

ANALISIS STRATEGI PENGOLAHAN BASELINE GPS BERDASARKAN JUMLAH TITIK IKAT DAN VARIASI WAKTU PENGAMATAN

Muhammad Chairul Iqbal, Bambang Darmo Yuwono, Fauzi Janu Amarrohman^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email: chairulikbal89@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan GPS dalam penentuan posisi titik-titik di permukaan bumi sudah memasyarakat. Namun, pemahaman masyarakat terkait hal tersebut belum begitu baik sebagaimana mestinya, terutama pemahaman terhadap ketelitian hasil yang diperoleh dan faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya. Beberapa faktor yang harus diperhitungkan dalam perencanaan strategi pengamatan pada survei GPS antara lain: metode pengamatan, waktu saat pengamatan, lamanya waktu pengamatan, dan pengikatan ke titik tetap.

Untuk mengetahui strategi terbaik dalam pengolahan *Baseline* GPS maka dilakukan penelitian ini. Penelitian ini berfokus pada analisis strategi pengolahan *baseline* GPS berdasarkan jumlah titik ikat dan variasi waktu pengamatan. Pada penelitian ini akan membandingkan akurasi koordinat dari titik pengamatan yang dihasilkan oleh pengikatan dengan jumlah titik ikat yaitu 3 CORS BIG, 4 CORS BIG dan stasiun IGS dengan variasi waktu pengamatan yaitu 12 jam, 18 jam, dan 24 jam. Pengolahan data menggunakan perangkat ilmiah GAMIT 10.6.

Hasil dari penelitian ini adalah Jumlah titik ikat dan variasi waktu berpengaruh dalam mereduksi kesalahan dan bias dalam pengolahan GPS. Terdapat peningkatan ketelitian berdasarkan strategi pengolahan yang diikat dengan stasiun CORS BIG yaitu strategi I dan II ke titik ikat stasiun IGS yaitu strategi III, IV dan V. Peningkatan ketelitian dengan titik ikat stasiun CORS BIG dengan stasiun IGS sebesar 30 mm. peningkatan ketelitian koordinat berdasarkan titik ikat stasiun IGS rata-rata sebesar 0.5 mm dan untuk titik ikat stasiun CORS BIG rata-rata sebesar 1mm.

Kata Kunci: GPS, GAMIT, *Baseline*, Titik Ikat, Variasi Waktu Pengamatan

ABSTRACT

The use of GPS in the determination of position points on the surface of the land has been implemented widely. But, the understanding of the meantime is not as good as it should be, especially understanding of precision the results and the factors that can influence it. Several factors to be reckoned with in planning strategy observations on the survey GPS among others : method observation, the time when observation, length of time observation, and tying to a fixed point.

This study was conducted to determine the best strategy in the processing baseline GPS. This research focus on analysis strategy baseline processing GPS based on the number of point connective and variation time observation . This research will compare accuracy coordinates from the point of observation produced by fastening with the number of point connective consisting of 3 CORS BIG, 4 CORS BIG and CORS IGS with variations time observation that is 12 hours, 18 hours, and 24 hours. Data processing using scientific software GAMIT 10.6.

The result of this research is the sum point connective and variation time influence in reduce error and bias in processing GPS. There has been increasing precision based on the processing that fastened to a station CORS BIG namely strategy I and II to a point connective station IGS namely model III, IV and V. An increase in precision with a point connective station CORS BIG to a station IGS by up to 30 mm. Increase precision coordinates based on point connective station IGS an average of 0.5 mm and to point connective station CORS BIG an average of 1 mm.

Keywords: GPS, GAMIT, *Baseline*, number of point connective, variation time observation

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Salah satu teknologi penentuan posisi berbasis satelit adalah *IGS Navigation Satellite System (GNSS)*. GNSS didesain untuk memberikan informasi waktu dan posisi secara kontinu di seluruh dunia. GNSS merupakan metode pengukuran ekstra-terestris, yaitu penentuan posisi yang dilakukan dengan melakukan pengamatan dan pengukuran terhadap satelit atau benda angkasa lainnya. Seiring perkembangan ilmu dan teknologi sistem GNSS pun ikut berkembang hingga saat ini dapat menangkap sinyal dari satelit GPS, Galileo, Beidou dan Glonass, sehingga memberikan informasi waktu dan posisi secara kontinu di seluruh dunia dengan ketelitian yang lebih baik.

GPS (*IGS Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, dan bagi banyak orang secara simultan. GPS dapat memberikan informasi posisi dengan ketelitian bervariasi dari beberapa millimeter (orde nol) sampai dengan puluhan meter (Abidin, 2001). Ketelitian data GPS dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna. Dalam praktiknya banyak faktor yang mempengaruhi ketelitian posisi GPS antara lain ketelitian metode penentuan posisi dan strategi pemrosesan data.

Saat ini, pemanfaatan GPS dalam penentuan posisi titik-titik di permukaan bumi sudah memasyarakat. Namun, pemahaman masyarakat terkait hal tersebut belum begitu baik sebagaimana mestinya, terutama pemahaman terhadap ketelitian hasil yang diperoleh dan faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya. Ketelitian data hasil pengukuran dari survei GPS pada dasarnya dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu jenis data yang digunakan (pseudorange atau fase), kualitas dari *receiver* GPS yang digunakan, dan bias yang disebabkan adanya gangguan pada media atmosfer saat gelombang elektromagnetik merambat dari satelit ke *receiver* (Abidin, 2001). Gangguan pada media atmosfer dapat terjadi di antaranya karena adanya fenomena alam yang menyebabkan stabilitas kandungan elektron terganggu dari waktu ke waktu, sehingga dapat menghambat kecepatan perambatan gelombang elektromagnetik pada saat melewati media perantara. Beberapa faktor yang harus diperhitungkan dalam perencanaan strategi pengamatan pada survei GPS antara lain: metode pengamatan, waktu saat pengamatan, lamanya waktu pengamatan, dan pengikatan ke titik tetap (Abidin, 2008).

Realitas pengalaman di lapangan menunjukkan bahwa data hasil pengamatan dari hasil suatu survei GPS menghasilkan ketelitian posisi yang berbeda. Kenyataan tersebut menarik peneliti untuk melakukan penelitian dengan judul “Analisis Strategi Pengolahan *Baseline* GPS Berdasarkan Jumlah Titik Ikat Dan Durasi Waktu Pengamatan” dengan menggunakan

perangkat lunak GAMIT 10.6 sebagai pengolah data GPS. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis strategi terbaik dalam pengolahan *baseline* GPS guna mendapatkan ketelitian posisi yang terbaik.

I.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh jumlah titik ikat terhadap ketelitian koordinat?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu pengamatan pada ketelitian koordinat?
3. Bagaimana pengaruh jumlah titik ikat dan variasi waktu pengamatan dalam mereduksi kesalahan dan bias dalam pengolahan data GPS?
4. Bagaimana strategi terbaik dalam pengolahan *baseline* GPS untuk mendapatkan ketelitian koordinat terbaik?

I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Melakukan analisis strategi pengolahan *baseline* GPS berdasarkan jumlah titik ikat dan variasi waktu pengamatan.
2. Mengetahui pengaruh jumlah titik ikat dan variasi waktu pengamatan dalam meningkatkan ketelitian koordinat.

I.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data pengamatan GPS di Sulawesi Tengah pada bulan Oktober 2015
2. Menggunakan 4 stasiun CORS BIG yang berada di Sulawesi yaitu CMAK (Site Makassar), CKEN (Site Kendari), PALP (Site Palu), dan CTOL (Site Tolitoli) sesuai DOY pengamatan.
3. Menggunakan 8 stasiun IGS yaitu BAKO, COCO, KARR, KAT1, PNGM, GUUG, PIMO, dan PBRI.
4. Pemotongan data RINEX menggunakan program teqc.exe.
5. Pengolahan menggunakan perangkat ilmiah GAMIT 10.6.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. GPS (*Global Positioning System*)

GPS atau *Global Positioning System* merupakan sebuah alat atau suatu sistem navigasi dan penentuan posisi yang memanfaatkan satelit dan dapat digunakan untuk menginformasikan penggunaanya dimana dia berada (secara IGS) di permukaan bumi yang berbasis satelit. Sistem ini dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat yang didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia

kepada banyak orang secara simultan tanpa bergantung pada waktu dan cuaca. Sistem GPS yang nama aslinya adalah NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging IGS Positioning System*). Pada dasarnya GPS terdiri dari tiga bagian utama (*segment*) yaitu, segmen angkasa (*space segment*) yang terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen kontrol (*control segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pengguna (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah signal dan data. Pada dasarnya penentuan posisi GPS adalah pengukuran jarak secara bersama-sama ke beberapa satelit sekaligus. Untuk menentukan suatu koordinat suatu titik di bumi, *receiver* setidaknya membutuhkan 4 satelit yang dapat ditangkap dengan baik. Secara *default*, posisi atau koordinat yang diperoleh bereferensi pada IGS datum yaitu *World Geodetic System 1984*.

II.2. CORS

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan receiver yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinyu selama 24 jam perhari, tujuh hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna (*users*) memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara *post processing* maupun secara *real time*. Aplikasi ini bisa mendapatkan ketelitian tinggi dengan tingkat produktivitas yang tinggi. Pada awalnya, penentuan posisi relatif dengan GNSS hanya bisa dilakukan dengan pengamatan yang lama dengan proses *post processing*. Dalam perkembangannya, penentuan posisi secara *real time* telah banyak menggantikan aplikasi relatif yang sudah ada.

II.3. Baseline GPS

Pada survei GPS konfigurasi jaringan *baseline* mempengaruhi ketelitian hasil pengukuran. Secara umum dikenal dua jenis *baseline* yaitu *baseline* trivial dan *baseline* bebas. *baseline* trivial adalah *baseline* yang dapat diturunkan dari *baseline* lainnya dari satu sesi pengamatan. Pada satu sesi pengamatan, jika ada n Receiver yang beroperasi secara simultan maka akan ada $(n-1)$ *baseline* bebas. Set dari $(n-1)$ *baseline* bebas yang akan digunakan akan mempengaruhi kualitas dari posisi titik yang diperoleh. Karena semakin banyak *baseline* yang terlibat, beban pengolahan data semakin bertambah.

II.4. Penentuan Posisi dengan GPS

Pada dasarnya penentuan posisi GPS adalah pengukuran jarak secara bersama-sama ke beberapa satelit sekaligus. Untuk menentukan suatu koordinat suatu titik di bumi, *receiver* setidaknya membutuhkan 4 satelit yang dapat ditangkap dengan baik. Secara default, posisi atau koordinat yang diperoleh

bereferensi pada IGS datum yaitu *World Geodetic System 1984* atau disingkat WGS'84.

Untuk penentuan posisi di atas permukaan bumi ini minimal terjangkau oleh 3-4 satelit. Pada praktiknya, setiap GPS terbaru bisa menerima sampai dengan 12 *channel* satelit sekaligus. Kondisi langit yang cerah dan bebas dari halangan membuat GPS dapat dengan mudah menangkap sinyal yang dikirimkan oleh satelit. Semakin banyak satelit yang diterima oleh GPS, maka akurasi yang diberikan juga akan semakin tinggi.

Konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan kebelakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya diketahui. Dimana posisi satelit diketahui kemudian dihitung posisi pengamat, dengan mengukur jarak antara satelit dan pengamat. Dalam hal ini terdapat tiga parameter posisi pengamat (X_r , Y_r , Z_r). Pengukuran jarak dari satelit ke *receiver* dapat dilakukan melalui pengamatan *Pseudorange* dan *Carrier Phase*.

II.5. IGS

IGS (*International GNSS Service*) ditetapkan dan diperkenalkan secara formal oleh IAG (*International Association Of Geodesy*) pada tahun 1993 dan mulai dioperasikan pada 1 Januari 1994 (Purba, 2013). IGS merupakan organisasi dan badan multi nasional yang menyediakan data GNSS, informasi orbit GPS, dan data pendukung penelitian geodetik dan geofisik lainnya (Yoga, 2011). IGS terbentuk dari jaringan stasiun GPS permanen IGS, pusat data dan analisis, kantor pusat, dan pengaturan. Jaringan IGS terdiri dari sekitar 200 stasiun dengan receivers GPS dan *dual-frequency* yang beroperasi secara kontinyu. Jaringan IGS permanen digunakan untuk merealisasikan ITRF, dimana semua pengamatan GPS dapat dihubungkan. Selain itu, IGS juga menyediakan berbagai macam data diantaranya adalah GPS dari stasiun IGS. Data semuanya digunakan untuk kepentingan penelitian ilmiah dan kebutuhan penggunaan GPS secara komersial.

III. Metodologi Penelitian

III.1. Tahapan Persiapan

Dalam tahapan penelitian ini terlebih dahulu dilakukan beberapa tahapan persiapan guna untuk meminimalisir kesalahan dan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan, dan merupakan tahap awal dari penelitian.

Adapun tahapan persiapan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur mengenai semua informasi yang terkait dengan penyusunan penelitian Tugas Akhir.
2. Persiapan jadwal rencana pengadaan data dan jadwal rencana pengolahan data.
3. Menentukan strategi pengolahan sesuai tujuan penelitian.
4. Melakukan proses instalasi sistem operasi LINUX Ubuntu 14.04 LTS.

5. Melakukan proses instalasi scientific software GAMIT 10.6 yang akan digunakan untuk pengolahan data pengamatan GPS.

III.2. Peralatan dan Bahan Penelitian

III.2.1. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah:

1. Receiver GPS Leica GRX 1220 , Leica GX 1220 dan Ashtech RX Z-Xtream unit untuk pengamatan titik penelitian.
2. Laptop Asus X554L dengan spesifikasi Processor Intel(R) Core™ i5-5200U up to 2,7 GHz, RAM 4 Gb
3. Printer Canon IP-2770 yang digunakan untuk mencetak hasil.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem Operasi Linux Ubuntu 10.04 LTS.
2. Perangkat lunak GAMIT dan GLOBK versi 10.6.
3. Topcon Link V.7.1 digunakan untuk pengolahan data
4. GFortran, perangkat lunak (*software*) yang digunakan sebagai *compiler* untuk bahasa Fortran.
5. *Translation, Editing, dan Quality Checking* (TEQC) yang digunakan untuk rinex data pengamatan GPS dan pengecekan kualitas data.
6. Microsoft Office Word 2010, digunakan untuk pengolah kata.
7. Microsoft Office Excel 2010, digunakan untuk pengolah angka dalam perhitungan.
8. Microsoft Office Visio 2010, digunakan untuk pembuatan diagram alir, proses, dan folder kerja GAMIT.

III.2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini , yaitu :

1. Bahan utama dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. Data pengamatan GPS dari 10 titik pengamatan yang tersebar di Sulawesi Tengah pada bulan Oktober 2015, titik yang digunakan adalah titik S013, S014, S015, S016, S017, S018, S019, S020, S023, dan S024.
 - b. Data pengamatan dari stasiun IGS (International GNSS Service) BAKO, COCO, KARR, KAT1, PNGM, GUUG, PIMO, dan PBRI pada masing-masing DOY (Day of Year) pengamatan.
 - c. Data pengamatan stasiun CORS BIG di Sulawesi yaitu CMAK (Site Makassar), CKEN (Site Kendari), PALP (Site Palu), dan CTOL (Site Tolitoli) pada masing-masing DOY pengamatan.
 - d. *File Broadcast ephemeris* (file navigasi satelit).
 - e. *File Precise ephemeris* dengan format sp3.
 - f. *H-files* IGS hasil olahan MIT

2. Bahan pendukung tersebut adalah sebagai berikut:
 - a. *File* gelombang pasang-surut (*otl.grid*)
 - b. *File* pemodelan cuaca (*map.grid*)
 - c. *File* pemodelan atmosfer (*atml.grid*)
 - d. *File* Pemodelan ionosfer

III.3. Tahapan Pengolahan Data

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan dua metode pengolahan. Metode pertama yaitu metode radial dimana data pengamatan diolah dengan pengikatan pada setiap CORS BIG. Hasil pengolahan digunakan untuk melihat pengaruh panjang *baseline* GPS terhadap ketelitian koordinat. Metode kedua yaitu metode jaring dimana data pengamatan GPS diolah dengan 5 strategi pengolahan berdasarkan jumlah titik ikat dan variasi waktu pengamatan yang dibagi atas 12 jam, 18 jam, dan 24 jam. Stasiun yang menjadi titik ikat yaitu stasiun IGS (*International GNSS Service*) BAKO, COCO, KARR, KAT1, PNGM, GUUG, PIMO, PBRI dan titik ikat lokal stasiun CORS BIG di Sulawesi yaitu CMAK (Site Makassar), CKEN (Site Kendari), PALP (Site Palu), dan CTOL (Site Tolitoli) dengan strategi pengolahan metode jaring. Berikut penamaan strategi pengolahan dari penelitian ini:

1. Strategi I adalah pengolahan dengan pengikatan ke 3 CORS BIG, dibagi dalam :
 - a. I.A : lama pengamatan 12 jam
 - b. I.B : lama pengamatan 18 jam
 - c. I.C : lama pengamatan 24 jam



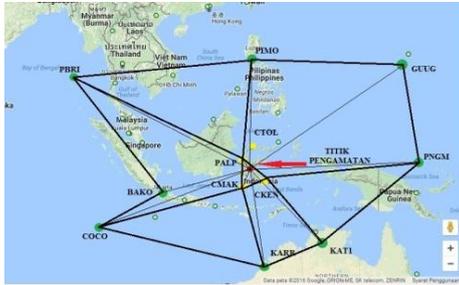
Gambar 1. Visualisasi Strategi I dengan Titik Ikat 3 CORS BIG

2. Strategi II adalah pengolahan dengan pengikatan ke 4 CORS BIG, dibagi dalam :
 - a. II.A : lama pengamatan 12 jam
 - b. II.B : lama pengamatan 18 jam
 - c. II.C : lama pengamatan 24 jam



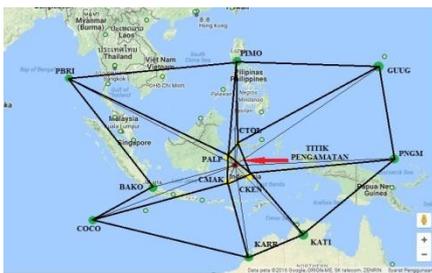
Gambar 2. Visualisasi Strategi II dengan Titik Ikat 4 CORS BIG

3. Strategi III adalah pengolahan dengan pengikatan ke 3 CORS BIG dan 8 OCRS IGS, dibagi dalam :
- III.A : lama pengamatan 12 jam
 - III.B : lama pengamatan 18 jam
 - III.C : lama pengamatan 24 jam



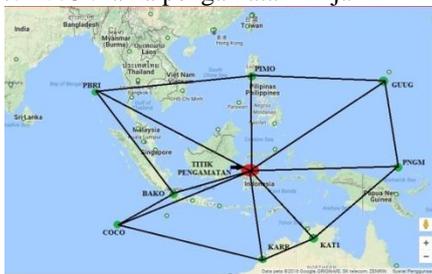
Gambar 3. Visualisasi Strategi III dengan Titik Ikat 3 CORS BIG dan 8 IGS

4. Strategi IV adalah pengolahan dengan pengikatan ke 4 CORS BIG dan 8 OCRS IGS, dibagi dalam :
- IV.A : lama pengamatan 12 jam
 - IV.B : lama pengamatan 18 jam
 - IV.C : lama pengamatan 24 jam



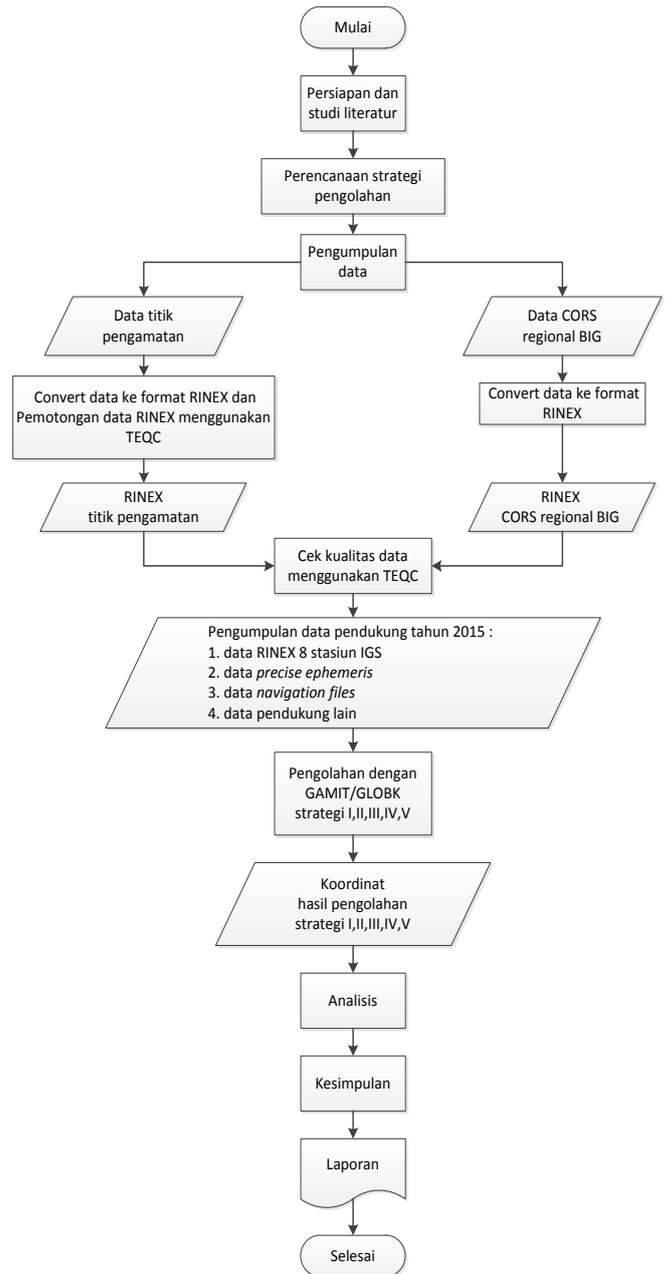
Gambar 4. Visualisasi Strategi IV dengan Titik Ikat 4 CORS BIG dan 8 IGS

5. Strategi V adalah pengolahan dengan pengikatan ke 8 OCRS IGS, dibagi dalam:
- V.A : lama pengamatan 12 jam
 - V.B : lama pengamatan 18 jam
 - V.C : lama pengamatan 24 jam

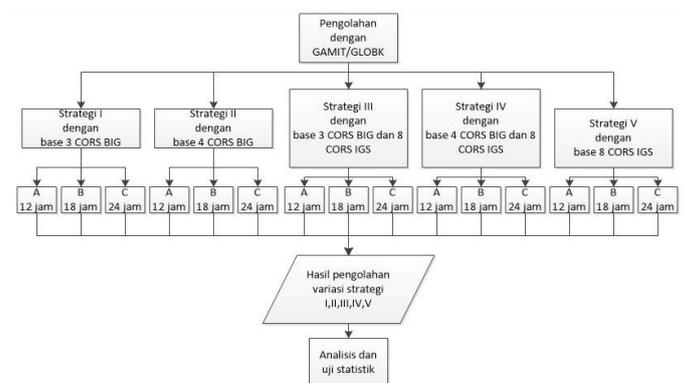


Gambar 5. Visualisasi Strategi V dengan Titik Ikat 8 IGS

Berikut tahapan proses penelitian dan pengolahan data penelitian diuraikan dalam diagram alir Gambar 6. dan Gambar 7. :



Gambar 6. Diagram alir penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Strategi Pengolahan Data

Berikut ini adalah penamaan dari setiap strategi pengolahan yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Strategi Pengolahan

Strategi	Stasiun Titik Ikat	Waktu Pengamatan (Jam)
IA	3 CORS BIG	12
IB	3 CORS BIG	18
IC	3 CORS BIG	24
IIA	4 CORS BIG	12
IIB	4 CORS BIG	18
IIC	4 CORS BIG	24
IIIA	3 CORS BIG + 8 IGS	12
IIIB	3 CORS BIG + 8 IGS	18
IIIC	3 CORS BIG + 8 IGS	24
IVA	4 CORS BIG + 8 IGS	12
IVB	4 CORS BIG + 8 IGS	18
IVC	4 CORS BIG + 8 IGS	24
VA	8 IGS	12
VB	8 IGS	18
VC	8 IGS	24

III.3.1. Pengecekan Kualitas Data dengan TEQC

Sebelum dilakukan pengolahan dengan menggunakan software GAMIT 10.6, dilakukan pengecekan kualitas data rinex pengamatan terlebih dahulu, untuk mengetahui nilai *multipath* dari data pengamatan, waktu mulai dan berakhir data pengamatan, *interval* perekaman, dan informasi lain mengenai kualitas data seperti pengaruh ion terhadap perambatan sinyal. Pengecekan kualitas data dengan menggunakan software TEQC (*Translating, Editing and Quality Check*)

III.3.2. Pengolahan Menggunakan GAMIT/GLOBK

Data pengamatan yang telah dicek kualitasnya dengan TEQC dilakukan pengolahan dengan menggunakan *scientific software* GAMIT, dengan menggunakan strategi yang ditentukan. Tahapan pengolahan dengan menggunakan GAMIT adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Pembuatan Direktori Kerja GAMIT

Sebelum melakukan pengolahan dengan menggunakan GAMIT, terlebih dahulu harus membuat *project* olahan dan direktori pendukungnya untuk penyimpanan data pengamatan GPS yang akan kita olah dan data-data pendukungnya, penamaan direktori yang terdapat dalam direktori induk harus sesuai dengan standar pengolahan *automatic batch processing* GAMIT.

2. *Link Folder Tables* dan *Editing File Control*

Sebelum melakukan *editing file control* folder tables yang terdapat diinstallan gamit harus di *link* ke folder proyek pengolahan sesuai dengan tahun pengamatan dan *file apr* yang akan digunakan, dalam folder tables inilah *file control* yang akan di edit berada.

3. *Update File Tables* berdasarkan Tahun Pengamatan

File kontrol yang digunakan untuk pengolahan GAMIT harus diupdate sesuai dengan tahun dan DOY pengamatan file EOP yang perlu diupdate diantaranya: *pole.usno, ut1.usno, leap.sec, luntab, nutabl, soltab, svnav.dat, svsexclude.dat*

4. *Automatic batch processing* GAMIT

Tahapan pengolahan data GPS dengan menggunakan *command sh_gamit* untuk melakukan pengolahan secara otomatis.

5. Persiapan Pengolahan Menggunakan GLOBK

H-file hasil olahan GAMIT yang merupakan matrik varian dan kovarian digunakan untuk pengolahan GLOBK untuk mendapatkan koordinat hasil olahan, file-file pendukung yang digunakan untuk pengolahan GLOBK diantaranya: H-file IGS, file *glorg_comb.cmd* dan *globk_comb.cmd*

6. Pengolahan Menggunakan GLRED dan GLOBK

Pengolahan dengan menggunakan GLOBK menggunakan directory olahan sendiri yang terdapat didalam direktori olahan GAMIT, pengolahan dengan GLOBK terdiri dari dua tahapan, GLRED dan GLOBK. Hasil dari olahan GLOBK akan menghasilkan koordinat fix olahan yang terdapat didalam file *globk.org*.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1. Hasil Pengecekan Kualitas Data

Berikut hasil pengecekan kualitas data pengamatan dengan menggunakan TEQC

Tabel 2. Hasil Uji Kualitas Data

TITIK	MP1	MP2	DOY
S013	0,480380	0,523867	252
S014	0,457133	0,453418	253
S015	0,333483	0,340243	250
S016	0,408916	0,422318	252
S017	0,440178	0,406961	243
S018	0,228466	0,241090	245
S019	0,333543	0,414528	247
S020	0,697311	0,672593	253
S023	0,398909	0,383845	248
S024	0,591233	0,776563	246

Dari tabel 2. menunjukkan 8 dari 10 titik pengamatan memiliki nilai MP1 dan MP2 kurang dari 0,5 m yang artinya tidak terjadi efek *multipath* sedangkan pada titik S020 dan S024 nilai MP1 dan MP2 lebih dari 0,5 m yang artinya terjadi efek *multipath*.

IV.2. Hasil Pengolahan GAMIT/GLOBK

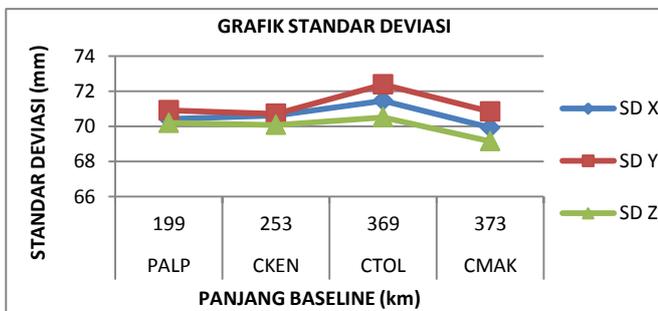
Berikut koordinat hasil olahan GAMIT dan GLOBK dengan strategi V.C ditunjukkan oleh Tabel 3.:

Tabel 3. Koordinat Kartesian Geosentrik

TITIK	KOORDINAT (m)			SD (mm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
S013	-3262994,75593	5473933,34318	-265761,41269	7,16	9,84	3,26
S014	-3261799,47503	5476870,27619	-246368,80697	5,39	7,97	2,72
S015	-3255654,25531	5480275,87787	-236026,39483	5,53	7,63	2,67
S016	-3253700,29242	5481682,74486	-228640,34292	7,76	10,74	3,41
S017	-3272930,65284	5470812,71383	-208562,67924	7,46	10,48	3,08
S018	-3325341,20085	5437886,45115	-229501,85308	6,48	8,86	2,84
S019	-3335728,34399	5430864,40839	-244597,34626	8,17	11,47	3,21
S020	-3309893,50333	5446410,02936	-252925,29269	7,57	10,49	3,30
S023	-3314384,00395	5442595,07036	-287458,50463	6,13	9,33	3,16
S024	-3309101,05766	5445459,93267	-285538,81313	6,60	9,45	3,08

IV.3. Analisis Panjang Baseline

Analisis pengaruh panjang *baseline* terhadap ketelitian hasil pengolahan dilihat dari nilai standar deviasi sumbu X,Y, dan Z. strategi pengolahan yang dilakukan adalah pengikatan 10 data pengamatan ke satu titik ikat CORS BIG sehingga didapatkan rata-rata jarak tiap CORS BIG terhadap data penelitian. Hasil pengolahan dengan pengikatan dengan satu titik ikat CORS BIG dapat dilihat pada Gambar 8. :



Gambar 8. Koordinat Kartesian Toposentrik

Gambar IV.1. menunjukkan ketelitian koordinat hasil olahan mengalami penurunan berdasarkan meningkatnya nilai standar deviasi akibat bertambahnya panjang *baseline* baik itu di sumbu X,Y, dan Z. Peningkatan nilai ini berkisar 2 mm – 8 mm. Pada gambar di atas juga menunjukkan terjadinya penurunan nilai standar deviasi hasil pengikatan pada CORS Makassar (CMAK) baik itu di sumbu X,Y, dan Z walaupun memiliki rata-rata panjang *baseline* terpanjang dari ke empat *project* yaitu 373 km. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh kualitas data RINEX terhadap ketelitian koordinat hasil pengolahan (Rahadi, 2013).

IV.4. Analisis Jumlah Titik Ikat

Dalam penelitian ini kita dapat menganalisis pengaruh jumlah titik ikat terhadap ketelitian koordinat hasil pengolahan yang ditunjukkan oleh nilai dari standar deviasi sumbu X,Y, dan Z. Berikut nilai standar deviasi ditampilkan pada Tabel 4. :

Tabel 4. Standar Deviasi berdasarkan Jumlah Titik Ikat

TITIK IKAT	WAKTU PENGAMATAN (JAM)								
	12			18			24		
	STANDAR DEVIASI (mm)								
	SD X	SD Y	SD Z	SD X	SD Y	SD Z	SD X	SD Y	SD Z
3 CORS	50,36	51,64	49,02	49,97	50,82	48,91	49,82	50,52	48,85
4 CORS	45,70	47,37	44,16	45,08	46,26	44,04	44,88	45,81	43,91
3 CORS + 8 IGS	10,95	15,77	4,48	8,50	12,26	3,69	7,39	10,42	3,27
4 CORS + 8 IGS	10,77	15,59	4,43	8,28	11,93	3,58	7,20	10,17	3,19
8 IGS	10,08	14,78	4,31	7,88	11,42	3,49	6,83	9,63	3,07

Dari Tabel IV.3. menunjukkan pengikatan terhadap stasiun CORS BIG ternyata memiliki rata-rata nilai standar deviasi yang besar yaitu 40 mm - 50 mm, sedangkan pengikatan terhadap stasiun IGS menghasilkan ketelitian yang lebih baik ditunjukkan dengan standar deviasi yang kecil yaitu 3 mm – 15 mm.

IV.5. Analisis Variasi Waktu Pengamatan

Dalam penelitian ini kita juga menganalisis pengaruh durasi waktu pengamatan terhadap ketelitian koordinat dari hasil pengolahan yang ditunjukkan oleh nilai dari standar deviasi sumbu X,Y, dan Z. Berikut nilai standar deviasi dari setiap strategi pengolahan dengan titik ikat CORS BIG yang ditampilkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.:

Tabel 5. Standar Deviasi Berdasarkan Variasi Waktu Pengamatan

WAKTU PENGAMATAN (JAM)	VARIASI TITIK IKAT					
	3 CORS			4 CORS		
	STANDAR DEVIASI (mm)					
	SD X	SD Y	SD Z	SD X	SD Y	SD Z
12	50,36	51,64	49,02	45,70	47,37	44,16
18	49,97	50,82	48,91	45,08	46,26	44,04
24	49,82	50,52	48,85	44,88	45,81	43,91

Tabel 6. Standar Deviasi Berdasarkan Variasi Waktu Pengamatan

WAKTU PENGAMATAN (JAM)	VARIASI TITIK IKAT								
	3 CORS + 8 IGS			4 CORS + 8 IGS			8 IGS		
	STANDAR DEVIASI (mm)								
	SD X	SD Y	SD Z	SD X	SD Y	SD Z	SD X	SD Y	SD Z
12	10,9	15,7	4,48	10,7	15,5	4,43	10,0	14,7	4,31
18	5	7	4,48	7	9	4,43	8	8	4,31
24	7,39	2	3,27	7,20	7	3,19	6,83	9,63	3,07

Dari Tabel IV.4.. dan Tabel IV.5. terdapat perbedaan ketelitian koordinat hasil pengolahan terhadap titik ikat stasiun BIG dengan stasiun IGS sebesar ± 30 mm, sedangkan perbedaan nilai rata-rata standar deviasi hasil pengolahan antar stasiun IGS sebesar ± 1 mm meningkat sesuai dengan variasi waktunya dan perbedaan nilai rata-rata standar deviasi hasil pengolahan antar stasiun CORS BIG sebesar $\pm 0,3$ mm meningkat sesuai dengan variasi waktunya. Sehingga dapat ditarik kesimpulan adanya pengaruh lama waktu pengamatan terhadap ketelitian koordinat dari setiap strategi pengolahan.

IV.6. Analisis Peningkatan Ketelitian Koordinat Berdasarkan Jumlah Titik Ikat Dan Variasi Waktu Pengamatan

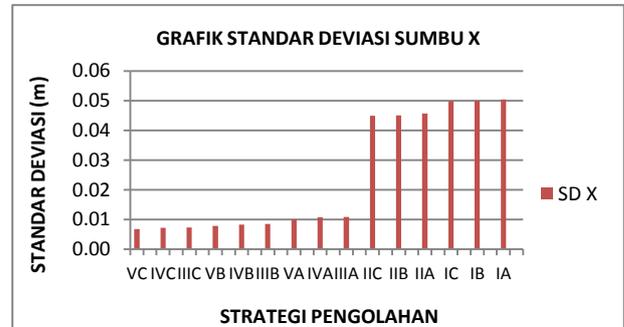
Hasil pengolahan menunjukkan adanya peningkatan ketelitian koordinat dari setiap strategi pengolahan, dimana peningkatan itu dapat dilihat pada Tabel 7. berikut :

Tabel 7. Hasil pengukuran tinggi

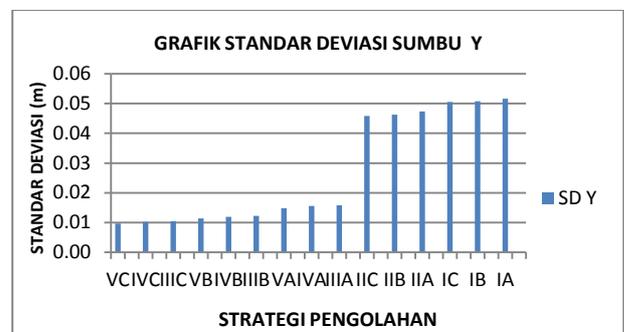
NO	STRATEGI	STANDAR DEVIASI (mm)					
		X	dX	Y	dY	Z	dZ
1	VC	6,8		9,6		3,1	
			0,4		0,5		0,1
2	IVC	7,2		10,2		3,2	
			0,2		0,2		0,1
3	IIIC	7,4		10,4		3,3	
			0,5		1,0		0,2
4	VB	7,9		11,4		3,5	
			0,4		0,5		0,1
5	IVB	8,3		11,9		3,6	
			0,2		0,3		0,1
6	IIIB	8,5		12,3		3,7	
			1,6		2,5		0,6
7	VA	10,1		14,8		4,3	
			0,7		0,8		0,1
8	IVA	10,8		15,6		4,4	
			0,2		0,2		0,05
9	IIIA	10,9		15,8		4,5	
			33,9		30,0		39,4
10	IIC	44,9		45,8		43,9	
			0,2		0,4		0,1
11	IIB	45,1		46,3		44,0	
			0,6		1,1		0,1
12	IIA	45,7		47,4		44,2	
			4,1		3,2		4,7
13	IC	49,8		50,5		48,9	
			0,2		0,3		0,0
14	IB	50,0		50,8		48,9	
			0,4		0,8		0,3
15	IA	50,4		51,6		49,2	

Tabel 7. menunjukkan tingkatan ketelitian dari hasil pengolahan berdasarkan setiap strategi pengolahan. Strategi V.C memiliki ketelitian terbaik dibandingkan strategi lainnya ditunjukkan oleh nilai standar deviasi pada sumbu X, Y dan Z sebesar $\pm 6,8$ mm, $\pm 9,6$ mm dan $\pm 3,1$ mm. Strategi yang memiliki ketelitian paling rendah yaitu strategi IA yang memiliki nilai standar deviasi pada sumbu X, Y dan Z sebesar $\pm 50,4$ mm, $\pm 51,6$ mm dan $\pm 49,2$ mm. Peningkatan ketelitian dengan titik ikat stasiun CORS BIG dengan titik ikat stasiun IGS sebesar 30 mm.

peningkatan ketelitian koordinat berdasarkan titik ikat stasiun IGS rata-rata sebesar 0,5 mm dan untuk titik ikat stasiun CORS BIG rata-rata sebesar 1 mm. Berikut grafik peningkatan nilai standar deviasi dari sumbu X,Y, dan Z pada Gambar 9. sampai dengan Gambar 11.:



Gambar 9. Peningkatan Ketelitian Sumbu X



Gambar 10. Peningkatan Ketelitian Sumbu Y



Gamba 11. Peningkatan Ketelitian Sumbu Z

Gambar 9 sampai dengan Gambar 11 menunjukkan grafik ketelitian berdasarkan sumbu X,Y, dan Z dari setiap strategi pengolahan. Terdapat peningkatan ketelitian yang cukup besar berdasarkan strategi pengolahan yang diikat dengan stasiun CORS BIG dengan titik ikat stasiun IGS yaitu sebesar $\pm 33,9$ mm, ± 30 mm dan $\pm 39,4$ mm untuk sumbu X, Y dan Z.

IV.7. Analisis Koordinat Hasil Pengolahan

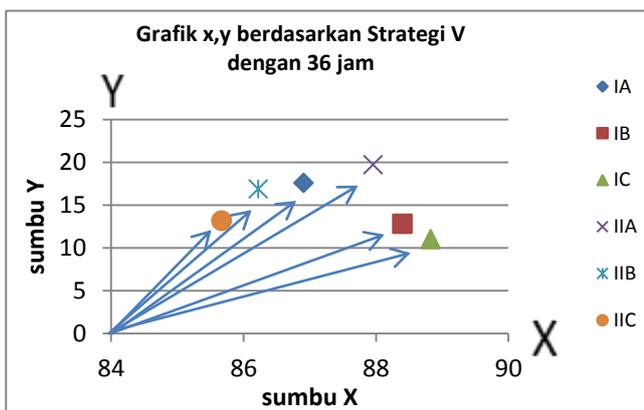
Dalam penelitian ini, peneliti melakukan analisis koordinat hasil pengolahan dari strategi pengolahan yang digunakan. Analisis koordinat ini untuk mengetahui letak posisi nilai rata-rata koordinat X dan Y pada grafik X,Y terhadap nilai rata-rata koordinat X

dan Y dari pengolahan data penelitian yang diikatkan pada stasiun IGS dengan waktu pengamatan 36 jam (strategi VD) sebagai origin. Berikut ini adalah selisih dari nilai rata-rata koordinat X dan Y hasil pengolahan yang ditampilkan pada Tabel 8.:

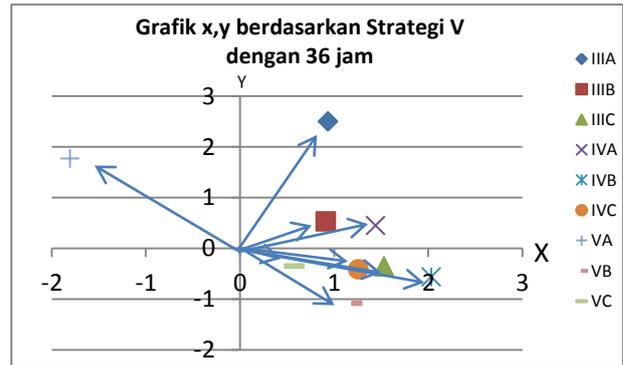
Tabel 8. Selisih Nilai Rata-Rata Koordinat Hasil Pengolahan

STRATEGI	Selisih Koordinat (mm)		RESULTAN
	X	Y	
VC	0,58	-0,35	0,67
IIIB	0,91	0,53	1,05
IVC	1,26	-0,41	1,32
IVA	1,44	0,45	1,51
IIIC	1,53	-0,36	1,57
VB	1,19	-1,08	1,61
IVB	2,03	-0,56	2,11
VA	-1,81	1,77	2,53
IIIA	0,94	2,50	2,67
IIC	85,67	13,18	86,68
IIB	86,22	16,86	87,86
IA	86,91	17,57	88,67
IB	88,40	12,82	89,32
IC	88,82	11,01	89,50
IIA	87,95	19,70	90,13

Dari Tabel IV.7. nilai rata-rata koordinat sumbu X dan Y akan di-plot pada grafik X,Y. Berikut ini ditampilkan grafik X,Y hasil Plotting dari nilai rata-rata koordinat setiap strategi pada Gambar 12. dan Gambar 13. :



Gambar 12. Grafik X,Y Hasil Plotting dengan Titik Ikat Stasiun CORS BIG



Gambar 13. Grafik X,Y Hasil Plotting dengan Titik Ikat Stasiun CORS BIG

Dari grafik X,Y diatas menunjukkan hasil Plotting koodinat rata-rata dari setiap strategi terhadap strategi V dengan waktu 36 jam . Plotting koodinat rata-rata dari setiap strategi menghasilkan resultan/jarak miring dari koordinat setiap strategi yang berbeda dengan tingkatan ketelitian berdasarkan standar deviasi. Hal ini disebabkan pengaruh nilai standar deviasi setiap strategi terhadap nilai koordinat baik di sumbu X dan sumbu Y.

IV.8. Uji Statistik

Uji statistik ini digunakan untuk mengetahui adanya persamaan atau perbedaan pada pengaruh jumlah titik ikat dan variasi waktu pengamatan dari hasil pengolahan yang didapat. Uji ini dilakukan dengan membandingkan variance dari dua strategi pengolahan tersebut, pada uji untuk mencari F hitung ini menggunakan rumus :

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \text{ or } F = \frac{s_2^2}{s_1^2} \quad F = \frac{\text{Larger sample variance}}{\text{smaller sample variance}} \dots\dots\dots(1)$$

Tabel F distributions, menggunakan rumus :

$$F_{\alpha, \vartheta 2, \vartheta 1} = \frac{1}{F_{1-\alpha, \vartheta 2, \vartheta 1}} \dots\dots\dots(2)$$

Hipotesis nol (Ho) ditolak jika F hitung lebih besar daripada F tabel, hal ini menandakan adanya perbedaan hasil pengolahan akibat pengaruh titik ikat dan variasi waktu. Ho diterima jika F hitung lebih kecil dari F tabel, hal ini menandakan tidak adanya perbedaan hasil pengolahan akibat pengaruh titik ikat dan variasi waktu.

Berikut hasil analisis dengan selang kepercayaan 95%, yaitu :

1. Titik ikat CORS BIG

Strategi I.A dengan Strategi I.B

$$F \text{ hitung} = \frac{0.0518700}{0.0511700} = 1,014$$

$$F \text{ tabel} = 3,72$$

Dalam uji ini, F hitung < F tabel = 1,014 < 3,72 yang berarti Ho diterima. Hal ini menandakan tidak

adanya perbedaan hasil pengolahan akibat pengaruh titik ikat dan variasi waktu.

2. Titik ikat stasiun IGS

Strategi III.A dengan Strategi III.B

$$F \text{ hitung} = \frac{0,0001198}{0,0000723} = 1,657$$

$$F \text{ tabel} = 3,72$$

Dalam uji ini, $F \text{ hitung} < F \text{ tabel} = 1,657 < 3,72$ yang berarti H_0 diterima. Hal ini menandakan tidak adanya perbedaan hasil pengolahan akibat pengaruh titik ikat dan variasi waktu.

3. Titik ikat CORS BIG dengan titik ikat stasiun IGS Strategi I.A dengan Strategi V.A

$$F \text{ hitung} = \frac{0,0025359}{0,0001017} = 24,944$$

$$F \text{ tabel} = 3,72$$

Dalam uji ini, $F \text{ hitung} > F \text{ tabel} = 24,944 > 3,72$ yang berarti H_0 ditolak. Hal ini menandakan adanya perbedaan hasil pengolahan akibat pengaruh titik ikat dan variasi waktu.

Dari ketiga uji ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil dari pengolahan yang didapat dari 5 strategi pengolahan memiliki hasil yang berbeda. Berdasarkan perhitungan uji F di atas untuk perbandingan antar titik ikat CORS BIG, hipotesis nol diterima dan juga untuk perbandingan antar titik ikat stasiun IGS hipotesis nolnya diterima sedangkan untuk perbandingan antara titik ikat CORS BIG dengan titik ikat stasiun IGS, hasil hipotesis nol ditolak. Hal ini menandakan adanya perbedaan dari kedua hasil ini.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Penambahan jumlah titik ikat dalam pengolahan GPS terdapat perbedaan antara pengolahan dengan titik ikat CORS BIG dan stasiun IGS. Pengikatan terhadap stasiun CORS BIG memiliki rata-rata nilai standar deviasi yang besar yaitu 40 mm - 50 mm, sedangkan pengikatan terhadap stasiun IGS memiliki rata-rata nilai standar deviasi yaitu 3 mm - 1,5 mm.
2. Variasi waktu mempengaruhi ketelitian koordinat. Pada strategi V, pengolahan dengan waktu pengamatan 12 jam memiliki rata-rata standar deviasi sumbu X,Y, dan Z yaitu : 10,08 mm, 14,78 mm, dan 4,31 mm sedangkan pengolahan dengan waktu 24 jam memiliki rata-rata standar deviasi untuk sumbu X,Y, dan Z yaitu : 6,83 mm, 9,63 mm, dan 3,07 mm.
3. Strategi pengolahan GPS berdasarkan Jumlah titik ikat dan variasi waktu berpengaruh dalam mereduksi kesalahan dan bias dalam pengolahan GPS. Peningkatan ketelitian dengan titik ikat stasiun CORS BIG terhadap pengikatan dengan stasiun IGS sebesar 30 mm. peningkatan ketelitian koordinat berdasarkan titik ikat stasiun IGS rata-

rata sebesar 0,5 mm dan untuk titik ikat stasiun CORS BIG rata-rata sebesar 1 mm.

V.2. Saran

Dari penelitian kali ini terdapat saran yang dapat diberikan untuk kemajuan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya untuk melihat pengaruh bias troposfer terhadap pengolahan GPS dengan *software* ilmiah GAMIT.
2. Mengidentifikasi pengaruh nilai outlier terhadap ketelitian pengolahan GPS.
3. Untuk penelitian selanjutnya untuk melihat pengaruh panjang *baseline*, disarankan menggunakan titik ikat CORS dengan panjang dibawah 100 km.
4. Untuk penelitian selanjutnya agar melihat pengaruh variasi waktu yang lebih signifikan, disarankan menggunakan waktu pengamatan dibawah 12 jam.

DAFTAR REFERENSI

- Abidin, H.Z., 2001, Geodesi Satelit. Jakarta : PT. Pradnya Paramitha.
- Abidin, H.Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z. 2008. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Pradnya Paramita: Jakarta.
- Abidin, Hasanuddin Z, C. Subarya, B. Muslim, F.H. Adiyanto, I. Meilano, H. Andreas, and I. Gumilar. 2010. The Applications of GPS CORS in Indonesia: Status, Prospect and Limitation. Paper presented at the FIG Congress 2010 Sydney, Australia, 11-16 April 2010.
- Purba, Edy Saputra. 2013. Penentuan Koordinat Definitif Epoch 2013 Stasiun CORS Geodesi UNDIP dengan Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.4. Skripsi. Program Studi Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rahadi, M.E. 2013. Analisis ketelitian pengukuran *baseline* panjang gnss dengan menggunakan perangkat lunak GAMIT 10.4 dan Topcon Tools V.5. Skripsi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Yoga, Arif. 2011. Analisis Posisi dan Ketelitian Geodetik pada GNSS Base Station di Bendungan Sermo yang Diikatkan ke ITRF97, ITRF00, ITRF05 dan ITRF08. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.