menerima H_1 “*pass*”.

IV.4. Analisa Reliability

Reliability adalah kemampuan jaring untuk bertahan terhadap *systematic error* dan *gross errors* pada pengamatan. *Reliability* yang tinggi berarti bahwa jaring memiliki respon terhadap *systematic error* yang tidak termodelkan dan *gross error* yang tidak dapat dideteksi.

IV.4. 1. Internal Reliability

Hasil hitungan *internal reliability* (kehandalan dalam) jaringan pada koordinat titik menunjukkan nilai *marginally detection error* dari komponen semua *baseline* yang terdapat pada jaringan tahun 2011 dan 2012.

IV.4.1. 1. Internal Reliability pada Jaringan GPS Tahun 2011

Nilai *marginaly detection error* pada hasil pengolahan perataan jaringan tahun 2011 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.15. Nilai *internal reliability* (kehandalan dalam) hasil pengolahan pada jaringan GPS tahun 2011 ($\alpha_0=0.1\%$, $\beta_0= 80\%$)

| No | Baseline | | $r_i=(Q_{vv} \times W)$ | | | $\sigma_{ii} = \text{trace} (Q_{ii})$ | | | Marginal Detectabel Error (mm) | | |
|----|----------|-------|-------------------------|------------|------------|---------------------------------------|------------|------------|--------------------------------|------------|------------|
| | | | Δx | Δx | Δx | Δx | Δy | Δz | Δx | Δy | Δz |
| 1 | GCP02 | GCP03 | 0.26 | 0.26 | 0.22 | 0.60 | 2.68 | 0.28 | 4.801 | 21.819 | 2.513 |
| 2 | GCP23 | GCP24 | 0.73 | 0.66 | 0.70 | 1.08 | 2.86 | 0.60 | 5.238 | 14.525 | 2.947 |
| 3 | GCP23 | GCP22 | 0.70 | 0.68 | 0.75 | 1.10 | 3.66 | 0.72 | 5.426 | 18.263 | 3.411 |
| 4 | GCP06 | GCP05 | 0.62 | 0.68 | 0.60 | 1.09 | 3.97 | 0.48 | 5.676 | 19.916 | 2.566 |
| 5 | GCP09 | GCP10 | 0.62 | 0.55 | 0.61 | 0.75 | 2.59 | 0.31 | 3.912 | 14.398 | 1.655 |
| 6 | GCP23 | GCP25 | 0.49 | 0.53 | 0.55 | 0.87 | 2.51 | 0.55 | 5.114 | 14.304 | 3.045 |
| 7 | GCP19 | GCP14 | 0.55 | 0.59 | 0.50 | 0.76 | 3.24 | 0.32 | 4.218 | 17.445 | 1.846 |
| 8 | GCP18 | GCP16 | 0.38 | 0.38 | 0.33 | 1.05 | 5.25 | 0.54 | 7.068 | 35.335 | 3.900 |
| 9 | GCP17 | GCP14 | 0.60 | 0.46 | 0.41 | 0.67 | 2.17 | 0.21 | 3.573 | 13.228 | 1.388 |
| 10 | GCP25 | GCP20 | 0.65 | 0.60 | 0.56 | 0.51 | 2.30 | 0.28 | 2.590 | 12.252 | 1.560 |
| 11 | GCP27 | GCP28 | 0.47 | 0.46 | 0.83 | 0.76 | 2.61 | 0.81 | 4.553 | 15.881 | 3.686 |
| 12 | GCP17 | GCP10 | 0.55 | 0.51 | 0.49 | 0.55 | 1.97 | 0.25 | 3.051 | 11.394 | 1.461 |
| 13 | GCP25 | GCP21 | 0.47 | 0.54 | 0.54 | 0.64 | 3.36 | 0.38 | 3.817 | 18.937 | 2.125 |
| 14 | GCP18 | GCP20 | 0.68 | 0.70 | 0.73 | 0.39 | 2.34 | 0.27 | 1.967 | 11.549 | 1.285 |
| 15 | GCP15 | GCP21 | 0.47 | 0.65 | 0.46 | 0.64 | 3.85 | 0.35 | 3.849 | 19.794 | 2.120 |
| 16 | GCP18 | GCP22 | 0.54 | 0.55 | 0.50 | 0.46 | 2.83 | 0.32 | 2.594 | 15.812 | 1.867 |
| 17 | GCP19 | GCP18 | 0.54 | 0.50 | 0.44 | 0.46 | 2.64 | 0.28 | 2.552 | 15.381 | 1.719 |
| 18 | GCP07 | GCP03 | 0.53 | 0.62 | 0.66 | 0.47 | 2.57 | 0.41 | 2.686 | 13.512 | 2.067 |
| 19 | BCOL | GCP03 | 0.47 | 0.48 | 0.55 | 0.43 | 2.30 | 0.36 | 2.610 | 13.756 | 2.022 |
| 20 | BCOL | GCP07 | 0.44 | 0.38 | 0.39 | 0.27 | 1.04 | 0.15 | 1.697 | 6.944 | 1.021 |
| 21 | GCP11 | GCP06 | 0.31 | 0.20 | 0.37 | 0.69 | 1.57 | 0.31 | 5.062 | 14.553 | 2.116 |
| 22 | GCP11 | GCP07 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.32 | 1.22 | 0.17 | 1.839 | 7.005 | 0.996 |
| 23 | BCOL | GCP11 | 0.38 | 0.34 | 0.32 | 0.22 | 0.80 | 0.11 | 1.513 | 5.657 | 0.784 |
| 24 | GCP08 | GCP04 | 0.32 | 0.29 | 0.27 | 0.44 | 2.04 | 0.18 | 3.184 | 15.598 | 1.456 |
| 25 | GCP13 | GCP16 | 0.88 | 0.86 | 0.89 | 1.12 | 5.57 | 0.64 | 4.927 | 24.867 | 2.790 |
| 26 | GCP01 | GCP04 | 0.12 | 0.17 | 0.17 | 0.22 | 1.40 | 0.13 | 2.559 | 13.979 | 1.319 |
| 27 | GCP01 | GCP05 | 0.20 | 0.17 | 0.19 | 0.29 | 1.20 | 0.13 | 2.662 | 12.043 | 1.221 |
| 28 | GCP01 | GCP02 | 0.12 | 0.14 | 0.10 | 0.32 | 1.69 | 0.14 | 3.836 | 18.626 | 1.931 |
| 29 | GCP12 | GCP16 | 0.20 | 0.19 | 0.20 | 0.65 | 3.24 | 0.39 | 6.072 | 30.722 | 3.588 |
| 30 | GCP12 | GCP08 | 0.20 | 0.25 | 0.26 | 0.65 | 3.96 | 0.47 | 6.072 | 32.661 | 3.782 |
| 31 | GCP09 | GCP08 | 0.22 | 0.21 | 0.21 | 0.28 | 1.33 | 0.13 | 2.476 | 11.899 | 1.156 |
| 32 | GCP09 | GCP13 | 0.07 | 0.07 | 0.09 | 0.15 | 0.60 | 0.08 | 2.385 | 9.340 | 1.154 |
| 33 | GCP09 | GCP05 | 0.43 | 0.48 | 0.42 | 0.46 | 2.28 | 0.21 | 2.921 | 13.567 | 1.314 |
| 34 | GCP13 | GCP14 | 0.24 | 0.25 | 0.23 | 0.49 | 1.91 | 0.19 | 4.129 | 15.648 | 1.659 |
| 35 | GCP22 | GCP20 | 0.30 | 0.37 | 0.41 | 0.25 | 1.60 | 0.21 | 1.918 | 10.794 | 1.370 |
| 36 | GCP19 | GCP20 | 0.25 | 0.33 | 0.41 | 0.27 | 1.72 | 0.21 | 2.199 | 12.355 | 1.361 |
| 37 | GCP20 | GCP21 | 0.51 | 0.43 | 0.47 | 0.49 | 2.52 | 0.26 | 2.830 | 15.924 | 1.584 |
| 38 | GCP17 | GCP20 | 0.30 | 0.22 | 0.31 | 0.35 | 1.32 | 0.17 | 2.620 | 11.638 | 1.281 |
| 39 | GCP11 | GCP10 | 0.44 | 0.44 | 0.42 | 0.45 | 1.63 | 0.21 | 2.835 | 10.153 | 1.322 |
| 40 | GCP15 | GCP17 | 0.34 | 0.34 | 0.43 | 0.32 | 1.48 | 0.21 | 2.277 | 10.459 | 1.291 |
| 41 | GCP15 | GCP11 | 0.29 | 0.41 | 0.46 | 0.26 | 1.33 | 0.20 | 1.963 | 8.595 | 1.197 |
| 42 | GCP28 | GCP22 | 0.33 | 0.34 | 0.11 | 0.67 | 2.37 | 0.57 | 4.836 | 16.694 | 7.094 |
| 43 | GCP27 | GCP22 | 0.25 | 0.27 | 0.11 | 0.48 | 1.65 | 0.32 | 4.026 | 13.248 | 3.885 |
| 44 | GCP24 | GCP26 | 0.49 | 0.47 | 0.46 | 0.51 | 1.36 | 0.19 | 3.011 | 8.197 | 1.169 |
| 45 | GCP22 | GCP26 | 0.48 | 0.54 | 0.50 | 0.52 | 2.24 | 0.32 | 3.116 | 12.614 | 1.863 |
| 46 | GCP25 | GCP26 | 0.37 | 0.39 | 0.40 | 0.31 | 1.04 | 0.15 | 2.107 | 6.877 | 0.978 |
| 47 | GCP25 | GCP24 | 0.42 | 0.39 | 0.34 | 0.47 | 1.20 | 0.16 | 2.987 | 7.932 | 1.160 |
| 48 | GCP27 | GCP26 | 0.90 | 0.83 | 0.89 | 0.95 | 3.54 | 0.60 | 4.144 | 16.046 | 2.630 |

| No | Baseline | | $r_i = (Q_{vv} \times W)$ | | | $\sigma_{ii} = \text{trace}(Q_{ii})$ | | | Marginal Detectabel Error (mm) | | |
|----|----------|-------|---------------------------|------------|------------|--------------------------------------|------|------------|--------------------------------|------------|------------|
| | | | Δx | Δx | Δx | | | Δx | Δx | Δx | Δx |
| 49 | GCP23 | GCP26 | 0.87 | 0.85 | 0.84 | 0.98 | 2.85 | 0.59 | 4.364 | 12.766 | 2.687 |
| 50 | BCOL | GCP15 | 0.76 | 0.70 | 0.70 | 0.40 | 1.72 | 0.24 | 1.883 | 8.485 | 1.206 |
| 51 | GCP06 | GCP10 | 0.77 | 0.77 | 0.68 | 0.93 | 2.62 | 0.38 | 4.369 | 12.291 | 1.907 |

Nilai *marginally detection error* maksimum terdapat pada *baseline* GCP 18-GCP 16, *baseline* GCP 12-GCP 16 dan *baseline* GCP 12-GCP 08 hal ini menunjukkan bahwa pengamatan tersebut memiliki nilai sensitivitas yang rendah terhadap kesalahan *gross error* atau dengan kata lain pengamatan tersebut kurang handal untuk memberikan ketelitian yang baik pada jaringan pemantau deformasi. Sedangkan nilai *marginally detection error* minimum terdapat pada *baseline* BCOL- GCP 11

Keterangan tabel 4.15 :

Langkah-langkah perhitungan nilai *marginally detection error* dari *internal reliability* (kehandalan dalam) adalah sebagai berikut:

1. menghitung nilai *redundancy number* relatif r_i

nilai *redundancy number* relatif r_i diperoleh dari diagonal matrik hasil perkalian matrik residual Q_{vv} dengan matrik bobot W .

$$r_i = \text{trace}(Q_{vv} \times W)$$

$$\text{Matrik } Q_{vv} = W^{-1} - Q_{ll}$$

Q_{ll} Merupakan *matrik covarian* observasi yang diperoleh dari persamaan $(A(A^T P A)^{-1} A^T)$

Sehingga persamaan matrik residual menjadi

$$Q_{vv} = W^{-1} - (A(A^T P A)^{-1} A^T)$$

2. Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai standar deviasi ukuran σ_{li} yang diperoleh dari diagonal matrik *covarian* observasi Q_{ii}

$$\sigma_{li} = \text{trace} (Q_{ii})$$

3. Dilakukan perhitungan nilai λ_o dengan bantuan tabel 3.3 δ_o (Kuang, 1996 ; hal. 140), dengan menentukan nilai δ_o dari nilai β_o, α_o

$$\lambda_o = (\delta_o)^2$$

Nilai δ_o yang diperoleh dari $\beta_o = 80\%$ dan $\alpha_o = 0.1\%$ adalah sebesar 4.13 sehingga nilai $\lambda_o = (4.13)^2 = 17.06$

Prosedur yang direkomendasikan oleh Baarda, 1968 adalah power test yang dipilih yaitu 80% (β_o) dan $\alpha_o = 0.1\%$

4. Memasukkan nilai parameter yang telah dihitung kedalam persamaan :

$$\nabla_o l_i = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}} \sigma_{li}$$

Baseline GCP02 – GCP03 dengan probabilitas 80% dan tingkat signifikan 0.1% dapat mendeteksi kesalahan minimal sebesar :

$$\nabla_o l_i = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}} \sigma_{li} = \sqrt{\frac{17.06}{0.263}} 0,596 = 4,801 \text{ mm}$$

Koefisien $h_{li} = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}}$, menunjukkan sensitivitas dari tes. Nilai dari koefisien h_{li} ini diharapkan sekecil mungkin sehingga untuk memperolehnya, nilai r_i seharusnya besar. Nilai r_i akan berpengaruh terhadap *gross error* yang terdapat pada nilai ukuran l_i yang dicerminkan melalui nilai residual v_i dan akan mengakibatkan lebih mudah diungkap melalui proses ini. Sehingga nilai *redundancy number* r_i yang besar akan menghasilkan nilai batas terendah

$\nabla_{o}l_i$ untuk nilai *internal reliability*. Dengan kata lain akan lebih sensitif dan nilai *gross error* terdeteksi yang akan menjadi lebih minimum.

IV.4.1.2. Internal Reliability Pada Jaring GPS Tahun 2012

Hasil hitungan *internal reliability* (kehandalan dalam) jaringan pada koordinat titik GCP menunjukkan nilai *marginally detection error* pada hasil pengolahan perataan jaringan tahun 2012 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16. *Internal reliability* (kehandalan dalam) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2012 ($\alpha_0 = 0.1\%$, $\beta_0 = 80\%$)

| No | Baseline | | $r_i = (Q_{vv} \times W)$ | | | $\sigma_{ii} = \text{trace}(Q_{ii})$ | | | Marginal Detectabel Error (mm) | | |
|----|----------|--------|---------------------------|------------|------------|--------------------------------------|------------|------------|--------------------------------|------------|------------|
| | | | Δx | Δy | Δz | Δx | Δy | Δz | Δx | Δy | Δz |
| 1 | GCP06 | GCP07 | 0.39 | 0.48 | 0.39 | 0.30 | 1.16 | 0.15 | 1.949 | 6.921 | 0.998 |
| 2 | BCOL | GCP07 | 0.45 | 0.45 | 0.50 | 0.44 | 1.41 | 0.18 | 2.716 | 8.659 | 1.062 |
| 3 | BCOL | GCP02 | 0.85 | 0.84 | 0.80 | 0.64 | 1.98 | 0.29 | 2.859 | 8.951 | 1.346 |
| 4 | GCP05 | GCP06 | 0.14 | 0.24 | 0.22 | 0.14 | 0.62 | 0.07 | 1.533 | 5.178 | 0.625 |
| 5 | BCOL | GCP17 | 0.34 | 0.39 | 0.42 | 0.24 | 0.88 | 0.09 | 1.693 | 5.868 | 0.598 |
| 6 | BCOL | GCP15 | 0.24 | 0.37 | 0.37 | 0.49 | 1.81 | 0.16 | 4.121 | 12.199 | 1.072 |
| 7 | BCOL | GCP25 | 0.30 | 0.28 | 0.27 | 0.35 | 1.41 | 0.12 | 2.623 | 10.954 | 0.922 |
| 8 | GCP26 | GCP25 | 0.06 | 0.08 | 0.05 | 0.08 | 0.45 | 0.04 | 1.405 | 6.628 | 0.675 |
| 9 | GCP03 | GCP02 | 0.36 | 0.36 | 0.19 | 0.41 | 1.43 | 0.29 | 2.804 | 9.787 | 2.796 |
| 10 | GCP06 | GCP02 | 0.46 | 0.55 | 0.61 | 0.34 | 1.16 | 0.19 | 2.079 | 6.442 | 1.024 |
| 11 | GCP03 | GCP07 | 0.20 | 0.20 | 0.63 | 0.29 | 0.97 | 0.45 | 2.625 | 9.079 | 2.343 |
| 12 | GCP11 | GCP10N | 0.43 | 0.56 | 0.40 | 1.46 | 4.27 | 0.29 | 9.245 | 23.664 | 1.896 |
| 13 | GCP06 | GCP10N | 0.39 | 0.45 | 0.37 | 1.20 | 2.68 | 0.23 | 7.915 | 16.540 | 1.558 |
| 14 | GCP11 | GCP07 | 0.72 | 0.67 | 0.72 | 1.35 | 3.76 | 0.33 | 6.539 | 18.899 | 1.627 |
| 15 | GCP01 | GCP02 | 0.44 | 0.62 | 0.26 | 2.02 | 3.17 | 0.60 | 12.558 | 16.589 | 4.909 |
| 16 | GCP05 | GCP08 | 0.70 | 0.67 | 0.48 | 0.59 | 1.07 | 0.19 | 2.887 | 5.423 | 1.111 |
| 17 | GCP05 | GCP02 | 0.83 | 0.74 | 0.59 | 0.43 | 1.38 | 0.20 | 1.944 | 6.646 | 1.093 |
| 18 | GCP4N | GCP8 | 0.52 | 0.37 | 0.45 | 1.38 | 1.24 | 0.55 | 7.918 | 8.401 | 3.337 |
| 19 | GCP4N | GCP01 | 0.31 | 0.17 | 0.46 | 1.76 | 1.87 | 0.78 | 13.000 | 18.968 | 4.787 |
| 20 | GCP4N | GCP5 | 0.55 | 0.45 | 0.67 | 1.29 | 1.23 | 0.55 | 7.151 | 7.547 | 2.764 |
| 21 | GCP06 | GCP17 | 0.55 | 0.55 | 0.47 | 0.45 | 1.30 | 0.13 | 2.536 | 7.241 | 0.806 |
| 22 | GCP09 | GCP14 | 0.67 | 0.80 | 0.72 | 1.07 | 2.56 | 0.28 | 5.393 | 11.822 | 1.370 |
| 23 | GCP09 | GCP06 | 0.80 | 0.83 | 0.67 | 0.38 | 1.15 | 0.16 | 1.771 | 5.198 | 0.825 |
| 24 | GCP09 | GCP05 | 0.36 | 0.36 | 0.58 | 0.31 | 0.77 | 0.15 | 2.157 | 5.272 | 0.807 |
| 25 | GCP09 | GCP08 | 0.40 | 0.56 | 0.61 | 0.49 | 1.12 | 0.19 | 3.173 | 6.162 | 1.009 |
| 26 | GCP17N | GCP17 | 0.08 | 0.07 | 0.11 | 0.08 | 0.23 | 0.04 | 1.242 | 3.572 | 0.439 |
| 27 | GCP14 | GCP17N | 0.63 | 0.58 | 0.62 | 1.07 | 2.43 | 0.31 | 5.538 | 13.204 | 1.606 |
| 28 | GCP20 | GCP17N | 0.31 | 0.25 | 0.29 | 0.34 | 1.08 | 0.11 | 2.501 | 8.902 | 0.863 |
| 29 | GCP14 | GCP19 | 0.64 | 0.61 | 0.66 | 1.30 | 3.30 | 0.41 | 6.718 | 17.480 | 2.067 |
| 30 | GCP19 | GCP20 | 0.21 | 0.20 | 0.17 | 0.39 | 1.36 | 0.13 | 3.498 | 12.609 | 1.318 |
| 31 | GCP14 | GCP13 | 0.55 | 0.44 | 0.44 | 1.29 | 2.47 | 0.27 | 7.184 | 15.375 | 1.708 |
| 32 | GCP8 | GCP13 | 0.77 | 0.70 | 0.62 | 1.00 | 1.86 | 0.24 | 4.689 | 9.183 | 1.283 |
| 33 | GCP13 | GCP09 | 0.44 | 0.38 | 0.35 | 0.81 | 1.40 | 0.16 | 5.011 | 9.463 | 1.132 |
| 34 | GCP12N | GCP08 | 0.38 | 0.45 | 0.57 | 1.79 | 6.68 | 1.57 | 12.019 | 40.890 | 8.623 |
| 35 | GCP16 | GCP12N | 0.16 | 0.21 | 0.23 | 1.02 | 4.53 | 1.12 | 10.543 | 40.437 | 9.702 |
| 36 | GCP16 | GCP13 | 0.40 | 0.44 | 0.37 | 1.74 | 5.39 | 0.91 | 11.337 | 33.635 | 6.186 |
| 37 | GCP18 | GCP16 | 0.55 | 0.36 | 0.34 | 5.17 | 8.27 | 1.28 | 28.738 | 56.776 | 9.043 |
| 38 | GCP18 | GCP13 | 0.88 | 0.78 | 0.56 | 5.08 | 9.12 | 1.42 | 22.415 | 42.564 | 7.808 |

| No | Baseline | | $r_i = (Q_{vv} \times W)$ | | | $\sigma_{ii} = \text{trace}(Q_{ii})$ | | | Marginal Detectabel Error (mm) | | |
|----|----------|--------|---------------------------|------------|------------|--------------------------------------|-------|------------|--------------------------------|------------|--------|
| | | | Δx | Δy | Δz | | | Δx | Δy | Δz | |
| | | | | | | | | | | | |
| 39 | GCP18 | GCP19 | 0.77 | 0.92 | 0.95 | 5.00 | 10.79 | 1.78 | 23.503 | 46.492 | 7.521 |
| 40 | GCP11 | GCP15 | 0.39 | 0.36 | 0.33 | 1.20 | 3.12 | 0.24 | 7.929 | 21.552 | 1.748 |
| 41 | GCP17N | GCP10N | 0.82 | 0.61 | 0.77 | 1.40 | 2.86 | 0.28 | 6.363 | 15.166 | 1.320 |
| 42 | GCP17N | GCP15 | 0.83 | 0.68 | 0.70 | 0.67 | 2.13 | 0.19 | 3.028 | 10.649 | 0.964 |
| 43 | GCP20 | GCP23 | 0.70 | 0.77 | 0.78 | 0.59 | 2.96 | 0.37 | 2.914 | 13.892 | 1.709 |
| 44 | GCP20 | GCP22 | 0.61 | 0.67 | 0.64 | 0.57 | 2.77 | 0.29 | 3.008 | 13.941 | 1.484 |
| 45 | GCP22 | GCP19 | 0.66 | 0.71 | 0.66 | 0.75 | 3.40 | 0.34 | 3.826 | 16.718 | 1.751 |
| 46 | GCP23 | GCP18 | 0.62 | 0.63 | 0.90 | 4.93 | 10.49 | 1.94 | 25.880 | 54.758 | 8.446 |
| 47 | GCP23 | GCP22 | 0.66 | 0.70 | 0.78 | 0.76 | 3.44 | 0.49 | 3.850 | 16.924 | 2.282 |
| 48 | GCP21N | GCP15 | 0.72 | 0.87 | 0.85 | 3.83 | 13.10 | 0.74 | 18.653 | 57.851 | 3.303 |
| 49 | GCP25 | GCP20 | 0.56 | 0.71 | 0.48 | 0.36 | 1.81 | 0.13 | 1.969 | 8.882 | 0.785 |
| 50 | GCP25 | GCP21N | 0.29 | 0.17 | 0.15 | 3.44 | 10.78 | 0.55 | 26.483 | 108.527 | 5.930 |
| 51 | GCP26 | GCP22 | 0.63 | 0.51 | 0.62 | 0.63 | 2.60 | 0.31 | 3.295 | 15.039 | 1.619 |
| 52 | GCP23 | GCP26 | 0.66 | 0.68 | 0.53 | 0.49 | 2.14 | 0.30 | 2.484 | 10.713 | 1.715 |
| 53 | GCP26 | GCP27N | 0.13 | 0.19 | 0.14 | 2.51 | 4.26 | 0.55 | 28.745 | 39.903 | 5.985 |
| 54 | GCP28 | GCP23 | 0.71 | 0.57 | 0.82 | 4.65 | 6.92 | 1.11 | 22.814 | 37.912 | 5.054 |
| 55 | GCP28 | GCP27N | 0.15 | 0.19 | 0.14 | 2.77 | 4.26 | 0.55 | 29.883 | 39.903 | 5.985 |
| 56 | GCP25 | GCP23 | 0.67 | 0.66 | 0.79 | 0.48 | 2.12 | 0.31 | 2.413 | 10.802 | 1.428 |
| 57 | GCP24N | GCP23 | 0.23 | 0.23 | 0.30 | 12.37 | 30.42 | 3.10 | 107.228 | 260.038 | 23.568 |
| 58 | GCP28 | GCP22 | 0.99 | 0.95 | 0.81 | 4.96 | 8.36 | 1.11 | 20.565 | 35.479 | 5.094 |
| 59 | GCP24N | GCP21N | 0.72 | 0.69 | 0.65 | 14.36 | 36.60 | 3.41 | 70.140 | 182.494 | 17.541 |

Nilai *marginally detection error* maksimum terdapat pada *baseline* GCP24N- GCP 23, *baseline* GCP 25- GCP21N dan *baseline* GCP 24N- GCP 21N hal ini menunjukkan bahwa pengamatan tersebut memiliki nilai sensitivitas yang rendah terhadap kesalahan *gross error* atau dengan kata lain pengamatan tersebut kurang handal untuk memberikan ketelitian yang baik pada jaringan pemantau deformasi. Sedangkan nilai *marginally detection error* minimum terdapat pada *baseline* GCP05- GCP 06 dan GCP09- GCP 06, hal ini menunjukkan sebaliknya.

Keterangan tabel 4.16 :

Langkah-langkah perhitungan nilai *marginally detection error* dari internal reliability (kehandalan dalam) adalah sebagai berikut:

1. menghitung nilai *redundancy number* relatif r_i

nilai *redundancy number* relatif r_i diperoleh dari diagonal matrik hasil perkalian matrik residual Q_{vv} dengan matrik bobot W .

$$r_i = \text{trace} (Q_{vv} \times W)$$

Matrik $Q_{vv} = W^{-1} - Q_{ll}$

Q_{ll} Merupakan matrik kovarian observasi yang diperoleh dari persamaan $(A(A^T P A)^{-1} A^T)$

Sehingga persamaan matrik residual menjadi

$$Q_{vv} = W^{-1} - (A(A^T P A)^{-1} A^T)$$

2. Dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai standar deviasi ukuran σ_{li} yang diperoleh dari diagonal matrik kovarian observasi Q_{ll}

$$\sigma_{li} = \text{trace} (Q_{ll})$$

3. Dilakukan perhitungan nilai λ_o dengan bantuan tabel 3.3 δ_o (Kuang, 1996 ; hal. 140)

dengan menentukan nilai δ_o dari nilai $\beta_o, \alpha_o =$

$$\lambda_o = (\delta_o)^2$$

Nilai δ_o yang diperoleh dari $\beta_o = 80\%$ dan $\alpha_o = 0.1\%$ adalah sebesar 4.13 sehingga nilai $\lambda_o = (4.13)^2 = 17.06$

Prosedur yang direkomendasikan oleh Baarda, 1968 adalah power test yang dipilih yaitu 80% (β_o) dan $\alpha_o = 0.1\%$

4. Memasukkan nilai parameter yang telah dihitung kedalam persamaan :

$$\nabla_o l_i = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}} \sigma_{li}$$

Baseline GCP02 – GCP03 dengan probabilitas 80% dan tingkat signifikan 0.1% dapat mendeteksi kesalahan minimal sebesar :

$$\nabla_o l_i = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}} \sigma_{li} = \sqrt{\frac{17.06}{0.39}} \sigma_{li} = 6.614 \times 0.296 = 1,949 \text{ mm}$$

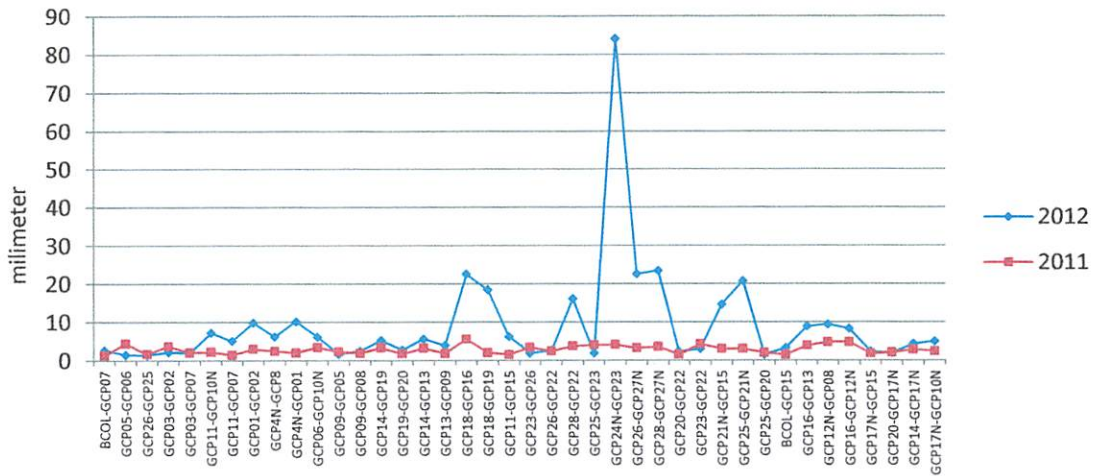
Koefisien $h_{li} = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}}$, menunjukkan sensitivitas dari tes. Nilai dari koefisien h_{li} ini diharapkan sekecil mungkin sehingga untuk memperolehnya, nilai r_i seharusnya besar. Nilai r_i akan berpengaruh terhadap *gross error* yang terdapat pada nilai ukuran l_i yang diceriminkan sesuai nilai residual v_i dan akan mengakibatkan *gross error* lebih mudah diungkap melalui proses ini.

Sehingga nilai *redundancy number* r_i yang besar akan menghasilkan nilai batas terendah $\nabla_o l_i$ untuk nilai *internal reliability*. Dengan kata lain *internal reliability* akan lebih sensitif dan nilai *gross error* terdeteksi akan menjadi lebih minimum.

Tabel.4.17 Nilai *internal reliability* (kehandalan dalam) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2012 dan tahun 2011 ($\alpha=0.1\%$, $\beta=80\%$)

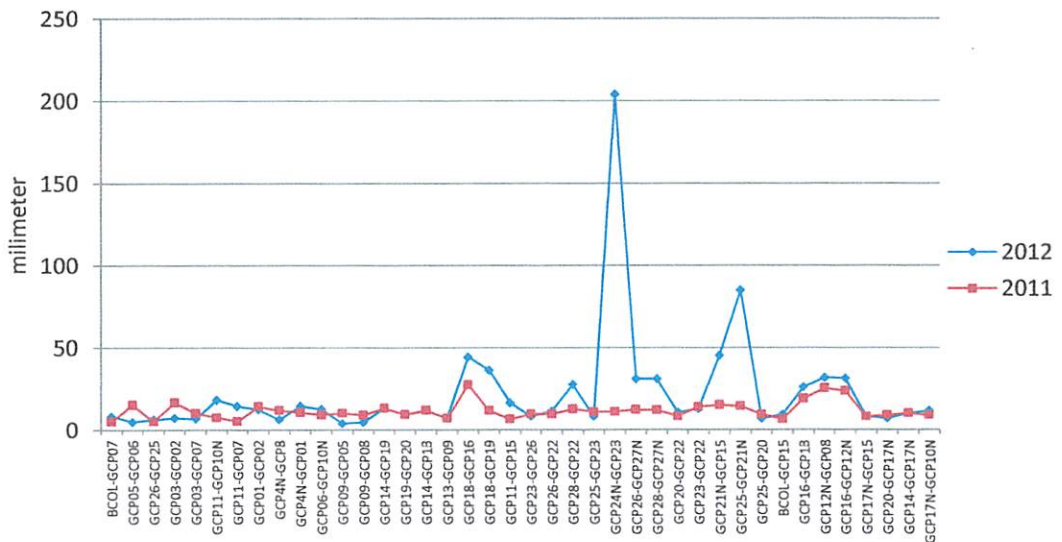
| No | Baseline 2012 | | ri=(Qvv x W) | | | $\sigma_{ii}=trace(Q_{ii})$ | | | Marginal Detectabel Error (mm) | | | No | Baseline 2011 | | ri=(Qvv x W) | | | $\sigma_{ii}=trace(Q_{ii})$ | | | Marginal Detectabel Error (mm) | | |
|----|------------------|--------|--------------|------------|------------|-----------------------------|------------|------------|-----------------------------------|------------|------------|----|------------------|-------|--------------|------------|------------|-----------------------------|------------|------------|-----------------------------------|------------|------------|
| | | | Δx | Δy | Δz | Δx | Δy | Δz | Δx | Δy | Δz | | | | Δx | Δy | Δz | Δx | Δy | Δz | Δx | Δy | Δz |
| 1 | BCOL | GCP07 | 0.45 | 0.45 | 0.50 | 0.44 | 1.41 | 0.18 | 2.716 | 8.659 | 1.062 | 1 | BCOL | GCP07 | 0.44 | 0.38 | 0.39 | 0.27 | 1.04 | 0.15 | 1.332 | 5.447 | 0.801 |
| 2 | GCP05 | GCP06 | 0.14 | 0.24 | 0.22 | 0.14 | 0.62 | 0.07 | 1.533 | 5.178 | 0.625 | 2 | GCP06 | GCP05 | 0.62 | 0.68 | 0.60 | 1.09 | 3.97 | 0.48 | 4.453 | 15.625 | 2.013 |
| 3 | GCP26 | GCP25 | 0.06 | 0.08 | 0.05 | 0.08 | 0.45 | 0.04 | 1.405 | 6.628 | 0.675 | 3 | GCP25 | GCP26 | 0.37 | 0.39 | 0.40 | 0.31 | 1.04 | 0.15 | 1.653 | 5.395 | 0.767 |
| 4 | GCP03 | GCP02 | 0.36 | 0.36 | 0.19 | 0.41 | 1.43 | 0.29 | 2.200 | 7.678 | 2.194 | 4 | GCP02 | GCP03 | 0.26 | 0.26 | 0.22 | 0.60 | 2.68 | 0.28 | 3.766 | 17.118 | 1.971 |
| 5 | GCP03 | GCP07 | 0.20 | 0.20 | 0.63 | 0.29 | 0.97 | 0.45 | 2.059 | 7.122 | 1.838 | 5 | GCP07 | GCP03 | 0.53 | 0.62 | 0.66 | 0.47 | 2.57 | 0.41 | 2.107 | 10.600 | 1.621 |
| 6 | GCP11 | GCP10N | 0.43 | 0.56 | 0.40 | 1.46 | 4.27 | 0.29 | 7.253 | 18.565 | 1.488 | 6 | GCP11 | GCP10 | 0.44 | 0.44 | 0.42 | 0.45 | 1.63 | 0.21 | 2.224 | 7.965 | 1.037 |
| 7 | GCP11 | GCP07 | 0.72 | 0.67 | 0.72 | 1.35 | 3.76 | 0.33 | 5.130 | 14.827 | 1.276 | 7 | GCP11 | GCP07 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.32 | 1.22 | 0.17 | 1.443 | 5.966 | 0.782 |
| 8 | GCP01 | GCP02 | 0.44 | 0.62 | 0.26 | 2.02 | 3.17 | 0.60 | 9.852 | 13.015 | 3.851 | 8 | GCP01 | GCP02 | 0.12 | 0.14 | 0.10 | 0.32 | 1.69 | 0.14 | 3.010 | 14.612 | 1.515 |
| 9 | GCP4N | GCP8 | 0.52 | 0.37 | 0.45 | 1.38 | 1.24 | 0.55 | 6.212 | 6.591 | 2.618 | 9 | GCP08 | GCP04 | 0.32 | 0.29 | 0.27 | 0.44 | 2.04 | 0.18 | 2.498 | 12.237 | 1.142 |
| 10 | GCP4N | GCP01 | 0.31 | 0.17 | 0.46 | 1.76 | 1.87 | 0.78 | 10.199 | 14.881 | 3.756 | 10 | GCP01 | GCP04 | 0.12 | 0.17 | 0.17 | 0.22 | 1.40 | 0.13 | 2.007 | 10.967 | 1.035 |
| 11 | GCP06 | GCP10N | 0.39 | 0.45 | 0.37 | 1.20 | 2.68 | 0.23 | 6.210 | 12.976 | 1.223 | 11 | GCP06 | GCP10 | 0.77 | 0.77 | 0.68 | 0.93 | 2.62 | 0.38 | 3.428 | 9.643 | 1.496 |
| 12 | GCP09 | GCP05 | 0.36 | 0.36 | 0.58 | 0.31 | 0.77 | 0.15 | 1.692 | 4.136 | 0.633 | 12 | GCP09 | GCP05 | 0.43 | 0.48 | 0.42 | 0.46 | 2.28 | 0.21 | 2.291 | 10.644 | 1.031 |
| 13 | GCP09 | GCP08 | 0.40 | 0.56 | 0.61 | 0.49 | 1.12 | 0.19 | 2.489 | 4.835 | 0.791 | 13 | GCP09 | GCP08 | 0.22 | 0.21 | 0.21 | 0.28 | 1.33 | 0.13 | 1.942 | 9.335 | 0.907 |
| 14 | GCP14 | GCP19 | 0.64 | 0.61 | 0.66 | 1.30 | 3.30 | 0.41 | 5.271 | 13.713 | 1.622 | 14 | GCP19 | GCP14 | 0.55 | 0.59 | 0.50 | 0.76 | 3.24 | 0.32 | 3.309 | 13.686 | 1.448 |
| 15 | GCP19 | GCP20 | 0.21 | 0.20 | 0.17 | 0.39 | 1.36 | 0.13 | 2.744 | 9.892 | 1.034 | 15 | GCP19 | GCP20 | 0.25 | 0.33 | 0.41 | 0.27 | 1.72 | 0.21 | 1.725 | 9.692 | 1.068 |
| 16 | GCP14 | GCP13 | 0.55 | 0.44 | 0.44 | 1.29 | 2.47 | 0.27 | 5.636 | 12.062 | 1.340 | 16 | GCP13 | GCP14 | 0.24 | 0.25 | 0.23 | 0.49 | 1.91 | 0.19 | 3.239 | 12.277 | 1.302 |
| 17 | GCP13 | GCP09 | 0.44 | 0.38 | 0.35 | 0.81 | 1.40 | 0.16 | 3.931 | 7.424 | 0.888 | 17 | GCP09 | GCP13 | 0.07 | 0.07 | 0.09 | 0.15 | 0.60 | 0.08 | 1.871 | 7.327 | 0.905 |
| 18 | GCP18 | GCP16 | 0.55 | 0.36 | 0.34 | 5.17 | 8.27 | 1.28 | 22.545 | 44.542 | 7.094 | 18 | GCP18 | GCP16 | 0.38 | 0.38 | 0.33 | 1.05 | 5.25 | 0.54 | 5.545 | 27.721 | 3.060 |
| 19 | GCP18 | GCP19 | 0.77 | 0.92 | 0.95 | 5.00 | 10.79 | 1.78 | 18.438 | 36.474 | 5.900 | 19 | GCP19 | GCP18 | 0.54 | 0.50 | 0.44 | 0.46 | 2.64 | 0.28 | 2.002 | 12.066 | 1.349 |
| 20 | GCP11 | GCP15 | 0.39 | 0.36 | 0.33 | 1.20 | 3.12 | 0.24 | 6.221 | 16.908 | 1.371 | 20 | GCP15 | GCP11 | 0.29 | 0.41 | 0.46 | 0.26 | 1.33 | 0.20 | 1.540 | 6.743 | 0.939 |
| 21 | GCP23 | GCP26 | 0.66 | 0.68 | 0.53 | 0.49 | 2.14 | 0.30 | 1.949 | 8.405 | 1.346 | 21 | GCP23 | GCP26 | 0.87 | 0.85 | 0.84 | 0.98 | 2.85 | 0.59 | 3.423 | 10.015 | 2.108 |
| 22 | GCP26 | GCP22 | 0.63 | 0.51 | 0.62 | 0.63 | 2.60 | 0.31 | 2.585 | 11.799 | 1.270 | 22 | GCP22 | GCP26 | 0.48 | 0.54 | 0.50 | 0.52 | 2.24 | 0.32 | 2.445 | 9.896 | 1.462 |
| 23 | GCP28 | GCP22 | 0.99 | 0.95 | 0.81 | 4.96 | 8.36 | 1.11 | 16.133 | 27.834 | 3.996 | 23 | GCP28 | GCP22 | 0.33 | 0.34 | 0.11 | 0.67 | 2.37 | 0.57 | 3.794 | 13.097 | 5.565 |
| 24 | GCP25 | GCP23 | 0.67 | 0.66 | 0.79 | 0.48 | 2.12 | 0.31 | 1.893 | 8.474 | 1.120 | 24 | GCP23 | GCP25 | 0.49 | 0.53 | 0.55 | 0.87 | 2.51 | 0.55 | 4.012 | 11.222 | 2.389 |
| 25 | GCP24N | GCP23 | 0.23 | 0.23 | 0.30 | 12.37 | 30.42 | 3.10 | 84.123 | 204.005 | 18.490 | 25 | GCP23 | GCP24 | 0.73 | 0.66 | 0.70 | 1.08 | 2.86 | 0.60 | 4.109 | 11.395 | 2.312 |
| 26 | GCP26 | GCP27N | 0.13 | 0.19 | 0.14 | 2.51 | 4.26 | 0.55 | 22.551 | 31.305 | 4.695 | 26 | GCP27 | GCP26 | 0.90 | 0.83 | 0.89 | 0.95 | 3.54 | 0.60 | 3.251 | 12.589 | 2.064 |
| 27 | GCP28 | GCP27N | 0.15 | 0.19 | 0.14 | 2.77 | 4.26 | 0.55 | 23.444 | 31.305 | 4.695 | 27 | GCP27 | GCP28 | 0.47 | 0.46 | 0.83 | 0.76 | 2.61 | 0.81 | 3.572 | 12.459 | 2.891 |
| 28 | GCP20 | GCP22 | 0.61 | 0.67 | 0.64 | 0.57 | 2.77 | 0.29 | 2.360 | 10.937 | 1.164 | 28 | GCP22 | GCP20 | 0.30 | 0.37 | 0.41 | 0.25 | 1.60 | 0.21 | 1.504 | 8.468 | 1.075 |
| 29 | GCP23 | GCP22 | 0.66 | 0.70 | 0.78 | 0.76 | 3.44 | 0.49 | 3.021 | 13.277 | 1.790 | 29 | GCP23 | GCP22 | 0.70 | 0.68 | 0.75 | 1.10 | 3.66 | 0.72 | 4.257 | 14.327 | 2.676 |
| 30 | GCP21N | GCP15 | 0.72 | 0.87 | 0.85 | 3.83 | 13.10 | 0.74 | 14.634 | 45.386 | 2.591 | 30 | GCP15 | GCP21 | 0.47 | 0.65 | 0.46 | 0.64 | 3.85 | 0.35 | 3.020 | 15.529 | 1.664 |
| 31 | GCP25 | GCP21N | 0.29 | 0.17 | 0.15 | 3.44 | 10.78 | 0.55 | 20.777 | 85.142 | 4.652 | 31 | GCP25 | GCP21 | 0.47 | 0.54 | 0.54 | 0.64 | 3.36 | 0.38 | 2.995 | 14.856 | 1.667 |
| 32 | GCP25 | GCP20 | 0.56 | 0.71 | 0.48 | 0.36 | 1.81 | 0.13 | 1.545 | 6.968 | 0.616 | 32 | GCP25 | GCP20 | 0.65 | 0.60 | 0.56 | 0.51 | 2.30 | 0.28 | 2.032 | 9.612 | 1.224 |
| 33 | BCOL | GCP15 | 0.24 | 0.37 | 0.37 | 0.49 | 1.81 | 0.16 | 3.233 | 9.571 | 0.841 | 33 | BCOL | GCP15 | 0.76 | 0.70 | 0.70 | 0.40 | 1.72 | 0.24 | 1.477 | 6.657 | 0.946 |
| 34 | GCP16 | GCP13 | 0.40 | 0.44 | 0.37 | 1.74 | 5.39 | 0.91 | 8.894 | 26.388 | 4.853 | 34 | GCP13 | GCP16 | 0.88 | 0.86 | 0.89 | 1.12 | 5.57 | 0.64 | 3.865 | 19.508 | 2.189 |
| 35 | GCP12N | GCP08 | 0.38 | 0.45 | 0.57 | 1.79 | 6.68 | 1.57 | 9.429 | 32.079 | 6.765 | 35 | GCP12 | GCP08 | 0.20 | 0.25 | 0.26 | 0.65 | 3.96 | 0.47 | 4.764 | 25.623 | 2.967 |
| 36 | GCP16 | GCP12N | 0.16 | 0.21 | 0.23 | 1.02 | 4.53 | 1.12 | 8.271 | 31.723 | 7.611 | 36 | GCP12 | GCP16 | 0.20 | 0.19 | 0.20 | 0.65 | 3.24 | 0.39 | 4.764 | 24.102 | 2.815 |
| 37 | GCP17N | GCP15 | 0.83 | 0.68 | 0.70 | 0.67 | 2.13 | 0.19 | 2.376 | 8.354 | 0.756 | 37 | GCP15 | GCP17 | 0.34 | 0.34 | 0.43 | 0.32 | 1.48 | 0.21 | 1.787 | 8.205 | 1.013 |
| 38 | GCP20 | GCP17N | 0.31 | 0.25 | 0.29 | 0.34 | 1.08 | 0.11 | 1.962 | 6.984 | 0.677 | 38 | GCP17 | GCP20 | 0.30 | 0.22 | 0.31 | 0.35 | 1.32 | 0.17 | 2.055 | 9.130 | 1.005 |
| 39 | GCP14 | GCP17N | 0.63 | 0.58 | 0.62 | 1.07 | 2.43 | 0.31 | 4.345 | 10.359 | 1.260 | 39 | GCP17 | GCP14 | 0.60 | 0.46 | 0.41 | 0.67 | 2.17 | 0.21 | 2.803 | 10.378 | 1.089 |
| 40 | GCP17N | GCP10N | 0.82 | 0.61 | 0.77 | 1.40 | 2.86 | 0.28 | 4.992 | 11.898 | 1.035 | 40 | GCP17 | GCP10 | 0.55 | 0.51 | 0.49 | 0.55 | 1.97 | 0.25 | 2.394 | 8.939 | 1.146 |

Gambar 4.7. Grafik Nilai Internal Reliability pada komponen vektor baseline dX



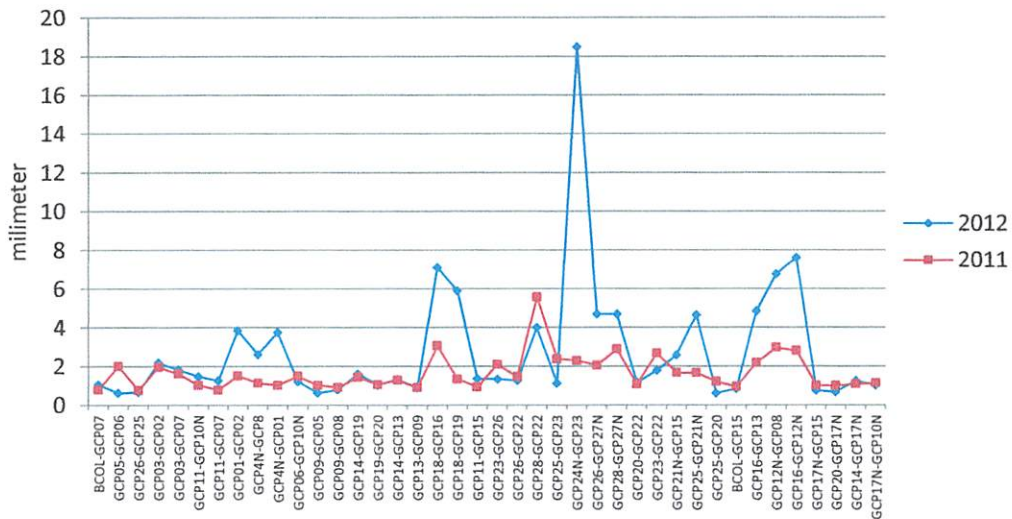
Pada komponen X nilai *internal reliability* yang dihasilkan pada jaringan tahun 2011 dan 2012 terdapat perbedaan yang signifikan. Dari 40 baseline yang saling bertampalan, terdapat 30 baseline pada jaringan 2012 memiliki nilai *internal reliability* yang lebih besar daripada jaringan tahun 2011 dan sisanya 10 baseline adalah sebaliknya.

Gambar 4.8. Grafik Nilai Internal Reliability pada komponen vektor baseline dY



Pada komponen Y nilai *internal reliability* yang dihasilkan pada jaring tahun 2011 dan 2012 terdapat perbedaan yang signifikan. Dari 40 baseline yang saling bertampalan, terdapat 26 baseline pada jaring 2012 memiliki nilai *internal reliability* yang lebih besar daripada jaringan tahun 2011 dan sisanya 14 baseline adalah sebaliknya.

Gambar 4.9. Grafik Nilai Internal Reliability pada komponen vektor baseline dZ



Pada komponen Z nilai *internal reliability* yang dihasilkan pada jaring tahun 2011 dan 2012 terdapat perbedaan yang signifikan. Dari 40 baseline yang saling bertampalan, terdapat 23 baseline pada jaring 2012 memiliki nilai *internal reliability* yang lebih besar daripada jaringan tahun 2011 dan sisanya 17 baseline adalah sebaliknya.

Perhitungan nilai *marginaly detection error* pada jaringan tahun 2011 dan 2012 sesuai tabel 4.17 tersebut dilakukan sesuai *significant level* $\alpha_o = 0.1\%$ dan *power test* $\beta_o=80\%$. Dari 40 *baseline* yang bertampalan menghasilkan sebanyak 29 *baseline* (72,5 %) dari jaringan tahun 2011 memiliki nilai sensitivitas lebih

baik daripada jaringan tahun 2012 , sedangkan sisanya 11 *baseline* (27,5 %) pada jaringan tahun 2012 memiliki nilai sensitivitas lebih baik daripada jaringan tahun 2011. Sehingga dalam kasus ini nilai *internal reliability* pada jaringan tahun 2011 menunjukkan sensitivitas yang lebih baik daripada tahun 2012.

IV. 4.2. Eksternal reliability

Eksternal reliability menyatakan besarnya pengaruh dari kesalahan *gross error* yang tidak terdeteksi pada koordinat titik-titik dalam jaringan. Hasil hitungan *eksternal reliability* pada perataan terkendala minimal (*minimal constraint*) jaringan tahun 2011 dan tahun 2012 ditunjukkan pada tabel 4.18 dan tabel 4.19.

IV.4.2.1. Eksternal reliability Pada Jaring GPS Tahun 2011

Hasil hitungan *eksternal reliability* (kehandalan luar) jaringan pada koordinat titik GCP menunjukkan nilai efek dari *marginally detection error* pada hasil pengolahan perataan jaringan tahun 2012 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.18. Eksternal Reliability (Kehandalan luar) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2011 ($\alpha = 0.1\%$, $\beta = 80\%$)

| No | Titik | $V_{o,x_i} = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P V_o t_i$ | | |
|----|-------|--|-----------|-----------|
| | | X (mm) | Y (mm) | Z (mm) |
| 1 | GCP01 | -0.06949 | 0.353501 | 0.449018 |
| 2 | GCP02 | 2.659928 | 13.3478 | 2.007471 |
| 3 | GCP03 | 4.969756 | 24.79539 | 3.682344 |
| 4 | GCP04 | 3.054001 | 17.76359 | 2.066369 |
| 5 | GCP05 | 2.886433 | 13.60974 | 1.744089 |
| 6 | GCP06 | 2.942839 | 13.26129 | 1.330226 |
| 7 | GCP07 | 2.122158 | 8.783662 | 1.278679 |
| 8 | GCP08 | 1.316142 | 8.033223 | 1.076237 |
| 9 | GCP09 | -0.97989 | -3.28536 | -0.04325 |
| 10 | GCP10 | 3.834945 | 15.04975 | 2.084193 |
| 11 | GCP11 | 0.734066 | 3.619389 | 0.553122 |
| 12 | GCP12 | -3.33072 | -15.7038 | -1.66009 |
| 13 | GCP13 | 1.224454 | 5.353921 | 0.960364 |
| 14 | GCP14 | 4.772172 | 18.76316 | 2.247185 |
| 15 | GCP15 | -0.84613 | -2.50407 | -0.11927 |

| No | Titik | $\nabla_o x_i = (A^T P A)^{-1} A^T P \nabla_o l_i$ | | |
|----|--------|--|-----------|-----------|
| | | X (mm) | Y (mm) | Z (mm) |
| 16 | GCP16 | 4.16653 | 21.7656 | 2.728729 |
| 17 | GCP17N | 0.686151 | 4.523752 | 0.727193 |
| 18 | GCP18 | -0.30099 | -1.23306 | 0.008488 |
| 19 | GCP19 | -0.46761 | -3.55707 | -0.31834 |
| 20 | GCP20 | 2.372669 | 13.52395 | 1.661165 |
| 21 | GCP21 | 4.177326 | 25.08282 | 2.677267 |
| 22 | GCP22 | 0.861998 | 5.764478 | 0.752954 |
| 23 | GCP23 | -4.08193 | -8.15084 | -2.12003 |
| 24 | GCP24 | 1.828052 | 8.840676 | 1.22125 |
| 25 | GCP25 | 0.294108 | 4.147823 | 0.468302 |
| 26 | GCP26 | 3.21318 | 13.5575 | 1.876852 |
| 27 | GCP27 | -4.11062 | -10.8459 | -3.38906 |
| 28 | GCP28 | -2.16407 | -4.10894 | -5.56557 |

Seperti yang ditunjukkan tabel 4.18, nilai minimum $\nabla_o x_i$ diperoleh oleh titik GCP01 yaitu -0.07 untuk komponen X, 0.35 untuk komponen Y dan 0.45 untuk komponen Z. Sedangkan nilai maksimum $\nabla_o x_i$ diperoleh oleh titik GCP21 yaitu 4.18 untuk komponen X, 25.08 untuk komponen Y dan 2.68 untuk komponen Z.

Keterangan tabel 4.18 :

Rumus untuk menghitung efek yang diakibatkan oleh nilai *marginaly detection error* adalah

$$\nabla_o x_i = (A^T P A)^{-1} A^T P \nabla_o l_i$$

Langkah perhitungan nilai efek dari *marginaly detection error* atau *eksternal reliability* (kehandalan luar) adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan matrik $(A^T P A)^{-1}$
2. Dilakukan perhitungan *marginal detectabel error* menggunakan

persamaan $\nabla_o l_i = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}} \sigma_{li}$

3. Dilakukan perhitungan matrik $A^T P \nabla_o l_i$

4. Memasukkan nilai parameter yang telah dihitung kedalam persamaan $\nabla_o x_i = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \nabla_o l_i$
5. Efek yang diakibatkan oleh besarnya *error* terdeteksi yang dinyatakan oleh nilai *marginal detectabel error* terhadap parameter yang di cari dapat dilihat pada tabel 4.18.
6. Dengan probabilitas 80% dan tingkat signifikan 0.1%, efek yang diakibatkan oleh *error* yang dapat dideteksi terhadap koordinat titik GCP 01 adalah -0.07 mm terhadap X, 0.35 mm terhadap Y dan 0.45 mm terhadap Z.

IV.4.2.2. Eksternal reliability Pada Jaring GPS Tahun 2012

Hasil hitungan *eksternal reliability* (kehandalan luar) jaringan pada koordinat titik GCP menunjukkan nilai *marginaly detection error* pada hasil pengolahan perataan jaringan tahun 2012 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.19. *Eksternal reliability* (Kehandalan luar) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2012 ($\alpha = 0.1\%$, $\beta = 80\%$)

| No | Titik | $\nabla_o x_i = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \nabla_o l_i$ | | |
|----|--------|--|-----------|-----------|
| | | X (mm) | Y (mm) | Z (mm) |
| 1 | GCP01 | -1.8303 | 9.722 | -1.9727 |
| 2 | GCP02 | 3.62481 | 13.047 | 1.5004 |
| 3 | GCP03 | 0.60375 | 2.6989 | -1.2584 |
| 4 | GCP04N | -9.7932 | -5.698 | -4.2077 |
| 5 | GCP05 | -0.2757 | 2.408 | -0.281 |
| 6 | GCP06 | 1.10346 | 5.9938 | 0.2985 |
| 7 | GCP07 | 3.10704 | 11.476 | 1.2095 |
| 8 | GCP08 | 1.44484 | 5.3087 | 0.2141 |
| 9 | GCP09 | -1.6433 | -0.157 | -0.5504 |
| 10 | GCP10N | 8.16097 | 21.406 | 1.812 |
| 11 | GCP11 | -2.1964 | -4.979 | -0.2177 |
| 12 | GCP12N | -4.3377 | -3.025 | -0.4137 |
| 13 | GCP13 | -1.4009 | -0.379 | -0.6401 |
| 14 | GCP14 | -4.126 | -10.86 | -1.4062 |
| 15 | GCP15 | 5.38121 | 16.226 | 1.4916 |
| 16 | GCP16 | -12.27 | -28.15 | -6.9265 |
| 17 | GCP17 | 2.81186 | 9.7937 | 1.0189 |
| 18 | GCP17N | 1.77477 | 6.6053 | 0.671 |
| 19 | GCP18 | -14.191 | -42.58 | -11.766 |

| No | Titik | $\nabla_o x_i = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \nabla_o l_i$ | | |
|----|--------|--|-----------|-----------|
| | | X (mm) | Y (mm) | Z (mm) |
| 20 | GCP19 | -1.067 | -4.904 | -0.4078 |
| 21 | GCP20 | 0.38034 | 1.2716 | 0.3267 |
| 22 | GCP21N | 13.2064 | 80.081 | 4.7071 |
| 23 | GCP22 | 1.18386 | 5.7776 | 0.7025 |
| 24 | GCP23 | -0.8725 | -3.438 | -0.4444 |
| 25 | GCP24N | -95.773 | -222.6 | -20.497 |
| 26 | GCP25 | -0.1866 | 0.0675 | 0.1498 |
| 27 | GCP26 | -1.5149 | -6.48 | -0.4791 |
| 28 | GCP27N | 24.4423 | 26.306 | 4.841 |
| 29 | GCP28 | -8.566 | -20.71 | -1.8087 |

Seperti yang ditunjukkan tabel 4.19, nilai minimum $\nabla_o x_i$ diperoleh oleh titik GCP25 yaitu -0.19 untuk komponen X, 0.07 untuk komponen Y dan 0.15 untuk komponen Z. Sedangkan nilai maksimum $\nabla_o x_i$ diperoleh oleh titik GCP24N yaitu -95.77 untuk komponen X, -222.60 untuk komponen Y dan -20.50 untuk komponen Z.

Keterangan tabel 4.19 :

Rumus menghitung efek yang diakibatkan oleh nilai *marginaly detection error* adalah

$$\nabla_o x_i = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \nabla_o l_i$$

Langkah perhitungan nilai efek dari *marginaly detection error* atau *eksternal reliability* (kehandalan luar) adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan matrik *covarian* $(A^T P A)^{-1}$
2. Dilakukan perhitungan *marginal detectabel error* menggunakan

$$\text{persamaan } \nabla_o l_i = \sqrt{\frac{\lambda_o(\alpha_o, \beta_o)}{r_i}} \sigma_{ii}$$

3. Dilakukan perhitungan matrik $A^T P \nabla_o l_i$
4. Memasukkan nilai parameter yang telah dihitung kedalam persamaan $\nabla_o x_i = (A^T P A)^{-1} \cdot A^T P \nabla_o l_i$

5. Efek yang diakibatkan oleh besarnya *error* terdeteksi yang dinyatakan oleh nilai *marginal detectabel error* terhadap parameter yang di cari dapat dilihat pada tabel 4.19 diatas.
6. Dengan probabilitas 80% dan tingkat signifikan 0.1%, efek yang diakibatkan oleh *error* yang dapat dideteksi terhadap koordinat titik GCP 01 adalah 1.83 mm terhadap X, 9.72 mm terhadap Y dan 1.97 mm terhadap Z.

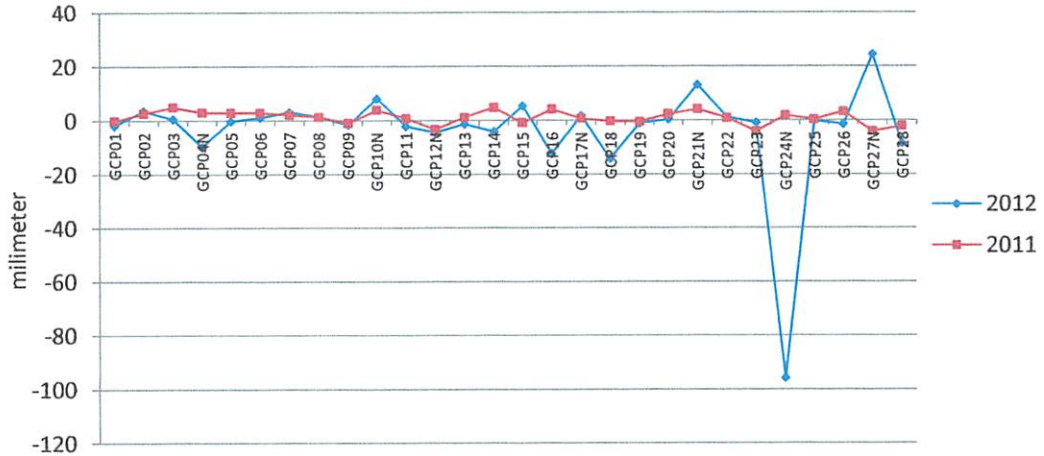
Tabel 4.20. *Eksternal reliability* (Kehandalan luar) hasil pengolahan pada jaring GPS tahun 2011 dan 2012 ($\alpha = 0.1\%$, $\beta = 80\%$)

| No | Titik | X (mm) | Y (mm) | Z (mm) | 2012 | Titik | X (mm) | Y (mm) | Z (mm) | 2011 | Nilai terbesar |
|-------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|----------------|
| 1 | GCP01 | -1.83 | 9.72 | -1.97 | 10.09 | GCP01 | -0.07 | 0.35 | 0.45 | 0.58 | 2012 |
| 2 | GCP02 | 3.62 | 13.05 | 1.50 | 13.62 | GCP02 | 2.66 | 13.35 | 2.01 | 13.76 | 2011 |
| 3 | GCP03 | 0.60 | 2.70 | -1.26 | 3.04 | GCP03 | 4.97 | 24.80 | 3.68 | 25.56 | 2011 |
| 4 | GCP04N | -9.79 | -5.70 | -4.21 | 12.09 | GCP04 | 3.05 | 17.76 | 2.07 | 18.14 | 2011 |
| 5 | GCP05 | -0.28 | 2.41 | -0.28 | 2.44 | GCP05 | 2.89 | 13.61 | 1.74 | 14.02 | 2011 |
| 6 | GCP06 | 1.10 | 5.99 | 0.30 | 6.10 | GCP06 | 2.94 | 13.26 | 1.33 | 13.65 | 2011 |
| 7 | GCP07 | 3.11 | 11.48 | 1.21 | 11.95 | GCP07 | 2.12 | 8.78 | 1.28 | 9.13 | 2012 |
| 8 | GCP08 | 1.44 | 5.31 | 0.21 | 5.51 | GCP08 | 1.32 | 8.03 | 1.08 | 8.21 | 2011 |
| 9 | GCP09 | -1.64 | -0.16 | -0.55 | 1.74 | GCP09 | -0.98 | -3.29 | -0.04 | 3.43 | 2011 |
| 10 | GCP10N | 8.16 | 21.41 | 1.81 | 22.98 | GCP10 | 3.83 | 15.05 | 2.08 | 15.67 | 2012 |
| 11 | GCP11 | -2.20 | -4.98 | -0.22 | 5.45 | GCP11 | 0.73 | 3.62 | 0.55 | 3.73 | 2012 |
| 12 | GCP12N | -4.34 | -3.03 | -0.41 | 5.30 | GCP12 | -3.33 | -15.70 | -1.66 | 16.14 | 2011 |
| 13 | GCP13 | -1.40 | -0.38 | -0.64 | 1.59 | GCP13 | 1.22 | 5.35 | 0.96 | 5.58 | 2011 |
| 14 | GCP14 | -4.13 | -10.86 | -1.41 | 11.70 | GCP14 | 4.77 | 18.76 | 2.25 | 19.49 | 2011 |
| 15 | GCP15 | 5.38 | 16.23 | 1.49 | 17.16 | GCP15 | -0.85 | -2.50 | -0.12 | 2.65 | 2012 |
| 16 | GCP16 | -12.27 | -28.15 | -6.93 | 31.48 | GCP16 | 4.17 | 21.77 | 2.73 | 22.33 | 2012 |
| 17 | GCP17 | 2.81 | 9.79 | 1.02 | 10.24 | | | | | | |
| 18 | GCP17N | 1.77 | 6.61 | 0.67 | 6.87 | GCP17N | 0.69 | 4.52 | 0.73 | 4.63 | 2012 |
| 19 | GCP18 | -14.19 | -42.58 | -11.77 | 46.40 | GCP18 | -0.30 | -1.23 | 0.01 | 1.27 | 2012 |
| 20 | GCP19 | -1.07 | -4.90 | -0.41 | 5.04 | GCP19 | -0.47 | -3.56 | -0.32 | 3.60 | 2012 |
| 21 | GCP20 | 0.38 | 1.27 | 0.33 | 1.37 | GCP20 | 2.37 | 13.52 | 1.66 | 13.83 | 2011 |
| 22 | GCP21N | 13.21 | 80.08 | 4.71 | 81.30 | GCP21 | 4.18 | 25.08 | 2.68 | 25.57 | 2012 |
| 23 | GCP22 | 1.18 | 5.78 | 0.70 | 5.94 | GCP22 | 0.86 | 5.76 | 0.75 | 5.88 | 2012 |
| 24 | GCP23 | -0.87 | -3.44 | -0.44 | 3.57 | GCP23 | -4.08 | -8.15 | -2.12 | 9.36 | 2011 |
| 25 | GCP24N | -95.77 | -222.60 | -20.50 | 243.19 | GCP24 | 1.83 | 8.84 | 1.22 | 9.11 | 2012 |
| 26 | GCP25 | -0.19 | 0.07 | 0.15 | 0.25 | GCP25 | 0.29 | 4.15 | 0.47 | 4.18 | 2011 |
| 27 | GCP26 | -1.51 | -6.48 | -0.48 | 6.67 | GCP26 | 3.21 | 13.56 | 1.88 | 14.06 | 2011 |
| 28 | GCP27N | 24.44 | 26.31 | 4.84 | 36.23 | GCP27 | -4.11 | -10.85 | -3.39 | 12.08 | 2012 |
| 29 | GCP28 | -8.57 | -20.71 | -1.81 | 22.48 | GCP28 | -2.16 | -4.11 | -5.57 | 7.25 | 2012 |
| total | | 2011 | 14 | | 2012 | 14 | | | | | |

Perhitungan nilai efek yang diakibatkan oleh *marginaly detection error* pada jaringan tahun 2011 dan 2012 tersebut dilakukan dengan tingkat

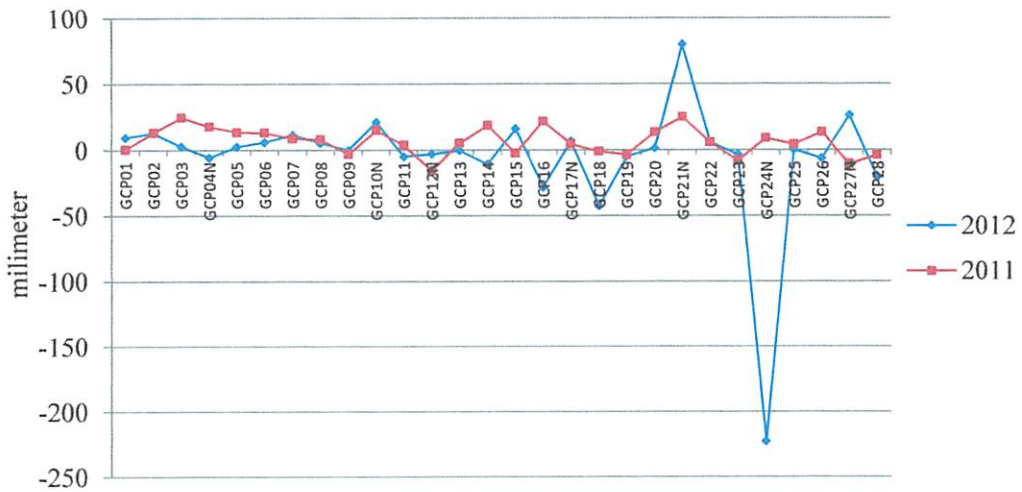
kepercayaan (*confidence level*) 99.9% (*significant level* $\alpha_0 = 0.1\%$) dan *power test* $\beta_0 = 80\%$

Gambar 4.10. Grafik Nilai Eksternal Reliability pada komponen X titik GCP



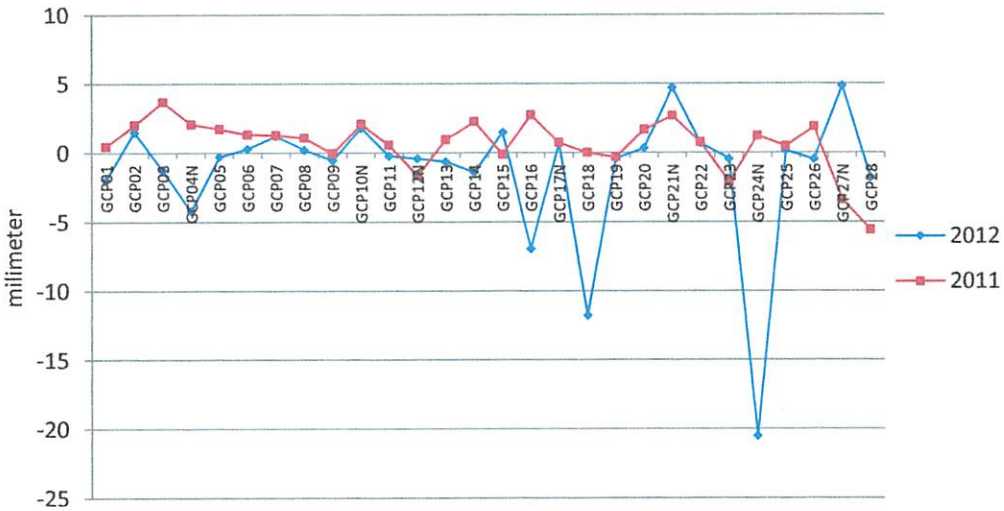
Pada komponen X nilai *eksternal reliability* yang dihasilkan pada jaring tahun 2011 dan 2012 terdapat perbedaan yang signifikan. Dari 28 titik hasil perataan jaring *minimal constraint*, terdapat 20 titik pada jaring 2012 memiliki nilai *eksternal reliability* yang lebih besar daripada jaringan tahun 2011 dan sisanya 8 titik adalah sebaliknya.

Gambar 4.11. Grafik Nilai Eksternal Reliability pada komponen Y titik GCP



Pada komponen Y nilai *eksternal reliability* yang dihasilkan pada jaring tahun 2011 dan 2012 terdapat perbedaan yang signifikan. Dari 28 titik hasil perataan jaring *minimal constraint*, terdapat 14 titik pada jaring 2012 memiliki nilai *eksternal reliability* yang lebih besar daripada jaringan tahun 2011 dan sisanya 14 titik adalah sebaliknya.

Gambar 4.12. Grafik Nilai Eksternal Reliability pada komponen Z titik GCP



Pada komponen Z nilai *eksternal reliability* yang dihasilkan pada jaring tahun 2011 dan 2012 terdapat perbedaan yang signifikan. Dari 28 titik hasil perataan jaring *minimal constraint*, terdapat 10 titik pada jaring 2012 memiliki nilai *eksternal reliability* yang lebih besar daripada jaringan tahun 2011 dan sisanya 18 titik adalah sebaliknya.

Dari ketiga komponen X, Y dan Z pada 28 titik GCP yang dihitung menghasilkan sebanyak 14 titik *GCP* (50 %) dari jaringan tahun 2011 memiliki nilai efek yang diakibat dari *small gross error* lebih kecil daripada jaringan tahun 2012, sedangkan sisanya 14 titik *GCP* (50%) pada jaringan tahun 2012 memiliki nilai efek yang diakibat dari *small gross error* lebih kecil daripada jaringan tahun

2011. Jaringan tahun 2012 memiliki 177 komponen baseline, sedangkan tahun 2011 memiliki 153 komponen baseline, namun jumlah baseline yang lebih banyak tidak menyebabkan jaringan tahun 2012 lebih baik daripada jaringan tahun 2011.

Sehingga dalam kasus penelitian ini mengindikasikan bahwa perbedaan jumlah *baseline* pada jaringan tidak berpengaruh signifikan terhadap nilai *internal reliability* dan *eksternal reliability*, hal ini diakibatkan nilai standar deviasi parameter σ_{li} yang besar pada perhitungan nilai bobot dan *marginaly detection error (internal reliability)*.

IV.5. Strength of Figure

Strength of Figure dapat digunakan untuk menentukan kerangka kontrol terbaik. Rumus untuk menghitung nilai *Strength of Figure (SoF)* pada jaringan setiap tahunnya adalah :

$$Sof = \frac{\text{trace}(A^T P A)^{-1}}{dof}$$

Langkah perhitungan nilai *Strength of Figure (SoF)* adalah sebagai berikut:

1. Dilakukan perhitungan matrik *covarian* $(A^T P A)^{-1}$

$$\text{matrik covarian } (A^T P A)^{-1} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{xi}^2 & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{xy} & \hat{\sigma}_{yi}^2 & \sigma_{yz} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \hat{\sigma}_{zi}^2 & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \hat{\sigma}_{xn}^2 & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \hat{\sigma}_{yn}^2 & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \hat{\sigma}_{zn}^2 \end{bmatrix}$$

Pada jaringan tahun 2011 diperoleh matrik *covarian* berdimensi 153x84 sedangkan tahun 2012 diperoleh matrik berdimensi 177x87

2. Dilakukan perhitungan nilai *Strength of Figure (SoF)* menggunakan

$$\text{persamaan SoF} = \frac{\text{trace}(A^T P A)^{-1}}{\text{dof}}$$

$$\text{Trace}(A^T P A)^{-1} = \hat{\sigma}_{X_i}^2 + \hat{\sigma}_{Y_i}^2 + \hat{\sigma}_{Z_i}^2 + \dots + \hat{\sigma}_{X_n}^2 + \hat{\sigma}_{Y_n}^2 + \hat{\sigma}_{Z_n}^2$$

Komponen dari diagonal matrik *covarian* tahun 2011 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.21. Komponen dari diagonal matrik *covarian* tahun 2011

| No | Titik | X (mm) | Y (mm) | Z (mm) |
|-------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | GCP01 | 0.802022 | 3.495678 | 0.413772 |
| 2 | GCP02 | 0.782958 | 3.580428 | 0.43279 |
| 3 | GCP03 | 0.43180 | 2.30239 | 0.36352 |
| 4 | GCP04 | 0.910538 | 4.116416 | 0.46871 |
| 5 | GCP05 | 0.865837 | 3.653797 | 0.42632 |
| 6 | GCP06 | 0.869242 | 2.280138 | 0.396061 |
| 7 | GCP07 | 0.273304 | 1.041424 | 0.153546 |
| 8 | GCP08 | 0.904091 | 3.836625 | 0.444328 |
| 9 | GCP09 | 0.803861 | 3.188389 | 0.38522 |
| 10 | GCP10 | 0.62756 | 2.22426 | 0.286902 |
| 11 | GCP11 | 0.224666 | 0.798633 | 0.108111 |
| 12 | GCP12 | 1.335948 | 6.63904 | 0.785288 |
| 13 | GCP13 | 0.867917 | 3.420324 | 0.412952 |
| 14 | GCP14 | 0.967031 | 3.652819 | 0.420984 |
| 15 | GCP15 | 0.39852 | 1.720355 | 0.244075 |
| 16 | GCP16 | 1.450024 | 6.994578 | 0.817625 |
| 17 | GCP17N | 0.594231 | 2.427857 | 0.322429 |
| 18 | GCP18 | 1.037175 | 4.982436 | 0.586191 |
| 19 | GCP19 | 0.939132 | 4.418931 | 0.527539 |
| 20 | GCP20 | 0.771979 | 3.326061 | 0.41685 |
| 21 | GCP21 | 0.945913 | 4.940237 | 0.512003 |
| 22 | GCP22 | 0.972899 | 4.686234 | 0.586986 |
| 23 | GCP23 | 1.815392 | 7.057252 | 1.093668 |
| 24 | GCP24 | 1.51468 | 6.133666 | 0.760889 |
| 25 | GCP25 | 1.152157 | 5.296841 | 0.637042 |
| 26 | GCP26 | 1.247203 | 5.618885 | 0.697042 |
| 27 | GCP27 | 1.443412 | 6.237697 | 0.893105 |
| 28 | GCP28 | 1.639093 | 7.012378 | 1.155121 |
| Jumlah diagonal (trace) | | | | 156.4214 |

$\text{Trace}(A^T P A)^{-1}$ merupakan jumlah dari komponen diagonal utama dari matrik $(A^T P A)^{-1}$, sehingga *Trace* diagonal matrik *covarian* jaring tahun 2011 yang diperoleh adalah 156.4214

Komponen dari diagonal matrik *covarian* tahun 2012 adalah sebagai berikut :

Tabel 4.22. Komponen dari diagonal matrik *covarian* tahun 2012

| No | Titik | X (mm) | Y (mm) | Z (mm) |
|----------------------------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | GCP01 | 2.41085 | 4.042019 | 0.81097 |
| 2 | GCP02 | 0.639995 | 1.983844 | 0.29115 |
| 3 | GCP03 | 0.64403 | 2.04956 | 0.49216 |
| 4 | GCP04N | 1.73784 | 2.815791 | 0.708419 |
| 5 | GCP05 | 0.565492 | 1.852531 | 0.210987 |
| 6 | GCP06 | 0.462969 | 1.472136 | 0.159646 |
| 7 | GCP07 | 0.442765 | 1.406974 | 0.181235 |
| 8 | GCP08 | 1.02968 | 2.607771 | 0.345541 |
| 9 | GCP09 | 0.753187 | 2.238089 | 0.280843 |
| 10 | GCP10N | 1.371844 | 3.168322 | 0.294888 |
| 11 | GCP11 | 1.277836 | 3.5544 | 0.291321 |
| 12 | GCP12N | 2.454294 | 8.303508 | 1.767916 |
| 13 | GCP13 | 1.313441 | 2.912818 | 0.357151 |
| 14 | GCP14 | 1.160233 | 2.921708 | 0.352728 |
| 15 | GCP15 | 0.487324 | 1.807568 | 0.157698 |
| 16 | GCP16 | 2.399076 | 7.129222 | 1.196695 |
| 17 | GCP17 | 0.238302 | 0.883337 | 0.093415 |
| 18 | GCP17N | 0.281202 | 0.983604 | 0.106396 |
| 19 | GCP18 | 4.929254 | 9.984789 | 1.682496 |
| 20 | GCP19 | 0.738059 | 2.612631 | 0.260074 |
| 21 | GCP20 | 0.432407 | 1.632241 | 0.153434 |
| 22 | GCP21N | 3.625338 | 11.88757 | 0.639443 |
| 23 | GCP22 | 0.806068 | 3.285639 | 0.367223 |
| 24 | GCP23 | 0.721992 | 3.036289 | 0.395043 |
| 25 | GCP24N | 12.86351 | 32.51917 | 3.316648 |
| 26 | GCP25 | 0.3452 | 1.407725 | 0.116438 |
| 27 | GCP26 | 0.415739 | 1.757515 | 0.149847 |
| 28 | GCP27N | 2.904324 | 5.832604 | 0.687035 |
| 29 | GCP28 | 4.798113 | 7.8496 | 1.040916 |
| Jumlah diagonal (<i>trace</i>) | | | | 156.4214 |

sehingga *trace* diagonal matrik *covarian* jaring tahun 2011 yang diperoleh adalah 203.0971

3. Dof merupakan *degree of freedom*, selisih dari jumlah data pengamatan dengan jumlah data parameter yang dicari ($dof = n-u$)

Degree of freedom (*dof*) dari jaring tahun 2011 yang diperoleh adalah $153-84 = 69$

Degree of freedom (dof) dari jaring tahun 2012 yang diperoleh adalah $177-87 = 90$

4. Memasukkan nilai parameter yang telah dihitung kedalam persamaan

$$\text{Sof} = \frac{\text{trace}(A^T P A)^{-1}}{\text{dof}}$$

Nilai *strength of figure* dari jaring tahun 2011 adalah sebagai berikut :

$$\text{Sof} = \frac{156.4214}{69} = 2.266977149$$

Nilai *strength of figure* dari jaring tahun 2012 adalah sebagai berikut :

$$\text{Sof} = \frac{203.0971}{90} = 2.256634$$

Semakin rendah nilai *strength of figure* yang diperoleh menunjukkan kerangka kontrol atau jaring GPS tersebut semakin baik. Dalam kasus penelitian ini nilai *strength of figure* yang lebih baik dimiliki jaringan tahun 2012, namun nilai *strength of figure* kedua jaringan tersebut tidak menunjukkan selisih yang signifikan yaitu hanya sebesar 0,01.

BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilaksanakan mengenai kajian kualitas jaring pemantau deformasi di provinsi DKI Jakarta menggunakan data observasi GPS tahun 2011 dan 2012 berdasarkan kriteria *precision dan reliability* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil hitungan *precision, internal reliability dan eksternal reliability* dapat disimpulkan bahwa secara umum jaringan pengukuran GPS yang diadakan tahun 2011 adalah jaringan yang lebih optimal dibandingkan jaringan pengukuran tahun 2012.
2. Faktor yang mempengaruhi nilai *precision* adalah nilai *aposteriori varian* dan bobot pengamatan dari hasil pengolahan *baseline*.
3. Faktor yang mempengaruhi nilai *internal reliability* adalah *redundancy number* r_i dan standar deviasi *adjusted parameter* σ_{li} . Nilai *redundancy number* r_i yang besar dan standar deviasi *adjusted parameter* σ_{li} yang kecil akan menghasilkan nilai batas terendah $\nabla_o l_i$ untuk nilai *internal reliability*. Dengan kata lain akan lebih sensitif dan nilai *gross error* terdeteksi akan menjadi lebih minimum.
4. Faktor yang mempengaruhi nilai *eksternal reliability* adalah nilai batas terendah $\nabla_o l_i$, *redundancy number* (r_i) dan matrik bobot pengamatan.

5. Berdasarkan hasil perhitungan uji statistik *chi square* untuk nilai presisi pada tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% menyatakan bahwa dari kasus penelitian ini nilai *precision* pada jaringan tahun 2011 menunjukkan ketelitian yang lebih baik daripada tahun 2012.
6. Berdasarkan hasil hitungan nilai *marginally detection error* untuk *internal reliability* dari hasil perataan jaring GPS pada tahun 2011-2012 pada tingkat kepercayaan (*confidence level*) 99.99% (*significant level* $\alpha_o = 0.1\%$) dan *power test* $\beta_o = 80\%$ menyatakan bahwa dari kasus penelitian ini nilai *internal reliability* pada jaringan tahun 2011 menunjukkan sensitivitas yang lebih baik daripada tahun 2012, hal tersebut berarti semakin kecil nilai *gross error* yang dapat dideteksi oleh jaring 2011.
7. Berdasarkan hasil hitungan nilai *eksternal reliability* dari perataan jaring GPS menunjukkan bahwa jaringan tahun 2011-2012 tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan. Dari 28 titik GCP yang dihitung terdapat 14 titik GCP (50 %) dari jaringan tahun 2011 memiliki nilai efek yang diakibatkan dari *gross error* terdeteksi lebih kecil daripada jaringan tahun 2012, sedangkan sisanya memiliki nilai efek sebaliknya.
8. Dalam kasus penelitian ini nilai *strength of figure* yang lebih baik dimiliki jaringan tahun 2012, namun nilai *strength of figure* kedua jaringan tersebut tidak menunjukkan selisih yang signifikan yaitu hanya sebesar 0,01.

V.2. Saran

Saran yang dapat diberikan penyusun berdasarkan hasil penelitian ini, untuk mendapatkan nilai *precision*, nilai *internal reliability* dan *eksternal reliability* yang lebih akurat adalah sebagai berikut.

1. Nilai *redundancy number* yang digunakan pada proses perhitungan batas terendah $\nabla_{\sigma} l_i$ sebaiknya sebesar mungkin dan standar deviasi *adjusted parameter* σ_{li} sekecil mungkin, agar memperoleh *internal reliability* yang lebih sensitif.
2. Disarankan sebelum pengukuran, dilakukan desain pengukuran jaring GPS dengan mempertimbangkan baseline trivial dan non trivial agar baseline yang terbentuk lebih efektif dan efisien.
3. Disarankan bagi yang akan melakukan kajian seperti ini untuk dapat menguasai dan memahami materi mengenai analisis *precision* dan *reliability* lebih lanjut menggunakan berbagai literature.
4. Disarankan menggunakan titik kontrol lebih dari 1 titik BM agar koordinat lebih teliti.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H.Z, Andrew Jones, Kahar. J, 2002. *Survei Dengan Gps*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Alnaggar, Dalal S, Dawod Gomaa M,. 1995. *Increasing The Reliability Of Gps Geodetic Networks*. Alexandria: konferensi internasional pertama pada sistem penentuan posisi satelit.
- Amouzgar, Houngsang. 1994. *Thesis Geodetic Network Analysis and Gross Error*. Canada : University of New Brunswick.
- Baarda, W.(1967). *Statistical concept in geodesy*. "Netherland Geod.Com.Publ.on Geodesy.New Series 2,No.4,Delft , Netherland.
- Baarda, W.(1968). *A testing procedure for use in geodetic network*. "Netherland Geod.Com.Publ.on Geodesy.New Series 2,No.5,Delft , Netherland.
- Staudinger, Martin. 1999. *Thesis A cost Orientated Approach to Geodetic Network Optimisation*. Austria : University of Technology Vienna.
- Kavouras, M.(1982). *On The Detection of outlier and determination of reliability in geodetic network*. *Departement of surveying Engineering Technical report No.87*, University of New Brunswick, Frederiction, N.B., November.
- Kuang, Shanlong. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal design Concept and Application*. USA: Ann Arbor Press, Inc.
- Kuusniemi, Heidi, et.all. 2004. *Reliability in Personal Positioning*. Finlandia: Tampere University of Technology. *Paper untuk university of Calgary*
- LAPAN. 2013. *Kajian Pemanfaatan Data Synthetic Aperture Radar SAR untuk Analisa Penurunan Lahan Land Subsidence*,
<http://www.lapanrs.com/p/detail/660-KAJIAN-PEMANFAATAN-DATA-SYNTHETIC-APERTURE-RADAR-SAR-UNTUK-ANALISA-PENURUNAN-LAHAN-LAND-SUBSIDENCE>. [Diakses tanggal Desember 2013]
- Marendic, A , Paar Rinaldo, Novakovic Gorana. 2011. *Quality analyses of the geodetic control for monitoring vertical displacements of Dubrovnik city*. *Electronic Journal Geotechnical Engineering Vol.16* page 910-920.

Wolf, P.R, Ghilani.C.D. 2006. *Adjustment Computation*. New Jersey : John Wiley and Sons, Inc.

Wilkie, Cliff R. 1995. Trivial Baselines as Redundant Measurements. Saudi Arabia : Surveying and Land Information Systems Vol.55 No.2 page 99-108.