

TUGAS AKHIR – RM184831

**ANALISIS PERBANDINGAN KETELITIAN
PADA GPS GEODETIK TOPCON HIPER PRO
DAN GPS *LOW-COST* ALLYSTAR HD9100
(Studi Kasus: Kota Surabaya)**

MAHFUD RUSYIDI
NRP 0331154000031

Dosen Pembimbing
Mokhammad Nur Cahyadi, ST, MSc, PhD

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR – RM184831

**ANALISIS PERBANDINGAN KETELITIAN
PADA GPS GEODETIK TOPCON HIPER PRO
DAN GPS *LOW-COST* ALLYSTAR HD9100
(Studi Kasus: Kota Surabaya)**

MAHFUD RUSYIDI
NRP 0331154000031

Dosen Pembimbing
Mokhamad Nur Cahyadi, ST, MSc, PhD

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT – RM184831

**ANALYSIS COMPARISON OF ACCYRACY
GEODETIC GPS TOPCON HIPER PRO AND
LOW-COST GPS ALLYSTAR HD9100 (Case
Study: Surabaya City)**

MAHFUD RUSYIDI
NRP 03311540000031

Supervisor
Mokhamad Nur Cahyadi, ST, MSc, PhD

DEPARTMEN GEOMATICS ENGINEERING
Faculty Civil, Enviromental dan Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS PERBANDINGAN KETELITIAN PADA GPS
GEODETIK TOPCON HIPER PRO DAN GPS *LOW-COST*
ALLYSTAR HD9100 (Studi Kasus: Kota Surabaya)**

Nama Mahasiswa : Mahfud Rusyidi
NRP : 0331154000031
Departemen : Teknik Geomatika
**Dosen Pembimbing: Mokhamad Nur Cahyadi, S.T,
MSc., Ph.D.**

ABSTRAK

GPS geodetik banyak digunakan dalam survei pemetaan dalam menentukan posisi dengan akurasi mencapai milimeter. GPS memiliki perkembangan yang pesat dan telah dikembangkan GPS *low cost* dengan menggunakan frekuensi tunggal. Metode yang sering digunakan untuk penentuan posisi yang tepat dengan GPS *low cost* adalah *Real-Time Kinematic* (RTK) yang dapat memperoleh data akurasi hingga sentimeter secara *real-time* dengan menggunakan data fase. Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan akurasi dan presisi dari GPS geodetik dan GPS *low cost* dengan menggunakan data pengukuran GPS dengan lama waktu pada pengukuran statik dan jarak baseline pada pengukuran RTK. Hasilnya menunjukkan lama waktu pengukuran secara statik hanya berpengaruh pada RMS error titik BM ITS 01. Jarak optimal pengukuran RTK selama 2 menit pada GPS geodetik adalah 0-2.000 meter sedangkan pada GPS *low cost* adalah 0-10.000 meter. Pada pengukuran RTK dengan ambiguitas fase fix menunjukkan bahwa ketelitian presisi dari GPS *low cost* sama dengan GPS geodetik. Pada pengukuran dengan metode statik dan RTK menunjukkan bahwa ketelitian akurasi GPS *low cost* tidak sama dengan GPS geodetik.

kata kunci : GPS geodetik, GPS *low cost*, statik, RTK

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALYSIS COMPARISON OF ACCURACY GEODETIC
GPS TOPCON HIPER PRO AND LOW-COST GPS
ALLYSTAR HD9100 (Case Study: Surabaya City)**

Name : Mahfud Rusyidi
NRP : 0331154000031
Departmen : Geomatic Engineering
**Supervisor : Mokhamad Nur Cahyadi, S.T,
MSc., Ph.D.**

ABSTRACT

GPS geodetic is often used in mapping surveys in positioning with accuracy up to millimeters. GPS development has rapidly developed low cost GPS using a single frequency. The method often used for precise positioning with low cost GPS is Real-Time Kinematic (RTK) which can obtain accurate data up to centimeters in real-time using phase data. In this study a comparison of the accuracy and precision geodetic GPS and low cost GPS using rinex data with different observation times. The results show the length of time in the static method only affects the RMS error in BM ITS 01. Optimal distance with the RTK method for 2 minutes on GPS geodetic is 0-2,000 meters while the GPS low cost is 0-10,000 meters. In the measurements using RTK method with fix phase ambiguity indicate that precision of low cost GPS is the same as geodetic GPS. In the measurements using static method RTK method show that accuracy of low cost GPS not the same as geodetic GPS.

keywords: geodetic GPS, low cost GPS, static, RTK

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**ANALISIS PERBANDINGAN KETELITIAN PADA GPS
GEODETIK TOPCON HIPER PRO DAN GPS *LOW-COST*
ALLYSTAR HD9100
(Studi Kasus: Kota Surabaya)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MAHFUD RUSYIDI
NRP. 03311540000031

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

I. Mokhammad Nur Cahyadi, S.T.

NIP. 1981 1223 2005 01 1002



SURABAYA, JULI 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa saya haturkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Perbandingan Ketelitian Pada GPS Geodetik Topcon Hiper Pro DAN GPS *Low-cost* Allystar HD9100 (Studi Kasus: Kota Surabaya)” dengan lancar dan tepat pada waktunya. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu prasyarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Strata-1 di Departemen Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tersusunnya Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis Suwarso Budi A dan Mutmainah yang selalu memotivasi, mendoakan, memberikan dukungan baik secara moril maupun finansial selama menjalani masa perkuliahan dan pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS sekaligus dosen wali dan doseng pembimbing yang telah memberikan banyak pengarahan, bimbingan, ilmu, kesempatan, dan waktu, untuk membantu penulis.
3. Bapak Imam Satria Yudha S.T., yang selalu membantu saya selama pengolahan dan pengambilan data Tugas Akhir.
4. Saudara seperjuangan Teknik Geomatika ITS angkatan 2015 (G17) yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta masukan yang membangun.
5. Serta berbagai pihak yang tidak bias disebutkan satu-persatu, penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Laporan Tugas Akhir (TA) ini disusun sebagai penunjang untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan kepada para pembaca. Penulis mohon maaf jika masih terdapat kekurangan

dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka dari itu penulis mengharapkan kritik maupun saran dari pembaca untuk perbaikan yang semestinya.

Surabaya, Juli 2019

Mahfud Rusyidi

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
LEMBAR PENGESAHAN.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Permasalahan.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Global Positioning System (GPS).....	5
2.1.1. Kesalahan Pada Pengukuran GPS.....	6
2.2. Penentuan posisi dengan GPS.....	10
2.2.1 Metode kinematik	13
2.2.2. Metode Statik.....	14
2.2.3. RTK (<i>Real-Time Kinematic</i>).....	15
2.2.4. Precise Point Positioning (PPP)	19
2.3. ALLYSTAR.....	20

2.4. CORS (<i>Continuously Operating Reference Station</i>)	21
2.5. RTKLIB	24
2.6. Topcon Tools	25
2.7. Uji Statistik.....	26
2.7.1. Simpangan Baku dan RMS	26
2.7.2. Hipotesis Statistik	27
2.8. Penelitian Terdahulu	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Lokasi Penelitian.....	35
3.2. Data dan Peralatan.....	36
3.2.1. Data.....	36
3.2.2. Peralatan.....	36
3.3. Metode Penelitian.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Hasil	43
4.1.1. Hasil Koordinat Yang Dianggap Benar	43
4.1.2. Hasil Koordinat Pengolahan GPS Metode <i>Post Processing</i>	43
4.1.3. Hasil Koordinat GPS Metode <i>Preceise Point Processing (PPP)</i>	47
4.1.4. Hasil Koordinat GPS Metode RTK	48
4.1.5. Hasil Pengukuran Kinematik	59
4.1.6. Hasil Pengukuran Persil	61
4.2. Pembahasan.....	66

4.2.1. Analisis Presisi	66
4.2.2. Analisis Akurasi.....	73
4.2.3. Uji F	79
4.2.4. Uji T.....	85
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	93
5.1. Kesimpulan	93
5.2. Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN	97
BIODATA PENULIS.....	103

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS	11
Gambar 2.2	Metode kinematik (Abidin, 1994)	13
Gambar 2.3	Metode statik	14
Gambar 2.4	Single base RTK (Direktorat Pengukuran Dasar, 2011)	17
Gambar 2.5	Network RTK (Direktorat Pengukuran Dasar, 2011)	17
Gambar 2.6	Chipset Allystar (Allystar, 2016).....	21
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian	35
Gambar 3.2	Diagram Alir Tahapan Penelitian	39
Gambar 4.1	<i>North Error</i> dan <i>Easting Error</i> RTK GPS geodetik BM ITS 01	49
Gambar 4.2	<i>Height Error</i> RTK GPS geodetik BM ITS 01	50
Gambar 4.3	<i>North Error</i> dan <i>Easting Error</i> RTK GPS geodetik Sakura	50
Gambar 4.4	<i>Height Error</i> RTK GPS geodetik Sakura	51
Gambar 4.5	<i>North Error</i> dan <i>Easting Error</i> RTK GPS geodetik Stadion (CSBY).....	51
Gambar 4.6	<i>Height Error</i> RTK GPS geodetik Stadion (CSBY).....	52
Gambar 4.7	<i>North Error</i> dan <i>Easting Error</i> RTK GPS geodetik Stadion (ITSN)	52
Gambar 4.8	<i>Height Error</i> RTK GPS geodetik Stadion (ITSN)	53
Gambar 4.9	<i>North Error</i> dan <i>Easting Error</i> RTK GPS Allystar BM ITS 01	55
Gambar 4.10	<i>Height Error</i> RTK GPS Allystar BM ITS 01	55
Gambar 4.11	<i>North Error</i> dan <i>Easting Error</i> RTK GPS Allystar Sakura	56
Gambar 4.12	<i>Height Error</i> RTK GPS Allystar Sakura	56

Gambar 4.13	<i>North Error</i> dan <i>Easting Error</i> RTK GPS Allystar Stadion (CSBY).....	57
Gambar 4.14	<i>Height Error</i> RTK GPS Allystar Stadion (CSBY).....	57
Gambar 4.15	<i>North Error</i> dan <i>Easting Error</i> RTK GPS Allystar Stadion (ITSN)	58
Gambar 4.16	<i>Height Error</i> RTK GPS Allystar Stadion (ITSN)	58
Gambar 4.17	RTK+KinematikGPS geodetik.....	60
Gambar 4.18	RTK+Kinematik GPS low cost	61
Gambar 4.19	Hasil Persil GPS geodetik pengukuran statik	63
Gambar 4.20	Hasil Persil GPS geodetik	64
Gambar 4.21	Hasil Persil GPS <i>low cost</i>	66

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Spesifikasi GPS Topcon Hiper Pro (Topcon, 2006).....	37
Tabel 3.2	Spesifikasi GPS Allystar (Allystar, 2016).....	38
Tabel 4.1	Hasil Koordinat yang dianggap benar	43
Tabel 4.2	Hasil Koordinat BM ITS 01 metode <i>post processing</i> GPS geodetik.....	44
Tabel 4.3	Hasil Koordinat BM ITS 01 metode <i>post processing</i> GPS Allystar	44
Tabel 4.4	Hasil Koordinat Stadion (CSBY) metode <i>post processing</i> GPS Geodetik.....	45
Tabel 4.5	Hasil Koordinat Stadion (ITSN) metode <i>post processing</i> GPS Geodetik.....	45
Tabel 4.6	Hasil Koordinat Stadion (CSBY) metode <i>post processing</i> GPS Allystar	46
Tabel 4.7	Hasil Koordinat Stadion (ITSN) metode <i>post processing</i> GPS Allystar	46
Tabel 4.8	Hasil Koordinat sakura metode <i>post processing</i> GPS geodetik.....	47
Tabel 4.9	Hasil Koordinat sakura metode <i>post processing</i> GPS Allystar	47
Tabel 4.10	Hasil Koordinat metode PPP GPS geodetik.....	47
Tabel 4.11	Hasil Koordinat metode PPP GPS Allystar.....	48
Tabel 4.12	Hasil koordinat RTK GPS geodetik	48
Tabel 4.13	Hasil Koordinat FIX RTK GPS geodetik.....	53
Tabel 4.14	Hasil Koordinat RTK GPS Allystar	54
Tabel 4.15	Hasil Koordinat FIX RTK GPS Allystar.....	59
Tabel 4.16	Koordinat persil GPS geodetik pengukuran statik	62
Tabel 4.17	Panjang Persil GPS geodetik.....	62

Tabel 4.18 Koordinat persil GPS geodetik.....	63
Tabel 4.19 Panjang Persil GPS geodetik.....	64
Tabel 4.20 Koordinat persil GPS <i>low cost</i>	65
Tabel 4.21 Panjang Persil GPS <i>low cost</i>	65
Tabel 4.22 Standart deviasi pengukuran statik selama 2 jam.....	67
Tabel 4.23 Standart deviasi pengukuran statik selama 4 jam.....	67
Tabel 4.24 Standart deviasi pengukuran statik selama 6 jam.....	68
Tabel 4.25Standart deviasi pengolahan GPS statik secara PPP ..	70
Tabel 4.26 Standart deviasi pengukuran RTK secara keseluruhan	71
Tabel 4.27 Standart deviasi pengukuran RTK dengan ambiguitas fase fix.....	72
Tabel 4.28 RMS error pengukuran statik selama 2 jam	73
Tabel 4.29 RMS error pengukuran statik selama 4 jam	74
Tabel 4.30 RMS error pengukuran statik selama 6 jam	74
Tabel 4.31 RMS error prngolahan GPS statik secara PPP	76
Tabel 4.32 RMS error pengukuran RTK secara keseluruhan.....	77
Tabel 4.33 RMS error pengukuran RTK secara fix	78
Tabel 4.34 Uji F koordinat easting pengukuran statik	80
Tabel 4.35 Uji F metode PPP	81
Tabel 4.36 Uji F koordinat RTK secara keseluruhan	83
Tabel 4.37 Uji F koordinat RTK secara Fix.....	84
Tabel 4.38 Kordinat rata-rata pengukuran statik GPS geodetik..	86
Tabel 4.39 Uji T koordinat easting pengukuran statik	86
Tabel 4.40 Koordinat rata-rata metode PPP.....	88
Tabel 4.41 Uji T metode PPP.....	88
Tabel 4.42 Uji T koordinat RTK secara keseluruhan.....	90
Tabel 4.43 Uji T koordinat RTK secara Fix.....	91

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

GPS geodetik telah banyak digunakan dalam dunia survei pemetaan karena penggunaannya yang sangat mudah dan efisien. Dengan menggunakan sinyal *code / pseudorange*, pengguna GPS dapat menentukan posisi mereka. GPS geodetik juga sudah memiliki akurasi yang tinggi dalam penentuan posisi dengan akurasi mencapai milimeter. GPS geodetik juga memiliki kekurangan yaitu harganya yang mahal berkisar ratusan juta rupiah.

GPS memiliki perkembangan yang pesat dan telah dikembangkan GPS *low cost* dengan beberapa kelebihanannya yaitu : ukuran yang lebih kecil, berat yang ringan, memiliki harga jual yang lebih rendah, dan penggunaan yang mudah. GPS *low cost* juga dilengkapi untuk aplikasi *Real-Time Kinematic* (RTK). Metode yang sering digunakan untuk penentuan posisi yang tepat dengan GPS *low cost* adalah *Real-Time Kinematic* (RTK) yang dapat memperoleh data akurasi hingga sentimeter secara *real-time* dengan menggunakan data fase.

RTKLIB adalah perangkat lunak pengolah data GPS secara *Real-Time kinematic* (RTK) yang dikembangkan pada saat ini adalah. RTKLIB ini merupakan perangkat lunak yang bebas diunduh dan digunakan oleh siapa saja. Perangkat lunak ini juga dapat melakukan pemrosesan data secara cepat dan dalam pemrosesan datanya dapat diintegrasikan secara *real time* maupun *post processing*.

GPS *low cost* dengan harga terjangkau serta proses data yang sangat cepat dengan menggunakan RTKLIB. Pengguna GPS bisa langsung mendapatkan hasil tanpa perlu menunggu pengolahan data yang lama. Semua kelebihan yang sudah dimiliki oleh GPS *low cost* akan dilakukan uji lapangan untuk

mendapatkan nilai akurasi dan presisi dari alat GPS *low cost* tersebut.

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan nilai akurasi dan presisi dari GPS geodetik dan GPS *low cost* dengan menggunakan data pengukur GPS dengan *baseline* panjang dan pendek. Pada penelitian ini digunakan dua metode pengukuran yaitu statik dan kinematik. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam penentuan nilai akurasi dan presisi terhadap GPS *low cost*.

1.2. Rumusan Permasalahan

Rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Berapa ketelitian nilai koordinat dari GPS *low-cost* Allystar dan GPS Geodetik Topcon HiperPro?
- b. Apakah ketelitian nilai koordinat antara GPS Geodetik Topcon HiperPro sama dengan GNSS *Low-cost* Allystar?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Alat GPS yang dilakukan analisa dalam penelitian ini adalah GPS Geodetic Topcon HiperPro dan GPS *low cost* Allystar tipe HD9100.
- b. Metode pengukuran dan pengolahan data untuk penelitian adalah *Post Processing*, Statik, RTK+kinematik dan *Precise Point Positioning*.
- c. *Software* yang digunakan untuk pengolahan *Post Processing* GPS adalah Topcon tools dan RTKPost.
- d. Metode pengukuran RTK GPS dilakukan dengan mencari jarak yang optimal antara titik CORS sebagai base dengan titik pengukuran GPS dengan metode RTK.

- e. Data CORS yang digunakan adalah CSBY (CORS Kota Surabaya) dan ITSN (CORS Departemen Teknik Geomatika ITS).
- f. Jarak dari rover ke base yang digunakan ada empat, yaitu: ± 200 m, ± 500 m, ± 2000 m, ± 10.000 m.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Analisis Pengaruh lama waktu pengukuran pada GPS Geodetik dan GPS *low cost* Allystar dengan metode statik.
- b. Analisis perbandingan jarak base ke rover pada GPS Geodetik dan GPS *low cost* Allystar untuk pengukuran RTK selama 2 menit.
- c. Analisis perbandingan akurasi dan presisi nilai koordinat antara GPS Geodetik dan GPS *low cost* Allystar.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui Pengaruh lama waktu pengukuran pada GPS Geodetik dan GPS *low cost* Allystar dengan metode statik.
- b. Mengetahui akurasi dan presisi nilai koordinat dari GPS *low cost* Allystar HD9100 dan GPS Geodetik Topcon Hiper pro.
- c. Mengetahui jarak *baseline* optimal pada pengukuran RTK selama 2 menit dengan menggunakan GPS geodetik dan GPS *low cost*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Global Positioning System (GPS)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini di desain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia tanpa bergantung waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara simultan. Pada saat ini sistem GPS sudah banyak digunakan orang di seluruh dunia. Di Indonesia pun GPS sudah banyak diaplikasikan terutama yang terkait tentang aplikasi penentuan posisi (Abidin, 2006).

Dibandingkan dengan sistem dan metode penentuan posisi lainnya, GPS memiliki kelebihan dan menawarkan lebih banyak keuntungan, baik dalam segi operasionalisasinya maupun kualitas posisi yang di berikan. Satelit GPS yang ada di luar angkasa memancarkan sinyal yang berisi data yang nantinya diterima oleh receiver yang ada di bumi. Pada prinsipnya satelit GPS memancarkan sinyal untuk memberitahu si pengamat sinyal tersebut tentang posisi satelit GPS yang bersangkutan serta jaraknya dari pengamat lengkap dengan informasi waktunya (Abidin, 2006). Data pengamatan dasar GPS adalah waktu tempuh (Δt) dari kode-kode P dan C/A serta fase (carrier-phase), penginformasi satelit (Navigation Message) dan gelombang pembawa L1 dan L2. Seseorang dapat mengamati sebagian atau seluruh jenis pengamatan tersebut tergantung pada jenis dan tipe alat penerima sinyal GPS (GPS receiver) yang digunakan. Hasil pengamatan tersebut terkait dengan posisi pengamat (x,y,z) (Abidin, 2006).

Pada saat ini, sistem GPS sudah sangat banyak digunakan orang di seluruh dunia dalam berbagai bidang aplikasi. Di Indonesia pun, GPS sudah banyak diaplikasikan, terutama yang terkait dengan aplikasi-aplikasi yang menuntut

informasi tentang posisi ataupun perubahan posisi. Dibandingkan dengan sistem dan metode penentuan posisi lainnya, GPS mempunyai banyak kelebihan dan menawarkan lebih banyak keuntungan, baik dalam segi operasionalnya maupun kualitas posisi yang diberikan.

2.1.1. Kesalahan Pada Pengukuran GPS

Kesalahan dan Bias Kesalahan yang terjadi pada pengamatan GPS pada dasarnya terkait dengan (Abidin, 1993):

1. Kesalahan ephemeris

Kesalahan ephemeris adalah kesalahan dimana orbit satelit yang dilaporkan tidak sama dengan orbit satelit yang sebenarnya. Pada dasarnya dapat disebabkan oleh faktor:

- Kekurang telitian pada proses perhitungan orbit satelit oleh station pengontrol satelit
- Kesalahan dalam prediksi orbit untuk periode setelah uploading ke satelit
- Penerapan kesalahan yang sengaja seperti pada selective availability (SA) yang sejak 2 mei 2000 telah ditiadakan.

Untuk mereduksi kesalahan orbit yaitu dengan:

- Terapkan metode *differential positioning*
- Perpendek panjang *baseline*
- Perpanjang interval waktu pengamatan
- Tentukan parameter kesalahan orbit dalam proses estimasi
- Gunakan informasi orbit yang lebih teliti seperti *ultra rapid ephemeris*, *rapid ephemeris* atau *precise ephemeris*.

2. Bias Ionosfer

Ionosfer adalah bagian dari atmosfer yang mempunyai sejumlah elektron dan ion bebas dimana ion bebas dan elektron ini mempengaruhi

perambatan gelombang radio. Lapisan ionosfer terletak kira-kira antara 60 sampai dengan 1000 km. besarnya jumlah elektron dan ion bebas tergantung dari aktifitas matahari. Efek bias ionosfer mempunyai variasi spasial dan juga temporal.

- Variasi spasial efek umumnya berfrekuensi rendah dan terutama terkait dengan regionalisasi dari aktivitas ionosfer pada daerah ekuator umumnya mempunyai nilai yang besar tetapi relatif stabil. Pada daerah auroral nilai biasanya kecil tetapi cukup fluktuatif. Sedangkan untuk daerah lingang menengah nilai biasanya dan fluktuatifnya berada pada level menengah.
- Variasi temporal efek ionosfer bisa berfrekuensi tinggi (*scintillation*), menengah (variasi harian dan musiman) maupun rendah (variasi 11 tahunan).
 - *Scintillation* adalah variasi temporal berfrekuensi tinggi pada amplitudo fase sinyal, yang disebabkan adanya ketidakteraturan (*irregularity*) pada lapisan ionosfer. Efek ini mempunyai efek yang maksimum di daerah ekuator pada 300 dikeduasi pada waktu kira-kira 1 jam setelah matahari terbenam sampai dengan tengah malam. Efek ini kurang berarti pada bulan april sampai dengan agustus di daerah afrika amerika dan india namun maksimum di daerah pasifik. Dan pada bulan september sampai dengan maret terjadi sebaliknya.
 - Efek harian secara empirik didapatkan sesuai dengan aktifitas matahari yang

relatif tinggi dengan nilai TEC yang terbesar pada jam 2 siang waktu setempat.

- Jumlah sunspot mempunyai siklus 11 tahunan dalam survei GPS karakteristik sunspot ini sebaiknya diperhitungkan juga.

Untuk mereduksi efek ionosfer ini adalah:

- Gunakan GPS dengan 2 frekuensi (L1,L2)
- Lakukan differencing data pengamatan
- *Baseline* yang pendek
- Pengamatan pada pagi atau malam hari
- Gunakan model prediksi global ionosfer
- Gunakan parameter koreksi yang dikirim oleh sistem satelit

3. Bias Troposfer

Lapisan troposfer adalah lapisan netral yang berbatasan dengan permukaan bumi dimana temperaturnya menurun seiring dengan ketinggian dari permukaan bumi. Lapisan ini mempunyai ketebalan sekitar 9 sampai dengan 16 km. ketika sinyal GPS masuk ke lapisan ini akan terjadi refraksi yang menyebabkan adanya perubahan kecepatan dan arah, beberapa cara untuk mereduksi efek ini adalah:

- *Differencing* data pengamatan
- Perpendek *baseline*
- Diusahakan pada ketinggian dan metrologis yang sama
- Menggunakan model koreksi lokal troposfer
- Menggunakan pengamatan water vapor radiometer (WVR) untuk mengeliminasi besarnya komponen basah

- Estimasi besarnya parameter bias troposfer dalam bentuk zenith scale factor untuk setiap lintasan satelit
- Gunakan parameter koreksi yang dikirimkan oleh sistem WADGPS

4. Multipath

Multipath adalah pantulan dari benda-benda disekitar receiver. Ada beberapa pendekatan dalam menghadapi multipath:

- Hindari lingkungan yang reflektif
- Gunakan antena GPS yang baik dan tepat
- Gunakan bidang dasar antena pengabsorpsi sinyal
- Jangan amati satelit yang berelevasi rendah
- Lakukan pengamatan yang realatif panjang

5. Ambiguitas fase (*cycle ambiguity*)

Ambiguitas adalah jumlah gelombang penuh yang tidak terukur oleh GPS. Ambiguitas ini merupakan bilangan bulat. Pada One-Way dan single difference ambiguitas ini tidak bisa dipisahkan dengan kesalahan dari jam satelit dan receiver, sedangkan pada pengamatan double difference efek dari kesalahan jam receiver dan satelit sudah dieliminasi sehingga sifat kebulatan harganya dapat ditentukan.

6. Cycle slips

Cycle slips adalah ketidak kontinyuan dalam jumlah gelombang penuh dari fase gelombang pembawa yang diamati karena terputus dalam pengamatan sinyal. Cycle slips ini disebabkan :

- Mematikan dan menghidupkan receiver.

- Terhalangnya sinyal untuk diterima oleh antena
- Rendahnya ratio signal to noise
- Adanya kerusakan komponen dalam receiver

Beberapa metode yang umum diterapkan yaitu:

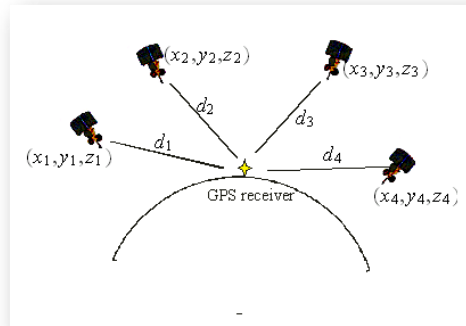
- Penggunaan polinomial berorde rendah yang dicocokkan (fitting) ke time series dari variable yang diuji
- Penggunaan model dinamik untuk memprediksi data ukuran dengan menggunakan kalman filter
- Penggunaan differencing data ukuran yang berorde 2,3,dan 4

Kesalahan jam Kesalahan jam ada dua yaitu jam satelit dan jam receiver. Kesalahan jam satelit terjadi karena ada penyimpangan offset, drift dan drift rate. Dalam pesan navigasi GPS diberikan parameter untuk mengkoreksi penyimpangan jam satelit tersebut yaitu a_0 , a_1 dan a_2 yang masing-masing merepresentasikan offset waktu, offset frekuensi dan frequency drift. Komponen kesalahan pada jam receiver lebih besar dibandingkan dengan jam satelit dikarenakan penggunaan jam yang berbeda. Ada dua cara untuk menanggulangi kesalahan ini yaitu dengan mengestimasi parameter kesalahan jam receiver (offset, drift dan drift rate) dan juga dengan melakukan differencing data pengamatan

2.2. Penentuan posisi dengan GPS

Penentuan posisi pada GPS pada dasarnya menggunakan pengikatan kebelakang (reseksi) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa

satelit GPS yang telah diketahui koordinatnya. pengukuran jarak simultan dilakukan lebih dari satu satelit.



Gambar 2.1 Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS (Endang, 2011)

Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi 3 dimensi (X , Y , Z dan ϕ , λ , h) yang dinyatakan dalam datum WGS (*World Geodetic System*) 1984. Dengan GPS titik yang akan ditentukan dapat diam (Statik) ataupun bergerak (Kinematik). Posisi titik dapat ditentukan dengan menggunakan dua receiver terhadap titik yang telah diketahui koordinatnya dengan menggunakan metode *differential positioning*. Disamping itu GPS dapat memberikan posisi secara instan (*real time*) ataupun sesudah pengamatan setelah data pengamatannya di proses secara ekstensif (*post processing*) yang biasanya dilakukan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik.

Pengiriman sinyal GPS disertai dengan informasi tentang kedudukan satelit serta jarak satelit tersebut ke pengamat. Selain itu sinyal GPS mengirimkan juga kelaikgunaan satelit tersebut serta informasi pendukung lainnya seperti parameter koreksi jam satelit, parameter model ionosfer satu frekuensi dalam model Klobuchar, transformasi

waktu dari GPS keUTC dan konstelasi satelit. Pada dasarnya ada 3 komponen sinyal GPS yaitu:

1. Jarak berupa kode P(Y) dan C/A
2. Posisi satelit dalam navigation message
3. Gelombang pembawa (Carrier wave) L1 dan L2

Persamaan pengamatan pseudorange adalah:

$$P_i = \rho + d\rho - I_i + T + (dt - dT)c + M_i + v_i \quad (1)$$

Dengan $P_i = c \cdot \Delta t_i$ adalah pseudorange pada frekuensi $f_i(m)$, ($i=1,2$). ρ adalah jarak geometri antara receiver dengan satelit. C kecepatan cahaya dalam vakum(m/s). $d\rho$ kesalahan jarak yang disebabkan kesalahan ephemeris (orbit). I_i bias yang disebabkan oleh refraksi ionosfer pada frekuensi $f_i(m)$, ($i=1,2$). T adalah bias yang disebabkan oleh refraksi troposfer. dt, dT kesalahan dan offset dari jam receiver dan jam satelit. M_i efek multipath pada pengamatan P_i . v_i adalah noise pada hasil pengamatan P_i (Abidin, 2006).

Persamaan pengamatan fase Persamaan pengamatan fase adalah:

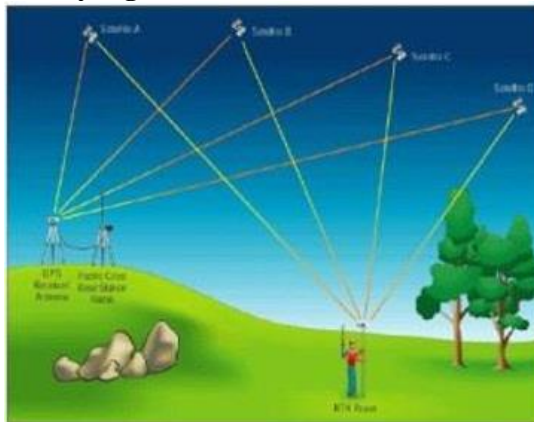
$$P_i = \rho + d\rho - I_i + T + (dt - dT)c + M_i - \lambda_i N_i + v_i \quad (2)$$

Dengan $P_i = c \cdot \Delta t_i$ adalah pseudorange pada frekuensi $f_i(m)$, ($i=1,2$). ρ adalah jarak geometri antara receiver dengan satelit. C kecepatan cahaya dalam vakum(m/s). λ panjang gelombang dalam vakum = c/f (f =frekuensi). N_i adalah ambuigitas fase pada frekuensi $f_i(m)$, ($i=1,2$). $d\rho$ kesalahan jarak yang disebabkan kesalahan ephemeris (orbit). I_i bias yang disebabkan oleh refraksi ionosfer pada frekuensi $f_i(m)$, ($i=1,2$). T adalah bias yang disebabkan oleh refraksi troposfer. dt, dT kesalahan dan offset dari jam receiver dan jam satelit.

Mi efek multipath pada pengamatan P_i . vi adalah noise pada hasil pengamatan P_i (Abidin, 2006).

2.2.1 Metode kinematik

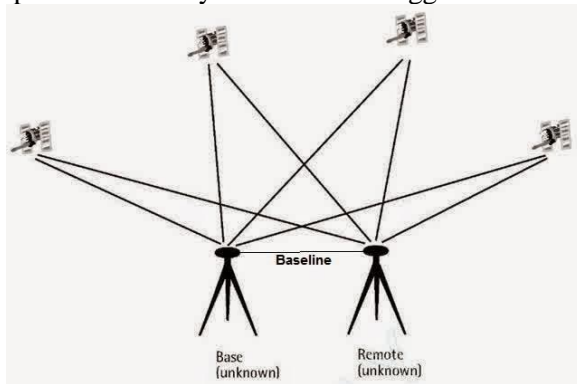
Penentuan posisi secara kinematik (*kinematic positioning*) merupakan penentuan posisi dari titik-titik yang bergerak dan receiver GPS tidak dapat atau tidak mempunyai kesempatan untuk berhenti pada titik-titik tersebut. Penentuan posisi kinematik ini dapat dilakukan secara absolut ataupun diferensial dengan menggunakan data pseudorange dan/atau fase. Hasil penentuan posisi dapat diperlukan saat pengamatan (*real-time*) ataupun sesudah pengamatan (*post processing*). Berdasarkan pada jenis data yang digunakan serta metode penentuan posisi yang digunakan, ketelitian posisi kinematik yang diberikan oleh GPS dapat berkisar dari tingkat rendah (penentuan posisi absolut dengan pseudorange) sampai tingkat tinggi (penentuan posisi diferensial dengan fase) **Sumber yang ditentukan tidak valid..**



Gambar 2.2 Metode kinematik (Abidin, 1994)

2.2.2. Metode Statik

Metode penentuan posisi secara statik adalah penentuan posisi dari titik yang statik (diam). Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial dengan menggunakan data pseudorange dan/atau fase. Ukuran lebih dari suatu titik pengamatan yang dilakukan dengan metode statik biasanya lebih banyak. ini menyebabkan ketelitian yang diperoleh umumnya relatif lebih tinggi.



Gambar 2.3 Metode statik (Endang, 2011)

Pada prinsipnya survei GPS bertumpu pada metode penentuan posisi statik secara diferensial menggunakan data fase. Dalam hal ini pengamatan GPS umumnya dilakukan *baseline* per *baseline* selama selang waktu tertentu dalam suatu jaringan (kerangka) dari titik-titik yang akan ditentukan posisinya. (BPN, 2017)

Pengolahan data dari setiap *baseline* pada dasarnya bertujuan untuk menentukan nilai estimasi dari vektor base line atau koordinat relatif (dX , dY , dZ). Proses estimasi yang digunakan untuk pengolahan

baseline pada umumnya berbasiskan metode kuadrat terkecil (*least-square*).

2.2.3. **RTK (Real-Time Kinematic)**

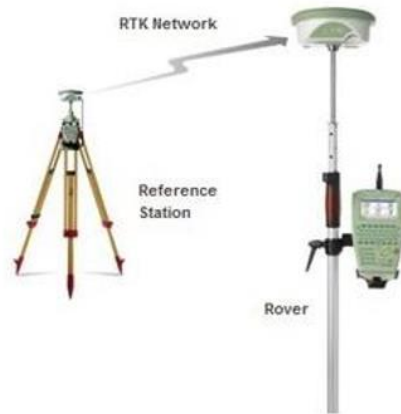
Sistem RTK (Real-Time-Kinematik) adalah suatu akronim yang sudah umum digunakan untuk sistem penentuan posisi real-time secara differensial menggunakan data fase. Untuk merealisasikan tuntutan real time nya, stasiun referensi harus mengirimkan data fase dan pseudorange-nya ke pengguna secara real-time menggunakan sistem komunikasi data tertentu. Stasiun referensi dan pengguna harus dilengkapi dengan perangkat pemancar dan penerima data. Ketelitian tipikal posisi yang diberikan oleh sistem RTK adalah sekitar 1-5 cm, dengan asumsi bahwa ambiguitas fase dapat ditentukan secara benar. Untuk mencapai tingkat ketelitian tersebut, sistem RTK harus dapat menentukan ambiguitas fase dengan menggunakan jumlah data yang terbatas dan juga selagi receiver bergerak. Mekanisme penentuan ambiguitas fase yang kerap dinamakan *on the fly ambiguity* ini bukanlah hal yang mudah dilaksanakan. Dalam hal ini untuk dapat menentukan ambiguitas secara cepat dan benar umumnya diperlukan penggunaan data fase dan pseudorange dua frekuensi, geometri satelit yang relatif baik, algoritma perhitungan yang relatif handal dan mekanisme eliminasi kesalahan dan bias yang relatif baik dan tepat. Sistem RTK dapat digunakan untuk penentuan posisi obyek-obyek yang diam maupun bergerak, sehingga sistem RTK tidak hanya dapat merealisasikan survei GPS real time, tetapi juga navigasi berketelitian tinggi. Aplikasi-aplikasi yang dapat dilayani oleh sistem ini cukup beragam, antara lain staking out, penentuan dan rekonstruksi batas persil tanah, survei pertambangan, survei rekayasa dam

utilitas, serta aplikasi-apkasi lainnya yang memerlukan informasi posisi horisontal secara cepat (real-time) dengan ketelitian yang relatif tinggi dalam orde beberapa cm (Direktorat Pengukuran Dasar, 2011).

Metoda Penentuan Posisi secara Real Time Kinematik dibagi dalam dua bagian yaitu (Direktorat Pengukuran Dasar, 2011):

1. Single base RTK.

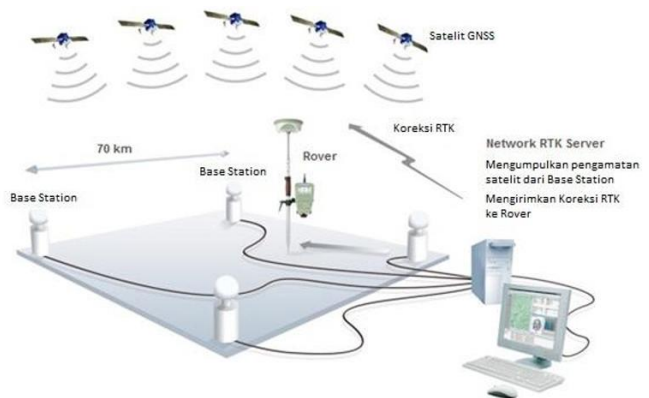
Pengamatan yang dilakukan pada metode single base RTK adalah pengamatan secara diferensial dengan menggunakan minimal dua receiver GNSS yang bekerja secara simultan dengan menggunakan data phase. Koreksi data dikirimkan secara satu arah dari base station kepada rover melalui transmisi radio. Keterbatasan dari metode RTK ini adalah semakin panjang base line antara rover dengan stasiun referensi, maka tingkat ketelitiannya akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh adanya kesalahan distance dependent (seperti perlambatan sinyal satelit GNSS akibat pengaruh ionosfer) yang semakin tinggi, karena semakin jauh jarak antara rover dengan stasiun referensi sehingga proses pemecahan resolusi ambiguitas (ambiguity resolution) antara base station dengan rover sukar untuk dilakukan . (Direktorat Pengukuran Dasar, 2011)



Gambar 2.4 Single base RTK (*Direktorat Pengukuran Dasar, 2011*)

2. Network RTK

Metode Network Real Time Kinematic (NRTK) merupakan sebuah metode penentuan posisi secara relatif dari pengamatan GNSS. NRTK merupakan pengembangan dari metode single base RTK (*Direktorat Pengukuran Dasar, 2011*).



Gambar 2.5 Network RTK (*Direktorat Pengukuran Dasar, 2011*)

Prinsip kerja Network real time kinematic (NRTK) secara umum adalah sebagai berikut. Stasiun referensi-stasiun referensi merekam data dari satelit GNSS secara kontinu yang kemudian disimpan dan atau dikirim ke server Network RTK melalui jaringan internet secara serempak. Data yang dikirimkan oleh stasiun referensi-stasiun referensi adalah data dalam format Raw data atau data mentah yang kemudian oleh server Network RTK digunakan sebagai bahan untuk melakukan koreksi data yang dapat digunakan oleh pengguna (rover). Data dalam format Raw tersebut dikirimkan secara kontinu dalam interval tertentu kepada server Network RTK melalui jaringan internet. Oleh server, data tersebut diolah dan disimpan dalam bentuk RINEX yang dapat digunakan untuk *post processing*, maupun dalam bentuk RTCM yang dikirimkan kepada rover yang membutuhkan koreksi data dari stasiun referensi. Rover berkomunikasi dengan server Network RTK menggunakan jaringan GSM/GPRS/CDMA, sehingga dapat memperoleh data koreksi hasil hitungan dengan metode Area Correction Parameter (ACP/FKP) atau Master Auxiliary Concept (MAC) atau Virtual Reference Station (VRS) atau metode-metode lainnya, melalui jaringan internet.

Pada saat ini, NRTK dianggap lebih memberikan banyak keuntungan dalam dunia penentuan posisi menggunakan GNSS, dibandingkan dengan penggunaan metode single base RTK. Hal ini dikarenakan pada single base RTK hanya terdapat satu master referensi sehingga

kendala jarak antara rover dan stasiun referensi (base station) menjadi masalah utama. Jarak akan mempengaruhi ketelitian posisi yang dihasilkan. Semakin jauh jarak antara rover dan stasiun referensi (base station), maka kualitas posisi pun akan menurun. Faktor jarak yang jauh ini, menjadi kendala dalam pemecahan ambiguity resolution, begitu juga dengan jangkauan radio komunikasi yang jauh sehingga memungkinkan terjadinya data loss dalam penyampaian informasi data dari stasiun referensi (*base station*) ke rover.

2.2.4. Precise Point Positioning (PPP)

Metode *Precise Point Positioning* (PPP) adalah teknik penentuan posisi teliti yang hanya menggunakan sebuah receiver GNSS. Metode ini dapat digunakan untuk penentuan posisi baik statik maupun kinematik, namun untuk memperoleh ketelitian pada level sentimeter, seluruh kesalahan pada pengamatan GNSS harus dimodelkan secara seksama dan dihilangkan dari data pengamatan. Metode ini pada dasarnya adalah metode penentuan posisi absolut yang menggunakan data one-way fase dan psedorange dalam bentuk kombinasi bebas ionosfer. Metode ini umumnya dioperasionalkan dalam metode stastik dan memerlukan data GPS dua frekuensi yang diamati menggunakan receiver GPS tipe geodetik.

Metode PPP juga telah banyak digunakan dalam penentuan posisi kinematik. penggunaan metode PPP untuk penentuan posisi kinematik mampu mencapai tingkat ketelitian planimetris di bawah 10 cm dan 20 cm untuk komponen tinggi. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa pemilihan algoritma pengolahan

PPP sangat menentukan kualitas solusi yang diperoleh. Tahun 2012, Marreiros juga menggunakan metode kinematik PPP untuk penentuan posisi wahana perairan dengan tingkat ketelitian di level desimeter.

Untuk pemrosesan dengan metode PPP bisa dilakukan dengan cara online, dengan mengirimkan data mentah GNSS dalam format RINEX pada website tertentu dan harus melakukan pendaftaran terlebih dahulu. Berikut alamat website untuk pemrosesan PPP online (BPN, 2017):

1. *AUSPOS*
: www.ga.gov.au/geodesy/sgc/wwwGNSS/
2. *CSRS-PPP* : www.geod.nrcan.gc.ca/ppp_e.php
3. *OPUS* : www.ngs.noaa.gov/OPUS/
4. *TRIMBLE* *RTX* :
www.trimblertx.com/UploadFrom.

2.3. ALLYSTAR

Allystar merupakan sebuah anak perusahaan dari China Electronics Corporation (CEC). Allystar bergerak pada bidang perancangan chipset GNSS. Allystar didirikan pada tahun 2013. Perusahaan Allystar dimiliki oleh 5 investor yaitu: CEC BAIC Group, SAIC Motor, Ningbo Bird, dan Jinjia Group. Perusahaan Allystar berlokasi di Shenzhen, China.

Allystar didedikasikan untuk perancangan algoritma chip GNSS, perancangan produk, penjualan dan bisnis lainnya. Allystar menyediakan chipset untuk pasar elektronik, industri vital nasional, industri otomotif dan IoT, yang bertujuan untuk mengisi kekosongan di industri chip navigasi BeiDou di Shenzhen dan di wilayah Delta Sungai Pearl.

Allystar memiliki kemampuan luar biasa pada Baseband, integrasi RF chip GNSS, pengembangan algoritma,

dan solusi transisi produk. Allystar mendesain chip GNSS terintegrasi RF baseband 55nm pertama kali yang kemudian di produksi secara massal. Allystar merupakan chip GNSS pertama di Tiongkok dan juga berada di peringkat 10 chip GNSS internasional. Allystar berfokus untuk memenuhi berbagai kebutuhan industri, termasuk beragam aplikasi lokasi seperti : terminal cerdas, kendaraan otonom, penentuan posisi presisi tinggi, dan keamanan BeiDou. Allystar mengajukan lebih dari 40 paten dan hak cipta perangkat lunak..



Gambar 2.6 Chipset Allystar (*Allystar, 2016*)

2.4. CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

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, 7 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* (sumber: *Guidelines for New and Existing CORS*). Jaringan Referensi Satelit Pertanahan (JRSP) merupakan sebuah sistem jaringan stasiun referensi yang bekerja secara kontinu selama 24 jam nonstop. JRSP merupakan pengembangan teknologi *Continuously Operating Reference Station* (CORS) atau

teknologi untuk menentukan posisi secara global menggunakan *system satellite positioning*. *Global Navigation Satellite System* (GNSS) dapat disebut sebagai sistem navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. 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. JRSP merupakan suatu teknologi berbasis *Global Navigation Satellite System* (GNSS) yang berwujud sebagai stasiun referensi-stasiun referensi yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan receiver yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara kontinu 24 jam per hari, 7 hari per minggu. Stasiun referensi-stasiun referensi tersebut melakukan pengumpulan, perekaman, dan pengiriman data yang memungkinkan para pengguna memanfaatkan data untuk penentuan posisi yang disajikan oleh JRSP, baik secara *network real time kinematics*, *network differential GNSS*, maupun *post processing*. Stasiun referensi-stasiun referensi JRSP dibangun secara permanen pada lokasi yang stabil di beberapa kantor-kantor pertanahan yang ada di Indonesia dengan jarak antar stasiun referensi sekitar $\pm 30 - 70$ km. Stasiun referensi tersebut digunakan oleh pengguna (user) atau rover sebagai referensi dalam penentuan posisi atau koordinat suatu titik atau kumpulan titik pada suatu cakupan atau area secara real time menggunakan receiver GNSS geodetik.

Receiver GNSS geodetik yang digunakan adalah rover receiver GNSS yang mempunyai tipe dual frequency, sehingga dalam pengamatannya dapat menerima data pengamatan satelit-satelit GNSS berupa data code dan data phase. Selain itu, rover receiver GNSS yang digunakan

tersebut juga harus memiliki teknologi komunikasi, dapat menggunakan teknologi radio/ GSM/ GPRS/ CDMA, sehingga dapat berhubungan dengan stasiun referensi atau pusat kontrol JRSP untuk mengirimkan dan atau menerima koreksi data koordinat posisi. Dengan adanya stasiun referensi-stasiun referensi yang bekerja di bawah kendali server JRSP, maka dapat diperoleh koordinat atau posisi suatu titik dengan ketelitian yang sangat tinggi (akurasi 1-5cm). JRSP merupakan titik acuan yang telah diketahui koordinatnya, sedangkan receiver GNSS rover bergerak dari satu titik batas bidang tanah ke titik batas bidang tanah lainnya. Penentuan posisi ditentukan secara diferensial dengan data fase. Pengamatan di titik acuan dilakukan sesuai dengan interval waktu yang diatur oleh server administrator JRSP, sedangkan interval waktu pengamatan pada rover berikut penerimaan data koreksinya, diatur oleh operator alat (surveyor) atau juru ukur.

Posisi yang dihasilkan dari pengukuran dengan JRSP memiliki akurasi yang dapat mencapai level cm, selama persyaratan teknis pengukuran dipenuhi. Untuk menghasilkan data pengukuran yang akurat, pengukuran yang dilakukan harus memenuhi syarat-syarat, yaitu lokasi pengukuran harus memiliki ruang pandang yang terbuka ke langit agar sinyal satelit GNSS yang mencapai receiver dapat diterima secara baik atau tidak ada obstruksi (halangan), serta lokasi pengukuran harus jauh dari obyek atau benda yang mudah memantulkan sinyal dari satelit GNSS untuk meminimalkan efek multipath. Dengan dibangunnya JRSP yang menerapkan metode NRTK, berarti bahwa di manapun dan kapanpun pengukuran dengan receiver GNSS rover dilakukan di dalam cakupan JRSP, surveyor dapat menerima koreksi NRTK tanpa harus memasang base station atau stasiun referensi sendiri. Dari hal tersebut diketahui bahwa keuntungan dari NRTK

adalah mengurangi jumlah alat receiver GNSS geodetik yang digunakan pada saat pengukuran. Selain itu, dengan JRSP dapat mempercepat kerja pengukuran, menambah jumlah atau volume pekerjaan pengukuran, dan tentu saja dapat mengurangi biaya operasional yang dikeluarkan (Adiyanto & Nugroho, 2008). Untuk dapat mengakses GNSS-CORS, receiver klien harus dilengkapi dengan sambungan internet sebagai komunikasi data dari stasiun GNSS-CORS ke receiver klien. Dalam hal ini data GNSS-CORS tersedia melalui web dalam format RINEX (Receiver Independent Exchange) maupun Streaming NTRIP (Network Transport RTCM via Internet Protocol).

NTRIP adalah sebuah metode untuk mengirim koreksi data GPS/GLONASS (dalam format RTCM) melalui internet. RTCM sendiri adalah kependekan dari Radio Technical Commission for Maritime Services, yang merupakan komite khusus yang menentukan standard radio navigasi dan radio komunikasi maritim internasional. Data format RINEX disediakan untuk pengolahan data secara *post processing*, sedangkan data NTRIP untuk pengamatan posisi secara real-time.

2.5. RTKLIB

RTKLIB merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data GPS. Di dalamnya terdapat berbagai macam metode penentuan posisi dengan GPS yang dapat dimanfaatkan sesuai dengan keperluan pengamatan GPS itu sendiri. Salah satu keunggulan yang dimiliki perangkat lunak ini adalah bahwa perangkat lunak ini dapat digunakan dan di-download secara bebas oleh siapapun tanpa syarat apapun. Tentunya dengan realita bahwa kebanyakan perangkat lunak pengolah data GPS adalah perangkat lunak yang cukup mahal, maka perangkat lunak ini cukup

menjanjikan solusi yang lebih baik dari segi efisiensi biaya penelitian. Tidak hanya dapat melakukan pengolahan data pengamatan GPS secara *post processing*, perangkat lunak RTKLIB ini juga dapat melakukan pengolahan data pengamatan GPS secara realtime yang dikombinasikan dengan sistem komunikasi data yang terpadu (Takasu & Yasuda, 2009).

Pada penelitian ini, perangkat lunak ini secara khusus diperuntukkan untuk pengolahan data GPS kontinyu dengan metode penentuan posisinya secara kinematik. Data pengamatan GPS kontinyu diolah secara *post processing* dengan penambahan informasi pendukung lainnya sebagai input data dalam optimalisasi penggunaan perangkat lunak RTKLIB. Output solution dari RTKLIB ini adalah koordinat titik pantau setiap epok pengamatan GPS dan plot grafik vektor pergeseran titik pantau.

2.6. Topcon Tools

Topcon Tools merupakan software yang menyediakan solusi *post processing* yang kuat, analisis jaringan dan penyesuaian dengan interface intuitif operator yang mudah untuk dipelajari dan digunakan. Topcon Tools memiliki beberapa fitur dan kelebihan seperti mendukung semua instrumen Topcon survei dan pengumpulan data, mudah disesuaikan untuk alur kerja dan lain sebagainya. Topcon Tools adalah produk modular, dimana setiap modul memiliki tujuan khusus yang memungkinkan pengguna untuk menyelesaikan tugas yang berbeda (Topcon, 2009).

Geodesist berpengalaman dapat menggunakan perangkat lunak Topcon Tools untuk *post processing baseline* GPS, pengolahan pengamatan TS dan/atau RTK, perataan jaring, import file pada komputer atau dari sebuah perangkat

atau dari internet, serta export data ke komputer atau ke sebuah perangkat.

Untuk menghasilkan hasil koordinat yang teliti dengan perangkat lunak Topcon Tools dapat mengedit beberapa data RINEX seperti penggunaan data observasi dari GPS maupun GLONASS, memotong dan menggabungkan data pengamatan, dan menonaktifkan satelit.

2.7. Uji Statistik

Pada penelitian ini ada beberapa aspek yang diuji Statistiknya, yang pertama adalah uji akurasi, dan yang kedua adalah uji Presisi dari hasilkoordinat GPS *low cost* dan GPS Geodetik pada titik yang sama

2.7.1. Simpangan Baku dan RMS

Dalam statistika dan probabilitas, simpangan baku atau standar deviasi adalah ukuran sebaran statistik yang paling lazim. Singkatnya, ia mengukur bagaimana nilai-nilai data tersebar. Bisa juga didefinisikan sebagai, rata-rata jarak penyimpangan titik-titik data diukur dari nilai rata-rata data tersebut. Simpangan baku didefinisikan sebagai akar kuadrat varians. Simpangan baku merupakan bilangan tak-negatif, dan memiliki satuan yang sama dengan data. Akar kesalahan kuadrat rata-rata (root mean square error) merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai yang bersesuaian, yang didefinisikan sebagai :

$$RMSe = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_1 - \mu_0)^2}{n}} \quad (3)$$

Keterangan:

x_1 = Data populasi 1

μ_0 = Data yang dianggap benar

n = Jumlah Data

Sedangkan simpangan baku dari selisih kedua nilai tersebut didefinisikan sebagai :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - \bar{X})^2}{n}} \quad (4)$$

Keterangan:

σ = Nilai Simpangan Baku Atau Standar Deviasi

X = Data populasi

\bar{X} = Rata-rata data

N = Jumlah data

2.7.2. Hipotesis Statistik

Hipotesis statistik adalah pernyataan atau dugaan mengenai satu atau lebih populasi. Dalam sebuah penelitian hipotesis dapat dinyatakan dalam dua bentuk, yaitu hipotesis nol (H_0) dan Hipotesis alternatif (H_a). H_0 menyatakan setiap hipotesis yang ingin di uji dan penolakan H_0 akan membawa pada penerimaan hipotesis tandingan yang dinyatakan H_a . Hipotesis nol mengenai suatu parameter populasi harus dinyatakan sedemikian rupa, sehingga menyatakan dengan pasti sebuah nilai bagi parameter itu. Hipotesis alternatif membolehkan kemungkinan beberapa nilai. Uji hipotesis memiliki berbagai macam cara salah satunya uji-f.

1) Uji-f

Untuk menguji presisi nilai koordinat yang dihasilkan dari suatu sampel data terhadap nilai populasi, dilakukan uji statistik dengan menggunakan distribusi-f. Uji-f adalah jenis uji statistika untuk mengetahui apakah varians kedua sampel homogen atau tidak. Uji ini dilakukan dengan membandingkan antara f hitung dengan f tabel. Apabila f hitung $>$ dari f tabel, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Apabila f hitung $<$ dari f tabel, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah langkah dalam melakukan pengujian hipotesis dengan uji f adalah sebagai berikut

- a. Tetapkan H_0 dan H_a
- b. Tetapkan nilai tingkat kepercayaan yang terdapat pada tabel f
- c. Tetapkan derajat kebebasan dengan $db = n-1$
- d. Tentukan f hitung dengan rumus sebagai berikut (sugiyono, 2007):

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (5)$$

Keterangan:

F : Nilai F hitung

S_1^2 : Varians GPS *low cost*

S_2^2 : Varians GPS geodetik

2) Uji-t

Untuk menguji akurasi nilai koordinat yang dihasilkan dari suatu sampel data terhadap nilai populasi, dilakukan uji statistik dengan menggunakan distribusi-t atau distribusi *student*. Uji-t adalah jenis uji statistika untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan dari nilai yang diperkirakan dengan nilai hasil hitung statistika. Uji ini dilakukan dengan membandingkan antara t hitung dengan t tabel. Apabila t hitung > dari t tabel, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Apabila t hitung < dari t tabel, maka H_0 diterima dan H_a ditolak.

Langkah langkah dalam melakukan pengujian hipotesis dengan uji t adalah sebagai berikut

- a. Tetapkan H_0 dan H_a
- b. Tetapkan nilai tingkat kepercayaan yang terdapat pada tabel t
- c. Tetapkan derajat kebebasan dengan $db = n-1$
- d. Tentukan t hitung

terdapat dua rumus untuk uji T (sugiyono, 2007):

1. Separated Varians

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} - \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (6)$$

Keterangan:

$\bar{X}_1 \bar{X}_2$: Rata-rata sampel 1 dan 2

$S_1^2 S_2^2$: Varian sampel 1 dan 2

$n_{1,2}$: Banyak sampel 1 dan 2

2. Polled Varians

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - n_2)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (7)$$

Keterangan:

$\bar{X}_1 \bar{X}_2$: Rata-rata sampel 1 dan 2

$S_1^2 S_2^2$: Varian sampel 1 dan 2

$n_{1,2}$: Banyak Sampel 1 dan 2

Pertimbangan dalam memilih rumus uji T adalah sebagai berikut:

1. Apabila jumlah sampel sama dan varians homogen, maka dapat digunakan rumus uji T baik *separated varians* maupun *polled varians*. untuk mengetahui T tabel digunakan $dk = n_1 + n_2 - 2$.
2. Apabila jumlah sampel tidak sama dan varians homogen, maka dapat digunakan rumus uji T *polled varians*. untuk mengetahui T tabel digunakan $dk = n_1 + n_2 - 2$.

3. Apabila jumlah sampel sama dan varians tidak homogen, maka dapat digunakan rumus uji T baik *separated varians* maupun *polled varians*. untuk mengetahui T tabel digunakan $dk = n_1 - 1$ atau $dk = n_2 - 1$.
4. Apabila jumlah sampel tidak sama dan varians tidak homogen, maka dapat digunakan rumus uji T *separated varians*. untuk mengetahui T tabel digunakan adalah selisik $dk = n_1 - 1$ dan $dk = n_2 - 1$ dibagi dua dan ditambah harga T tabel terkecil.

2.8. Penelitian Terdahulu

Pada bagian ini akan dibahas beberapa penelitian serupa yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti lain.

- a) Penelitian tentang UJI AKURASI PENENTUAN POSISI METODE GPS-RTK MENGGUNAKAN PERANGKAT CHC X91+ oleh Agung Syetiawan, Oktadi Prayoga dan Joni Efendi dari Badan Informasi Geospasial. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sejauh mana ketelitian pengukuran koordinat metode RTK, yang diperoleh dari hasil pengukuran GPS menggunakan receiver CHC X91+. Metode penelitian yang digunakan adalah membandingkan nilai hasil pengolahan data statik dibandingkan dengan hasil nilai RTK metode single, nearest dan network RTK. Uji coba alat dilakukan di kompleks Badan Informasi Geospasial tepatnya di atas Gedung Laboratorium Geodesi Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika. Pengolahan data (post processing) menggunakan data CORS BAKO selama delapan hari dan data pengamatan statik di titik yang sama dengan pengamatan RTK nya. Hasil penelitian menunjukkan perangkat CHC X91+ menghasilkan ketelitian bagus untuk metode Network RTK dan single RTK dengan jarak base kurang dari 30 km dan solusi float untuk jarak base lebih dari 40 km. Ketelitian RMS

perangkat CHC X91+ sesuai dengan spesifikasi teknis alat yang ada sehingga alat CHC X91+ ini dapat digunakan untuk pemetaan skala besar dan aplikasinya dapat digunakan untuk koreksi citra satelit resolusi tinggi. (Syetiawan, Prayoga, & Efendi, 2015)

- b) Yang kedua adalah penelitian tentang ANALISIS PENGUKURAN BIDANG TANAH DENGAN MENGGUNAKAN GPS PEMETAAN oleh Armenda Bagas Ramadhony, Moehammad Awaluddin, Bandi Sasmito dari Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Pada penelitian ini, yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengukuran bidang tanah dengan kriteria kondisi daerah terbuka dan perumahan menggunakan GNSS metode absolut dan rapid static yang diikatkan pada base station CORS Kota Semarang (CSEM), yang selanjutnya hasil koordinat (X,Y) dan luas dari pengukuran bidang tanah tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran bidang tanah dengan metode terestrial yaitu Total Station. Hasil pengukuran dan pengolahan bidang tanah menggunakan Total Station dipakai sebagai acuan. Pada pengukuran GNSS metode absolut di daerah terbuka mempunyai ketelitian RMS koordinat sebesar $\pm 3,033$ m dan ketelitian RMS luas sebesar $\pm 9,239$ m², kemudian pengukuran di daerah perumahan mempunyai ketelitian RMS koordinat sebesar $\pm 2,915$ m dan ketelitian RMS luas sebesar $\pm 7,948$ m². Berikutnya, pada pengukuran GNSS metode rapid static di daerah terbuka mempunyai ketelitian RMS koordinat sebesar $\pm 0,864$ m dan ketelitian RMS luas sebesar $\pm 2,494$ m², kemudian pengukuran di daerah perumahan mempunyai ketelitian RMS koordinat sebesar $\pm 0,649$ m dan ketelitian RMS luas sebesar $\pm 3,771$ m². (Ramadhony, Awaluddin, & Sasmito, 2017)
- c) Ketiga adalah penelitian tentang ANALISIS KETELITIAN PENGAMATAN GPS

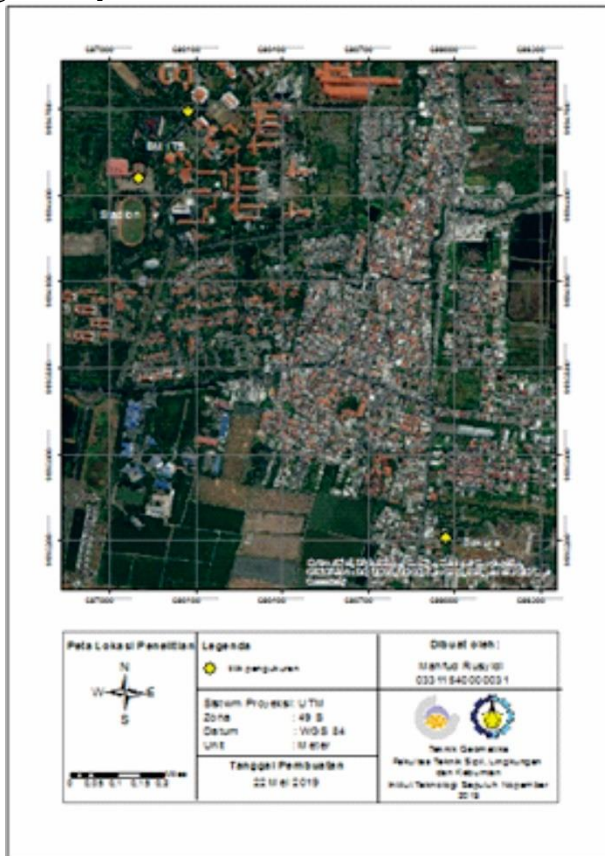
MENGGUNAKAN SINGLE FREKUENSI DAN DUAL FREKUENSI UNTUK KERANGKA KONTROL HORIZONTAL oleh Reisnu Iman Arjiansah, Bambang Darmo Yuwono, Fauzi Janu Amarrohman dari Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Penelitian ini dilakukan pengukuran pada titik kontrol dengan menggunakan GPS Single Frekuensi dengan lama pengamatan + 8 Jam dan GPS Dual Frekuensi dengan lama pengamatan + 4 Jam. Pada proses pengolahan dilakukan dengan variasi baseline titik ikat yang masing-masing akan diikatkan pada stasiun CORS (Continuously Operating Reference Stations) UDIP, CSEM, CMGL, dan BAKO yang diolah menggunakan software Topcon Tools dan GAMIT/GLOBK. Nilai perbedaan koordinat antara hasil pengukuran GPS Single Frekuensi dan Dual Frekuensi dengan variasi panjang baseline dengan jarak + 3 Km mempunyai rentang nilai 0,003 m – 0,030 m; jarak baseline+ 9 Km pada rentang nilai 0,008 m – 0,070 m; jarak baseline+55 Km pada rentang nilai 0,030 m – 0,400 m dan jarak baseline+399 Km pada rentang nilai 0,100 m – 0,700 m. Ketelitian hasil pengamatan GPS Single Frekuensi dan Dual Frekuensi pada jarak baseline titik ikat 50 Km masih belum cukup memenuhi ketelitian yang didapatkan. (Arjiansah, Yuwono, & Amarrohman, 2016)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang dijadikan studi kasus pada penelitian ini berada di Surabaya, Jawa Timur. Terdapat tiga lokasi titik pengukuran yaitu: BM ITS 01, Stadion, dan Taman Sakura.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2. Data dan Peralatan

Data dan peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Data rinex cors CSBY dari Badan Informasi Geospasial dan Cors ITSN dari Departemen Teknik Geomatika, ITS.
- b. Data rinex hasil pengukuran GPS Geodetik.
- c. Data rinex pengukuran GPS *low cost* Allystar HD9100.

3.2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. GPS Geodetik Topcon HiperPro
Berikut adalah spesifikasi singkat GPS Geodetik Topcon HiperPro dapat dilihat pada tabel 3.1.
- b. GPS *low cost* Allystar
spesifikasi singkat GPS Allystar dapat dilihat pada tabel 3.2.
- c. Statif
- d. Jalon
- e. Antenna TopGnss
- f. Pita ukur
- g. Kabel download GPS
- h. Laptop
- i. Aplikasi Pengolah GPS (RTK-Lib dan Topcon tools)

Tabel 3.1 Spesifikasi GPS Topcon Hiper Pro (*Topcon, 2006*)

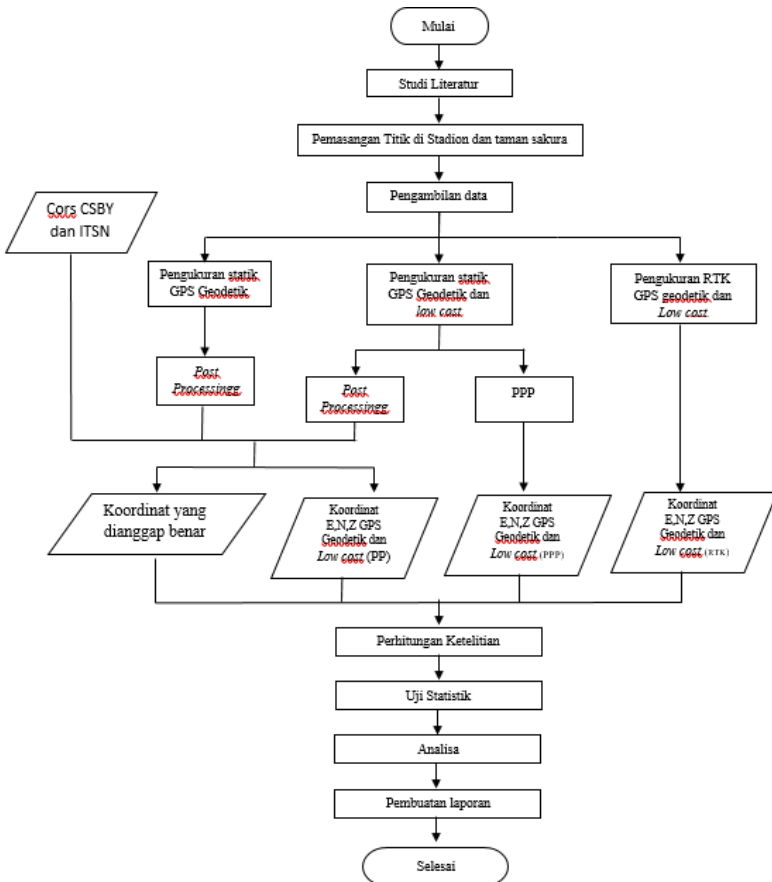
Kategori	Deskripsi
<i>Tracking Specifications</i> Tracking Channels Signals Tracked	standard: 40 L1 GPS (20 GPS L1+L2 on Cinderella* days) optional: 20 GPS L1+L2 (GD), GPS L1+GLONASS (GG), 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD) L1/L2 C/A and P Code & Carrier and GLONASS
<i>Performance Specifications</i> Static, Rapid Static RTK	Horizontal: 3mm+ 0.5ppm (x <i>baseline length</i>) Vertical: 5mm+ 0.5ppm (x <i>baseline length</i>) Horizontal: 10mm+ 1.0ppm Vertikal: 15mm+ 1.0ppm
<i>Power Specifications</i> Battery Operating Time	Internal Lithium-Ion batteries plus 1 external power port 14+ hours (10 hrs TX)

Tabel 3. 2 Spesifikasi GPS Allystar (*Allystar, 2016*)

GNSS Engine	Cynosure II GNSS Engine 72 chanel & DSP hardware acceleration
Signals	<i>Single frequency (L1)</i>
Satellite Penerima	GPS/QZSS, GLONASS, BeiDou B1, Galileo, WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN, SDCM
Operation Limit & Time Accuracy <i>Time Accuracy</i> <i>Operation Limit</i>	GNSS : 25ns SBAS : 20ns <i>Velocity: 515 m/s</i> <i>Vertikal: 18.000 m</i>
Operation Condition Main voltage Digital I/O voltage Operation power Standby Power	 2,5 -3,6 V 2,5 -3,6 V 26 mA 11 uA

3.3. Metode Penelitian

Tahapan penelitian tugas akhir ini secara garis besar yang direncanakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Berikut ini adalah penjelasan dari diagram alir tahapan penelitian:

1. Identifikasi masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi awal mengenai kasus yang akan diteliti, baik berupa perumusan masalah, tujuan dan manfaat dari perbandingan GPS Geodetik dengan GPS *Low cost*.

2. Studi Literatur

Studi literatur berupa mengumpulkan referensi yang akan menunjang langkah-langkah pengambilan data, pengolahan data sampai pada analisis, diantaranya yaitu meliputi metode pengukuran GPS Geodetik, serta pengolahan data GPS. Berdasarkan penelitian ini, studi literatur yang menjadi pokok bahasan utama yaitu pengoperasian RTKLIB, GPS *low cost*, dan uji statistika untuk mengetahui ketelitian dari GPS Geodetik dan GPS *Low cost*.

3. Pemasangan titik pengukuran

Pada tahap ini dilakukan proses pemasangan titik untuk melakukan pengukuran GPS geodetik dan GPS *low cost*. Titik tersebut akan digunakan untuk pengukuran secara statik maupun RTK.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data bertujuan untuk mengumpulkan data yang diperlukan untuk melakukan penelitian, yaitu pertama data rinex dari pengukuran statik GPS Geodetik dan GPS *low cost*. Pengukuran GPS dilakukan dengan 2 metode yaitu:

a. Statik

Pengukuran GPS dilakukan pada 3 titik dengan jarak rover ke base sebesar ± 200 m, ± 500 m, ± 2000 m, ± 10.000 m. Pengukuran GPS geodetik secara statik dilakukan selama 12 jam. Data tersebut kemudian dipotong menjadi 6 jam untuk dilakukan pengolahan secara PPP dan *post processing*. Data rinex 6 jam tersebut dipotong kembali menjadi 4 jam dan 6 jam untuk dilakukan pengolahan secara *post processing*.

Pengukuran GPS *low cost* secara statik dilakukan selama 6 jam. Data tersebut kemudian dilakukan pengolahan secara PPP dan *post processing*. Data rinex 6 jam tersebut dipotong kembali menjadi 4 jam dan 6 jam untuk dilakukan pengolahan secara *post processing*.

b. RTK

Pengukuran GPS Geodetik dan GPS *low cost* secara RTK dilakukan selama 2 menit. Pengukuran GPS secara RTK dilakukan pada 3 titik yang sama dengan pengukuran statik. Pengukuran.

5. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan semua data yang dibutuhkan dalam tugas akhir. Pengolahan yang dilakukan meliputi:

a. *Post processing*.

Pengolahan data rinex secara *post processing* dilakukan dengan menggunakan aplikasi RTKPost dan *Topcon tools*. Data pengamatan GPS geodetik selama 12 jam akan diolah dengan aplikasi *topcon tools* untuk mendapatkan nilai koordinat yang dianggap benar. Data pengamatan GPS geodetik dan *low cost* selama 6 jam, 4 jam dan 2 jam akan diolah dengan menggunakan RTKPost.

b. PPP

Pengolahan data rinex secara PPP dilakukan pada website CSRS-PPP. Untuk mendapatkan hasil final dari pengolahan ppp harus menunggu selama 14 hari setelah pengukuran selesai. Data pengamatan GPS geodetik dan *low cost* selama 6 jam akan diolah secara PPP untuk menghasilkan koordinat GPS dari hasil PPP.

6. Uji Statistik

Setelah semua data dari kedua GPS telah menjadi koordinat, selanjutnya yaitu dilakukan uji statistik untuk mengetahui ketelitian dari GPS Geodetik dan GPS *low cost*. Uji Statistik yang dilakukan yaitu:

a. Standart deviasi

Perhitungan standart deviasi yang dilakukan pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar presisi dari pengukuran GPS geodetik dan GPS *low cost*.

b. RMSE

Perhitungan RMSE yang dilakukan pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar akurasi dari pengukuran GPS geodetik dan GPS *low cost*.

c. Uji F dan Uji T

Perhitungan Uji F dan Uji T digunakan untuk mengetahui apakah terjadi perbedaan yang signifikan pada varian data dan akurasi dari GPS geodetik dan *low cost*. Data pengamatan GPS geodetik dan *low cost* selama 6 jam akan dipotong kembali menjadi per jam sehingga memunculkan 6 data koordinat dari GPS geodetik dan *low cost*. Perhitungan Uji F dan Uji T dilakukan pada 6 data dari pengukuran statik tersebut untuk mengetahui variansi data dan akurasi dari GPS geodetik dan *low cost*.

7. Analisis

Tahap analisis merupakan tahap yang dilakukan setelah proses pengolahan data selesai dilakukan. Pada tahap ini dilakukan analisis perbandingan ketelitian pada GPS Geodetik dengan GPS *low cost*.

8. Pembuatan Laporan

Setelah semua proses dilakukan kemudian dilakukan pembuatan laporan tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Hasil dari penelitian ini berupa hasil koordinat fix, hasil koordinat metode *post processing*, hasil koordinat metode PPP, hasil koordinat metode RTK dan hasil pengukuran kinematik. Hasil dari metode RTK dibagi menjadi dua yaitu: hasil secara keseluruhan dan hasil koordinat dengan ambiguitas fase fix.

4.1.1. Hasil Koordinat Yang Dianggap Benar

Koordinat yang dianggap benar didapatkan dari hasil pengukuran GPS geodetik selama 12 jam. Setelah dilakukan *post processing* dengan menggunakan *topcon tools*, Maka didapatkan nilai koordinat yang dianggap benar (fix). Berikut hasil koordinat titik yang dianggap benar (fix).

Tabel 4.1 Hasil Koordinat yang dianggap benar

Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BM ITS	698075,554	9194685,953	32,316
Sakura	698974,237	9193208,342	34,459
Stadion	697904,935	9194459,063	31,735

4.1.2. Hasil Koordinat Pengolahan GPS Metode *Post Processing*

Ada 3 titik yang digunakan untuk pengukuran GPS Geodetik dengan 4 macam panjang *baseline* yaitu: BM ITS 01, Stadion, dan Sakura.

4.1.4.1. Koordinat BM ITS 01

Koordinat GPS BM ITS 01 memiliki panjang *baseline* ± 200 m dari CORS ITSN. Pengolahan data rinex dari GPS geodetik dan low cost dilakukan dengan menggunakan data rinex dari CORS ITSN. Berikut hasil koordinat dari GPS Geodetik di BM ITS 01 dengan waktu pengamatan 2 jam, 4 jam, 6 jam. Berikut hasil koordinat BM ITS 01 dari hasil pengukuran GPS geodetik.

Tabel 4.2 Hasil Koordinat BM ITS 01 metode *post processing* GPS geodetik

Waktu	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
2 jam	698075,293	9194685,915	32,340
4 jam	698075,374	9194685,927	32,330
6 jam	698075,411	9194685,926	32,337

Berikut hasil koordinat BM ITS 01 dari hasil pengukuran GPS *low cost*.

Tabel 4.3 Hasil Koordinat BM ITS 01 metode *post processing* GPS Allystar

Waktu	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
2 jam	698075,418	9194681,205	39,624
4 jam	698075,747	9194681,215	39,796
6 jam	698075,747	9194681,215	39,796

4.1.4.2. Koordinat Stadion

Koordinat GPS Geodetik Stadion memiliki panjang *baseline* ± 500 m dari CORS ITSN dan ± 10.000 m dari Cors CSBY. Pengolahan data rinex dari GPS geodetik

dilakukan dengan menggunakan data rinex dari CORS ITSN dan CORS CSBY. Berikut hasil koordinat dari GPS Geodetik di Stadion dengan waktu pengamatan 2 jam, 4 jam, 6 jam. Berikut hasil koordinat Stadion dari hasil pengukuran GPS geodetik.

Tabel 4.4 Hasil Koordinat Stadion (CSBY) metode *post processing* GPS Geodetik

CORS CSBY			
Waktu	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
2 jam	697904,710	9194459,095	31,715
4 jam	697904,701	9194459,092	31,725
6 jam	697904,702	9194459,093	31,722

Tabel 4.5 Hasil Koordinat Stadion (ITSN) metode *post processing* GPS Geodetik

CORS ITSN			
Waktu	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
2 jam	697904,936	9194459,060	31,806
4 jam	697904,938	9194459,061	31,804
6 jam	697904,938	9194459,062	31,806

Berikut hasil koordinat Stadion dari hasil pengukuran GPS *low cost*.

Tabel 4.6 Hasil Koordinat Stadion (CSBY) metode *post processing* GPS Allystar

CORS CSBY			
Waktu	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
2 jam	697905,396	9194459,209	32,184
4 jam	697905,354	9194459,198	32,153
6 jam	697905,498	9194459,229	32,744

Tabel 4.7 Hasil Koordinat Stadion (ITSN) metode *post processing* GPS Allystar

CORS ITSN			
Waktu	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
2 jam	697905,396	9194459,209	33,589
4 jam	697905,354	9194459,198	32,153
6 jam	697905,498	9194459,229	32,263

4.1.4.3. Hasil koordinat GPS Geodetik Sakura

Koordinat GPS Sakura memiliki panjang *baseline* \pm 2.000 m dari CORS ITSN. Pengolahan data rinex dari GPS geodetik dilakukan dengan menggunakan data rinex dari CORS ITSN. Berikut hasil koordinat dari GPS Geodetik di Sakura dengan waktu pengamatan 2 jam, 4 jam, 6 jam. Berikut hasil koordinat Sakura dari hasil pengukuran GPS geodetik.

Tabel 4.8 Hasil Koordinat sakura metode *post processing* GPS geodetik

Waktu	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
2 jam	698974,458	9193208,257	34,657
4 jam	698974,467	9193208,257	34,654
6 jam	698974,246	9193208,304	34,584

Berikut hasil koordinat Sakura dari hasil pengukuran *GPS low cost*.

Tabel 4.9 Hasil Koordinat sakura metode *post processing* GPS Allystar

Waktu	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
2 jam	698974,435	9193208,267	34,633
4 jam	698974,432	9193208,266	34,628
6 jam	698974,431	9193208,265	34,631

4.1.3. Hasil Koordinat GPS Metode *Preceise Point Processing* (PPP)

Ada 3 titik pengukuran statik GPS geodetik dan *low cost* yang kemudian diolah dengan metode *Preceise Point Positioning* (PPP) yaitu: BM ITS 01, Stadion, dan Sakura. Berikut hasil koordinat GPS geodetik dengan pengolahan secara PPP.

Tabel 4.10 Hasil Koordinat metode PPP GPS geodetik

GPS Geodetik			
Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	698075,758	9194689,778	32,358
SAKR	698974,448	9193208,252	34,496
STDN	697904,939	9194459,057	31,669

Berikut hasil koordinat GPS *low cost* dengan pengolahan secara PPP..

Tabel 4.11 Hasil Koordinat metode PPP GPS Allystar

GPS <i>Low cost</i>			
Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	698070,854	9194685,370	26,515
SAKR	698974,145	9193208,212	34,960
STDN	697900,672	9194458,344	33,489

4.1.4. Hasil Koordinat GPS Metode RTK

Ada 3 titik pengukuran GPS geodetik dan *low cost* secara RTK (*Real Time Kinematic*) yaitu: BM ITS 01, Stadion, dan Sakura. Pengukuran RTK menggunakan 2 cors sebagai base yaitu: Cors ITSN dan Cors CSBY.

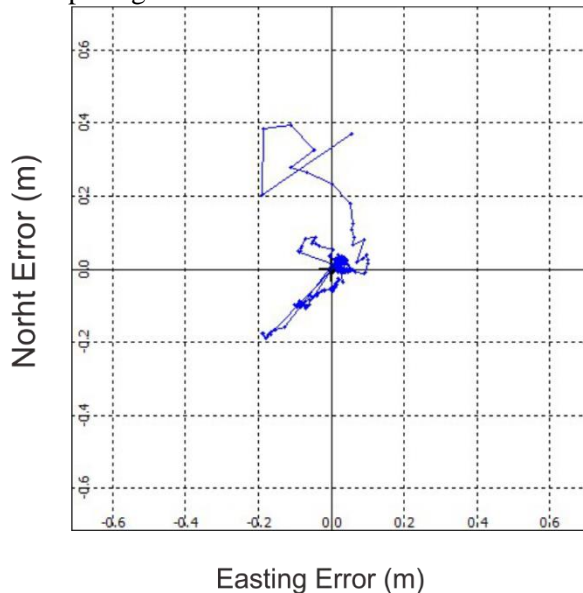
4.1.4.1. RTK GPS Geodetik

Pengukuran RTK GPS geodetik dilakukan dengan menggunakan aplikasi RTKLIB. Antena dan receiver yang digunakan adalah Topcon HiperPro. Berikut hasil koordinat RTK dari GPS geodetik.

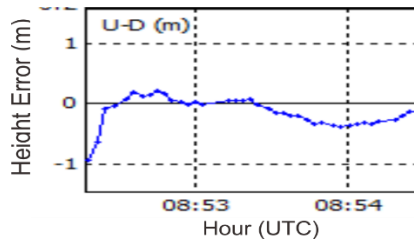
Tabel 4.12 Hasil koordinat RTK GPS geodetik

Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	698075,202	9194686,203	32,882
SAKR	698974,425	9193208,226	34,565
STDN (ITSN)	697904,540	9194459,790	32,340
STDN (CSBY)	697900,072	9194467,726	35,258

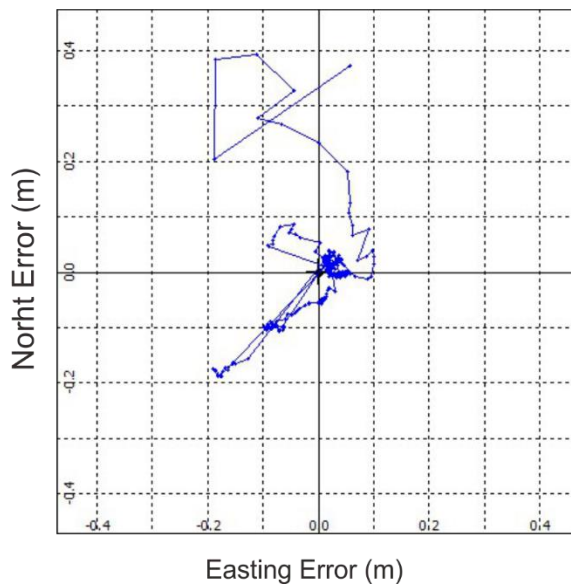
Data GPS dari Topcon HiperPro dikumpulkan setiap detik selama 2 menit didapatkan besar error dari pengukuran secara RTK pada titik BM ITS 01 dapat dilihat gambar 4.1 dan 4.2, pada titik Sakura dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4, Pada titik Stadion yang diikatkan dengan Cors CSBY dapat dilihat pada gambar 4.5 dan 4.6, Pada titik Stadion yang diikatkan pada Cors ITSN dapat dilihat pada gambar 4.7 dan 4.8.



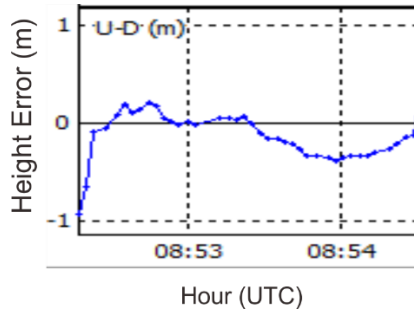
Gambar 4.1 North Error dan Easting Error RTK GPS geodetik BM ITS 01



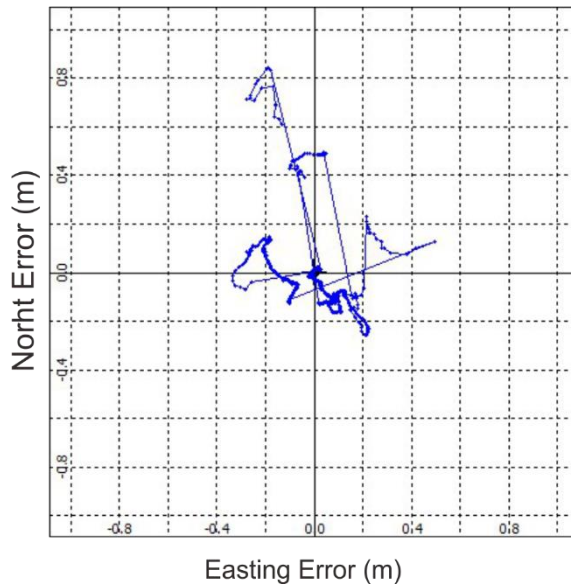
Gambar 4.2 Height Error RTK GPS geodetik BM ITS
01



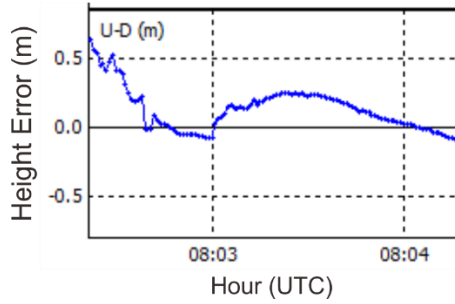
Gambar 4.3 North Error dan Easting Error RTK GPS
geodetik Sakura



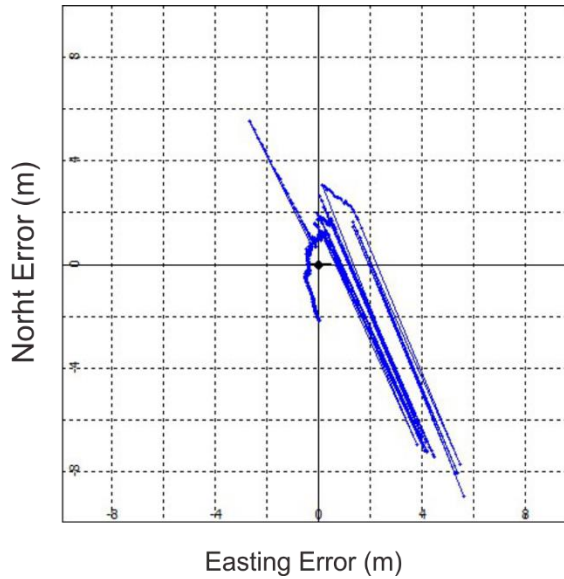
Gambar 4.4 Height Error RTK GPS geodetik Sakura



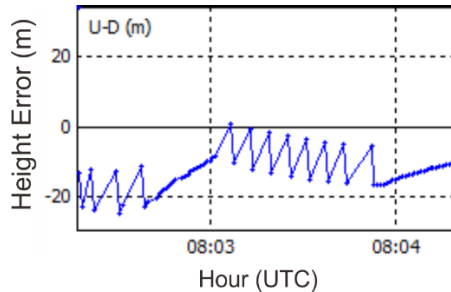
Gambar 4.5 North Error dan Easting Error RTK GPS geodetik Stadion (CSBY)



Gambar 4.6 Height Error RTK GPS geodetik Stadion (CSBY)



Gambar 4.7 North Error dan Easting Error RTK GPS geodetik Stadion (ITSN)



Gambar 4.8 Height Error RTK GPS geodetik Stadion (ITSN)

Dari pengukuran RTK pada GPS geodetik selama 2 menit didapatkan nilai koordinat dengan ambiguitas fase fix sebesar 1,5% titik BM ITS 01, 24,9% titik Sakura, 0% titik Stadion (CSBY), dan 2,9% titik Stadion (ITSN).

Tabel 4.13 Hasil Koordinat FIX RTK GPS geodetik

Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	698075,741	9194685,921	32,178
SAKR	698974,455	9193208,219	34,724
STDN (ITSN)	697904,729	9194459,168	31,994

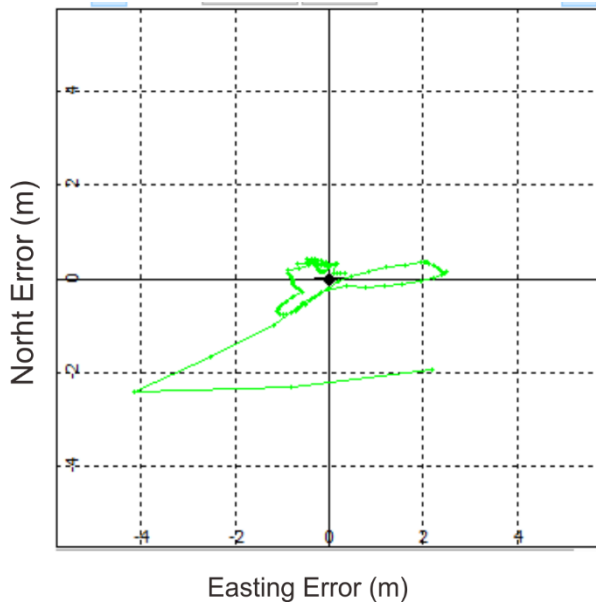
4.1.4.2. Hasil RTK GPS *Low cost*

Pengukuran RTK GPS *low cost* dilakukan dengan menggunakan aplikasi RTKLIB. Antena dan receiver yang digunakan adalah CNTAT dan Allystar HD9100. Berikut hasil koordinat RTK dari GPS *low cost*.

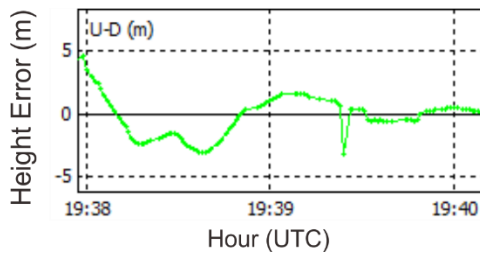
Tabel 4.14 Hasil Koordinat RTK GPS Allystar

Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	698073,640	9194684,592	33,892
SAKR	698974,213	9193207,107	34,702
STDN (ITSN)	697902,934	9194456,972	26,809
STDN (CSBY)	697905,725	9194459,469	31,185

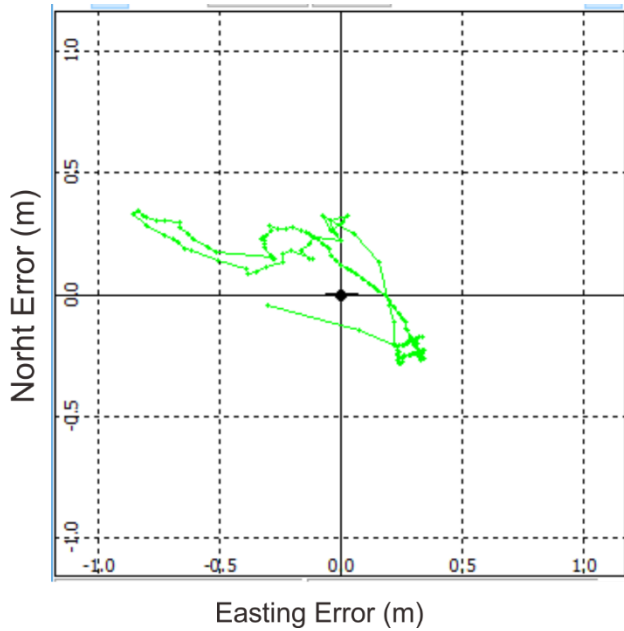
Data GPS dari allystar dikumpulkan setiap detik selama 2 menit didapatkan besar error dari pengukuran secara RTK pada titik BM ITS 01 dapat dilihat gambar 4.9 dan 4.10, pada titik Sakura dapat dilihat pada gambar 4.11 dan 4.12, Pada titik Stadion yang diikatkan dengan Cors CSBY dapat dilihat pada gambar 4.13 dan 4.14, Pada titik Stadion yang diikatkan pada Cors ITSN dapat dilihat pada gambar 4,15 dan 4.16.



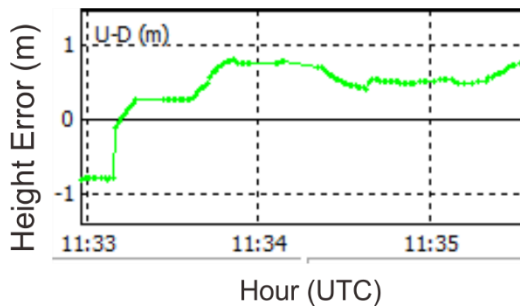
Gambar 4.9 North Error dan Easting Error RTK GPS
Allystar BM ITS 01



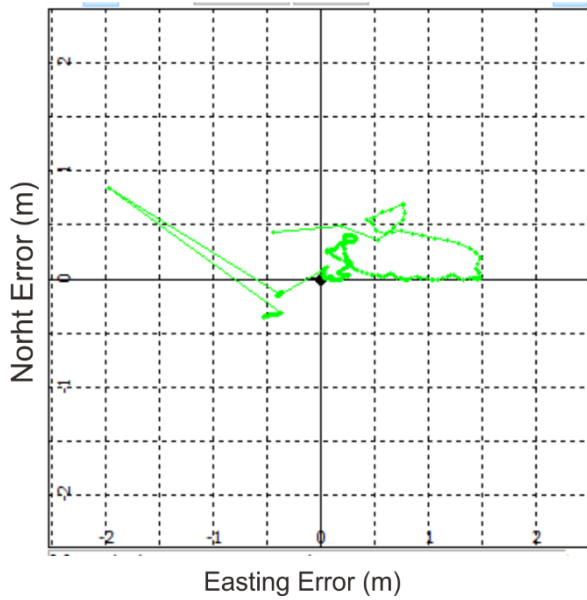
Gambar 4.10 Height Error RTK GPS Allystar BM ITS
01



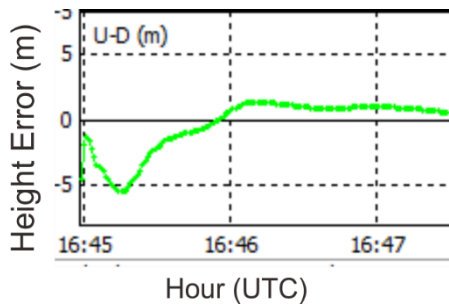
Gambar 4.11 North Error dan Easting Error RTK GPS
Allystar Sakura



Gambar 4.12 Height Error RTK GPS Allystar Sakura



Gambar 4.13 North Error dan Easting Error RTK GPS Allystar Stadion (CSBY)



Gambar 4.14 Height Error RTK GPS Allystar Stadion (CSBY)

Stadion (CSBY), dan 16,3% titik Stadion (ITSN).

Tabel 4.15 Hasil Koordinat FIX RTK GPS Allystar

Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	698073,781	9194684,906	34,376
SAKR	698974,050	9193207,163	34,146
STDN (ITSN)	697903,541	9194457,606	31,578
STDN (CSBY)	697904,753	9194459,092	31,765

4.1.5. Hasil Pengukuran Kinematik

Pengukuran GPS secara kinematik dilakukan dengan mengelilingi jalan di ITS Surabaya. Pengukuran kinematik dilakukan dengan menggunakan wahan mobil bak terbuka untuk mengelilingi ITS. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan GPG geodetik Topcon HiperPro dan GPS *low cost* Allystar.

4.1.5.1. GPS Geodetik

Pengukuran GPS geodetik secara kinematik mengelilingi jalan ITS diikatkan ke CORS CSBY sebagai base. Antena yang digunakan pada saat pengukuran kinematik adalah Topcon HiperPro. Berikut hasil pengukuran kinematik GPS geodetik.



Gambar 4.17 RTK+KinematikGPS geodetik

4.1.5.2. GPS *Low cost*

Pengukuran GPS *low cost* secara kinematik mengelilingi jalan its diikatkan ke cors CSBY sebagai base. Antena yang digunakan pada saat pengukuran kinematik adalah Topcon CNTAT. Berikut hasil pengukuran kinematik GPS *low cost*.



Gambar 4.18 RTK+Kinematik GPS *low cost*

4.1.6. Hasil Pengukuran Persil

Pengukuran Persil dilakukan dengan menggunakan GPS HI-Targer V60 dan GPS allystar HD9100. Pengukuran persil dilakukan di lapangan voli Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota. Pengukuran persil dilakukan secara RTK dengan cors CSBY sebagai base. Data Hasil pengukuran GPS secara RTK dibandingkan dengan data pengukuran GPS geodetik secara statik untuk mendapatkan selisih panjang dan selisih luas.

1. Pengukuran Statik

Pengukuran pesil dilakukan dengan menggunakan GPS geodetik dengan metode statik pada ujung-ujung dari lapangan voli. Data

digunakan untuk mengetahui panjang dan bentuk sebenarnya.

Tabel 4.16 Koordinat persil GPS geodetik pengukuran statik

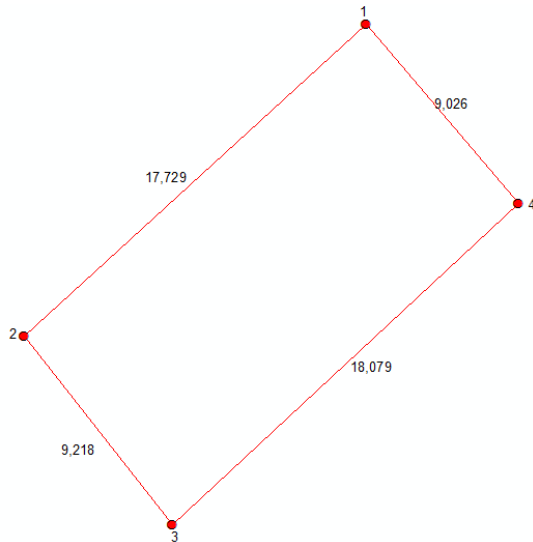
TITIK	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)
titik 1	698101,485	9194915,024
titik 2	698088,378	9194903,085
titik 3	698094,078	9194895,839
titik 4	698107,326	9194908,142

Berikut panjang sisi lapangan voli dari pengukuran GPS geodetik secara statik:

Tabel 4.17 Panjang Persil GPS geodetik

Sisi	Panjang (m)
1;2	17,730
2;3	9,218
3;4	18,079
4;1	9,026

Hasil panjang dari pengukuran GPS geodetik secara statik didapatkan luas lapangan voli sebesar 163,020 m². Berikut hasil persil GPS geodetik:



Gambar 4.19 Hasil Persil GPS geodetik pengukuran statik

2. GPS geodetik

Pengukuran persil dengan menggunakan GPS geodetik dilakukan selama 2 menit pada ujung-ujung dari lapangan voli. Data yang digunakan hanya satu koordinat dengan ambiguitas fix.

Tabel 4.18 Koordinat persil GPS geodetik

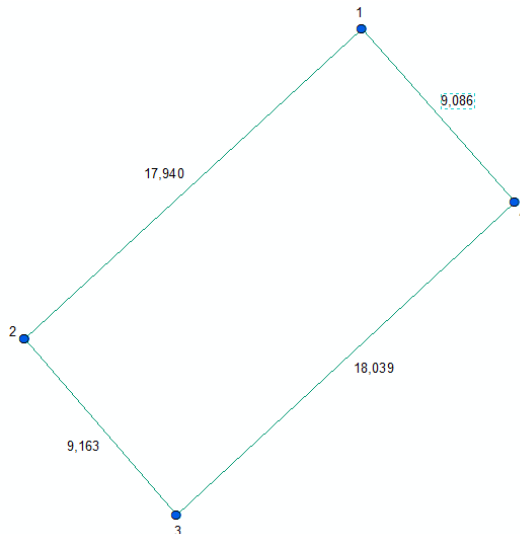
TITIK	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)
titik 1	698101,353	9194915,069
titik 2	698088,146	9194902,926
titik 3	698094,125	9194895,982
titik 4	698107,354	9194908,247

Berikut panjang sisi lapangan voli dari GPS geodetik:

Tabel 4.19 Panjang Persil GPS geodetik

Sisi	Panjang (m)
1;2	17,940
2;3	9,163
3;4	18,039
4;1	9,086

Hasil panjang dari GPS geodetik didapatkan selisih sebesar 0,211 meter pada sisi 1;2, 0,054 meter pada sisi 2;3, 0,040 pada sisi 3;4, 0,059 pada sisi 4;1. Hasil pengukuran GPS geodetik didapatkan luas lapangan voli sebesar 164,082 m². Selisih luas antara GPS geodetik dengan luah hasil pengukuran lapangan sebesar 1,062 m². Berikut hasil persil GPS geodetik:



Gambar 4.20 Hasil Persil GPS geodetik

3. GPS *low cost*

Pengukuran persil dengan menggunakan GPS *low cost* dilakukan selama 2 menit pada ujung-ujung dari lapangan voli. Data yang digunakan hanya satu koordinat dengan ambiguitas fix.

Tabel 4.20 Koordinat persil GPS *low cost*.

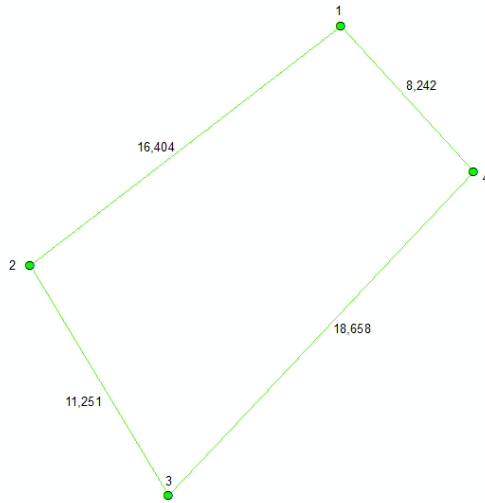
TITIK	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)
titik 1	698101,352	9194914,445
titik 2	698088,362	9194904,426
titik 3	698094,132	9194894,767
titik 4	698106,913	9194908,361

Berikut panjang sisi lapangan voli dari GPS *low cost*:

Tabel 4.21 Panjang Persil GPS *low cost*.

Sisi	Panjang (m)
1;2	16,404
2;3	11,251
3;4	18,658
4;1	8,242

Hasil panjang dari GPS *low cost* didapatkan selisih sebesar 1,325 meter pada sisi 1;2, 2,033 meter pada sisi 2;3, 0,579 meter pada sisi 3;4, 0,783 meter pada sisi 4;1. Hasil pengukuran GPS geodetik didapatkan luas lapangan voli sebesar 168,320 m². Selisih luas antara GPS geodetik dengan luas hasil pengukuran lapangan sebesar 5,300 m². Berikut hasil persil GPS *low cost*:



Gambar 4.21 Hasil Persil GPS *low cost*

4.2. Pembahasan

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembahasan tentang analisis presisi, analisis akurasi, Uji F, dan Uji T. Uji F dan Uji T dilakukan pada pengukuran statik dan RTK.

4.2.1. Analisis Presisi

Setelah memperoleh hasil koordinat masing-masing maka dilakukan perhitungan standart deviasi untuk mengetahui nilai presisi dari koordinat GPS geodetik dan GPS *low cost*.

4.1.2.1. Presisi *Post Processing*

Data GPS dari Topcon HiperPro dan GPS allystar dikumpulkan setiap jam selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Setelah itu, data hasil pengukuran statik dibandingkan dengan kordinat rata-rata untuk mendapatkan nilai standart deviasi. Nilai standart deviasi dari GPS geodetik dan *low cost* selama 2 jam dapat

dilihat pada tabel 4.22. Nilai standart deviasi dari GPS geodetik dan *low cost* selama 4 jam dapat dilihat pada tabel 4.23. Nilai standart deviasi dari GPS geodetik dan *low cost* selama 6 jam dapat dilihat pada tabel 4.24.

Tabel 4.22 Standart deviasi pengukuran statik selama 2 jam

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,050	0,007	0,011
	<i>low cost</i>	0,930	0,103	1,388
SAKR	geodetik	0,001	0,002	0,001
	<i>low cost</i>	0,020	0,006	0,004
STDN (ITSN)	geodetik	0,004	0,001	0,001
	<i>low cost</i>	0,132	0,026	0,082
STDN (CSBY)	geodetik	0,005	0,001	0,004
	<i>low cost</i>	0,132	0,026	0,082

Tabel 4.23 Standart deviasi pengukuran statik selama 4 jam

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,075	0,011	0,023
	<i>low cost</i>	0,729	0,121	1,007
SAKR	geodetik	0,005	0,001	0,005
	<i>low cost</i>	0,017	0,005	0,006
STDN (ITSN)	geodetik	0,004	0,001	0,002
	<i>low cost</i>	0,107	0,022	0,067
STDN (CSBY)	geodetik	0,019	0,003	0,013
	<i>low cost</i>	0,107	0,022	0,067

Tabel 4.24 Standart deviasi pengukuran statik selama 6 jam

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,069	0,010	0,020
	<i>low cost</i>	1,000	0,294	0,898
SAKR	geodetik	0,005	0,003	0,008
	<i>low cost</i>	0,014	0,004	0,005
STDN (ITSN)	geodetik	0,003	0,002	0,004
	<i>low cost</i>	0,259	0,059	0,217
STDN (CSBY)	geodetik	0,015	0,003	0,012
	<i>low cost</i>	0,259	0,059	0,217

Hasil pengolahan dengan metode *post processing* dengan pengukuran selama 2 jam didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,001-0,050 meter pada sumbu *easting*, 0,001-0,007 meter pada sumbu *northing*, 0,001-0,011 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,020-0,930 meter pada sumbu *easting*, 0,006-0,103 meter pada sumbu *northing*, 0,004-1,388 meter pada sumbu Z. Hasil pengukuran statik selama 2 jam menunjukkan standart deviasi dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik.

Hasil pengolahan dengan metode *post processing* dengan pengukuran selama 4 jam didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,004-0,075 meter pada sumbu *easting*, 0,001-0,011 meter pada sumbu *northing*, 0,002-0,023 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,017-0,729 meter pada sumbu

easting, 0,005-0,121 meter pada sumbu *northing*, 0,006-1,007 meter pada sumbu Z. Hasil pengukuran statik selama 4 jam menunjukkan standart deviasi dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik.

Hasil pengolahan dengan metode *post processing* dengan pengukuran selama 6 jam didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,003-0,069 meter pada sumbu *easting*, 0,002-0,010 meter pada sumbu *northing*, 0,004-0,020 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,014-1,000 meter pada sumbu *easting*, 0,004-0,294 meter pada sumbu *northing*, 0,005-0,898 meter pada sumbu Z. Hasil pengukuran statik selama 6 jam menunjukkan standart deviasi dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik.

Hasil standart deviasi terbesar terjadi pada titik BM ITS 01 dikarenakan banyak multipath berupa pohon tinggi di sekitar BM ITS 01. Pohon-pohon tinggi berada di sisi selatan, timur, dan barat dari titik BM ITS 01. Panjang *baseline* juga berpengaruh pada hasil standart deviasi GPS geodetik. Semakin panjang *baseline*, maka ketelitian standart deviasi semakin kecil.

4.1.2.2. Presisi PPP

Data GPS dari Topcon HiperPro dikumpulkan setiap jam dan GPS allystar tiap detik selama 6 jam. Setelah itu, data hasil pengukuran statik diolah secara PPP pada situs CSRS. Nilai standart deviasi sudah terdapat

pada hasil pengolahan secara PPP dan dapat dilihat pada tabel 4.25.

Tabel 4.25 Standart deviasi pengolahan GPS statik secara PPP

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,027	0,009	0,045
	<i>low cost</i>	1,8	2,77	4,513
SAKR	geodetik	0,007	0,018	0,031
	<i>low cost</i>	0,415	1,282	1,022
STDN	geodetik	0,005	0,01	0,023
	<i>low cost</i>	1,239	2,175	3,551

Hasil pengolahan dengan metode PPP didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,005-0,027 meter pada sumbu *easting*, 0,009-0,018 meter pada sumbu *northing*, 0,023-0,045 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,415-1,800 meter pada sumbu *easting*, 1,282-2,770 meter pada sumbu *northing*, 1,022-4,513 meter pada sumbu Z. Hasil pengolahan dengan metode PPP menunjukkan standart deviasi dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik. Hasil standart deviasi pada GPS geodetik lebih baik dari pada GPS *low cost* karena GPS geodetik menggunakan *dual frequency* sedangkan GPS *low cost* hanya menggunakan *single frequency*.

4.1.2.3. Presisi RTK

Data GPS dari Topcon HiperPro dan Allystar dikumpulkan setiap detik selama 2 menit. Setelah itu, data hasil pengukuran RTK

dibandingkan dengan kordinat rata-rata untuk mendapatkan nilai standart deviasi dapat dilihat pada tabel 4.26.

Tabel 4.26 Standart deviasi pengukuran RTK secara keseluruhan

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,418	0,088	1,318
	<i>low cost</i>	1,047	0,512	2,034
SAKR	geodetik	0,072	0,105	0,232
	<i>low cost</i>	0,333	0,216	0,857
STDN (ITSN)	geodetik	0,074	0,556	0,263
	<i>low cost</i>	0,591	0,98	4,03
STDN (CSBY)	geodetik	1,553	3,46	5,301
	<i>low cost</i>	0,475	0,217	1,201

Hasil pengukuran dengan metode RTK secara keseluruhan didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,072-1,553 meter pada sumbu *easting*, 0,088-3,460 meter pada sumbu *northing*, 0,232-5,301 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,333-1,047 meter pada sumbu *easting*, 0,216-0,980 meter pada sumbu *northing*, 0,857-4,030 meter pada sumbu Z. Hasil pengukuran RTK dengan data keseluruhan menunjukkan standart deviasi dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik.

Dari pengukuran RTK pada GPS geodetik selama 2 menit didapatkan nilai koordinat fix sebesar 1,5% titik BM ITS 01, 24,9% titik Sakura, 0% titik Stadion (CSBY), dan 2,9% titik Stadion (ITSN). Dari pengukuran RTK pada GPS Allystar selama 2 menit didapatkan

nilai koordinat fix sebesar 12,2% titik BM ITS 01, 7,1% titik Sakura, 35,3% titik Stadion (CSBY), dan 16,3% titik Stadion (ITSN).

Tabel 4.27 Standart deviasi pengukuran RTK dengan ambiguitas fase fix

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,001	0,001	0,003
	<i>low cost</i>	0,007	0,003	0,029
SAKR	geodetik	0,004	0,005	0,011
	<i>low cost</i>	0,003	0,003	0,008
STDN (ITSN)	geodetik	0,003	0,001	0,001
	<i>low cost</i>	0,005	0,004	0,018
STDN (CSBY)	geodetik	-	-	-
	<i>low cost</i>	0,003	0,002	0,006

Hasil pengukuran dengan metode RTK secara fix didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,001-0,004 meter pada sumbu *easting*, 0,001-0,005 meter pada sumbu *northing*, 0,001-0,011 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,003-0,007 meter pada sumbu *easting*, 0,002-0,004 meter pada sumbu *northing*, 0,006-0,029 meter pada sumbu Z

Pada GPS geodetik di titik stadion yang diikatkan dengan cors CSBY tidak ditemukan hasil koordinat fix pada pengukuran RTK selama 2 menit, sehingga tidak dapat diketahui nilai standart deviasi. GPS geodetik tidak dapat menerima hasil koreksi yang dikirim oleh base (cors CSBY) pada jarak ± 10.000 meter.

4.2.2. Analisis Akurasi

Setelah memperoleh hasil koordinat masing-masing maka dilakukan perhitungan RMS error untuk mengetahui nilai akurasi dari koordinat GPS geodetik dan GPS *low cost*

4.2.2.1. Akurasi *Post Processing*

Data GPS dari Topcon HiperPro dan GPS allystar dikumpulkan setiap jam selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Setelah itu, data hasil pengukuran statik dibandingkan dengan koordinat fix untuk mendapatkan nilai RMS error. Nilai RMS error dari GPS geodetik dan *low cost* selama 2 jam dapat dilihat pada tabel 4.28. Nilai RMS Error dari GPS geodetik dan *low cost* selama 4 jam dapat dilihat pada tabel 4.29. Nilai RMS Error dari GPS geodetik dan *low cost* selama 6 jam dapat dilihat pada tabel 4.30.

Tabel 4.28 RMS error pengukuran statik selama 2 jam

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,105	0,017	0,070
	<i>low cost</i>	0,931	4,739	7,437
SAKR	geodetik	0,005	0,008	0,020
	<i>low cost</i>	0,222	0,085	0,198
STDN (ITSN)	geodetik	0,003	0,002	0,031
	<i>low cost</i>	0,489	0,150	0,455
STDN (CSBY)	geodetik	0,210	0,028	0,071
	<i>low cost</i>	0,489	0,150	0,463

Tabel 4.29 RMS error pengukuran statik selama 4 jam

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,077	0,012	0,050
	<i>low cost</i>	0,777	4,721	7,433
SAKR	geodetik	0,005	0,005	0,020
	<i>low cost</i>	0,230	0,086	0,195
STDN (ITSN)	geodetik	0,003	0,002	0,031
	<i>low cost</i>	0,438	0,137	0,420
STDN (CSBY)	geodetik	0,208	0,037	0,114
	<i>low cost</i>	0,438	0,137	0,428

Tabel 4.30 RMS error pengukuran statik selama 6 jam

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,064	0,011	0,043
	<i>low cost</i>	1,010	4,670	7,613
SAKR	geodetik	0,007	0,009	0,026
	<i>low cost</i>	0,022	0,006	0,005
STDN (ITSN)	geodetik	0,007	0,003	0,032
	<i>low cost</i>	0,230	0,087	0,196
STDN (CSBY)	geodetik	0,210	0,035	0,114
	<i>low cost</i>	0,637	0,179	0,580

Hasil pengolahan dengan metode *post processing* dengan pengukuran selama 2 jam didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,003-0,210 meter pada sumbu *easting*, 0,002-0,028 meter pada sumbu *northing*, 0,031-0,071 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,222-0,931 meter pada sumbu *easting*, 0,085-4,739 meter pada sumbu

northing, 0,198-7,437 meter pada sumbu Z. Hasil pengukuran statik selama 2 jam menunjukkan RMS error dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik.

Hasil pengolahan dengan metode *post processing* dengan pengukuran selama 4 jam didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,003-0,208 meter pada sumbu *easting*, 0,002-0,037 meter pada sumbu *northing*, 0,020-0,114 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,230-0,777 meter pada sumbu *easting*, 0,086-4,721 meter pada sumbu *northing*, 0,195-7,433 meter pada sumbu Z. Hasil pengukuran statik selama 4 jam menunjukkan RMS error dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik.

Hasil pengolahan dengan metode *post processing* dengan pengukuran selama 6 jam didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,007-0,210 meter pada sumbu *easting*, 0,003-0,035 meter pada sumbu *northing*, 0,026-0,114 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,022-1,010 meter pada sumbu *easting*, 0,006-0,179 meter pada sumbu *northing*, 0,005-7,613 meter pada sumbu Z. Hasil pengukuran statik selama 6 jam menunjukkan RMS error dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik.

Hasil RMS error terbesar terjadi pada titik BM ITS 01 dikarenakan banyak multipath berupa pohon tinggi di sekitar BM ITS 01. Pohon-pohon tinggi berada di sisi selatan,timur, dan barat dari titik BM ITS 01.

Panjang *baseline* tidak berpengaruh pada hasil RMS error GPS geodetik dan GPS *low cost*.

4.2.2.2. Akurasi PPP

Nilai RMS error yang diperoleh dari hasil PPP dapat dilihat pada tabel 4.31.

Tabel 4.31 RMS error prngolahan GPS statik secara PPP

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,256	0,164	0,137
	<i>low cost</i>	3,6	0,795	4,879
SAKR	geodetik	0,209	0,101	0,117
	<i>low cost</i>	0,909	0,49	0,527
STDN	geodetik	0,227	0,073	0,118
	<i>low cost</i>	1,953	0,914	1,621

Hasil pengolahan dengan metode PPP didapatkan nilai standart deviasi GPS geodetik dengan rentang 0,209-0,256 meter pada sumbu *easting*, 0,073-0,164 meter pada sumbu *northing*, 0,117-0,164 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,909-3,600 meter pada sumbu *easting*, 0,490-0,914 meter pada sumbu *northing*, 0,527-4,897 meter pada sumbu Z. Hasil pengolahan dengan metode PPP menunjukkan RMS error dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik Hasil RMS error pada GPS geodetik lebih baik dari pada GPS *low cost* karena GPS geodetik menggunakan *dual frequency* sedangkan GPS *low cost* hanya *single frequency*.

4.2.2.3. Akurasi RTK

Data GPS dari Topcon HiperPro dan Allystar dikumpulkan setiap detik selama 2 menit. Setelah itu, data hasil pengukuran RTK dibandingkan dengan koordinat fix untuk mendapatkan nilai RMS error dapat dilihat pada tabel 4.32.

Tabel 4.32 RMS error pengukuran RTK secara keseluruhan

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,546	0,265	1,435
	<i>low cost</i>	2,182	1,455	3,276
SAKR	geodetik	0,201	0,157	0,255
	<i>low cost</i>	0,346	1,347	2,07
STDN (ITSN)	geodetik	0,224	0,312	0,53
	<i>low cost</i>	1,717	2,636	4,614
STDN (CSBY)	geodetik	4,902	9,273	6,443
	<i>low cost</i>	0,62	0,246	2,041

Hasil pengukuran dengan metode RTK secara keseluruhan didapatkan nilai RMS Error GPS geodetik dengan rentang 0,201-4,902 meter pada sumbu *easting*, 0,157-9,273 meter pada sumbu *northing*, 0, 255-6,433 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,346-2,182 meter pada sumbu *easting*, 0,246-2,636 meter pada sumbu *northing*, 2,041-4,614 meter pada sumbu Z. Hasil pengukuran RTK secara keseluruhan menunjukkan RMS error dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik

Dari pengukuran RTK pada GPS geodetik selama 2 menit didapatkan nilai koordinat fix sebesar 1,5% titik BM ITS 01, 24,9% titik Sakura, 0% titik Stadion (CSBY), dan 2,9% titik Stadion (ITSN). Dari pengukuran RTK pada GPS Allystar selama 2 menit didapatkan nilai koordinat fix sebesar 1,5% titik BM ITS 01, 24,9% titik Sakura, 0% titik Stadion (CSBY), dan 2,9% titik Stadion (ITSN).

Tabel 4.33 RMS error pengukuran RTK secara fix

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	geodetik	0,187	0,032	0,138
	<i>low cost</i>	1,773	1,048	1,068
SAKR	geodetik	0,218	0,124	0,265
	<i>low cost</i>	0,187	1,18	0,313
STDN (ITSN)	geodetik	0,003	0,052	0,365
	<i>low cost</i>	1,189	1,51	0,055
STDN (CSBY)	geodetik	-	-	-
	<i>low cost</i>	0,022	0,025	0,136

Hasil pengukuran dengan metode RTK secara fix didapatkan nilai RMS Error GPS geodetik dengan rentang 0,003-0,218 meter pada sumbu *easting*, 0,032-0,124 meter pada sumbu *northing*, 0,138-0,365 meter pada sumbu Z. Sedangkan nilai standart deviasi pada GPS *low cost* adalah 0,022-1,773 meter pada sumbu *easting*, 0,025-1,510 meter pada sumbu *northing*, 0,055-1,068 meter pada sumbu Z. Hasil pengukuran RTK dengan ambiguitas fase

fix menunjukkan RMS error dari GPS geodetik lebih baik dari GPS *low cost* pada semua titik.

4.2.3. Uji F

Uji F dilakukan untuk mengetahui data pengukuran GPS tersebut homogen atau heterogen. Tingkat kepercayaan yang digunakan pada Uji F sebesar 95%. Uji F dilakukan pada pengukuran GPS secara statik dan RTK. Uji F pada pengukuran GPS secara statik dilakukan dengan mengeluarkan nilai koordinat setiap jam selama 6 jam, sehingga terdapat 6 data koordinat GPS yang digunakan.

4.2.3.1. Metode Statik

Perhitungan Uji F digunakan untuk mengetahui homogen atau tidaknya varians pada GPS geodetik dan GPS *low cost*. Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan varians dari GPS geodetik dan GPS *low cost*. Apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka Hipotesis 0 diterima. Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka Hipotesis 0 ditolak. Hipotesis yang diajukan adalah: H_0 : Varians Homogen (sama baiknya), H_a : Varians Heterogen (tidak sama baiknya).

Tabel 4.34 Uji F koordinat *easting* pengukuran statik

Titik	Koordinat	F hitung	n	F tabel	Hipotesa 0
BITS	<i>Easting</i>	208,698	6	5,05	Ditolak
	<i>Northing</i>	873,054	6	5,05	Ditolak
	<i>Height</i>	1934,550	6	5,05	Ditolak
SAKR	<i>Easting</i>	8,071	6	5,05	Ditolak
	<i>Northing</i>	2,497	6	5,05	Diterima
	<i>Height</i>	2,306	6	5,05	Diterima
STDN (ITSN)	<i>Easting</i>	7264,956	6	5,05	Ditolak
	<i>Northing</i>	1412,071	6	5,05	Ditolak
	<i>Height</i>	3353,312	6	5,05	Ditolak
STDN (CSBY)	<i>Easting</i>	281,530	6	5,05	Ditolak
	<i>Northing</i>	454,588	6	5,05	Ditolak
	<i>Height</i>	344,379	6	5,05	Ditolak

Uji F koordinat horizontal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak. Varians koordinat horizontal pada semua titik bersifat heterogen (tidak sama baiknya). Uji F koordinat vertikal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada titik sakura yang diterima berarti varians koordinat Z pada titik sakura bersifat homogen (sama baiknya). Pada titik BM ITS 01, Stadion (CSBY), dan Stadion (ITSN) Hipotesis 0 ditolak berarti varians koordinat Z pada titik sakura bersifat heterogen (tidak sama baiknya). Varian bersifat heterogen dikarenakan data yang dihasilkan dari GPS *low cost* allystar kurang baik disebabkan oleh adanya multipath yang berupa gedung dan pohon disekitar titik

pengukuran dan GPS low cost allystar menggunakan *single requency*.

4.2.3.2. Metode PPP

Perhitungan uji F dilakukan dengan membandingkan varians dari GPS geodetik dan GPS *low cost* dengan metode PPP. Apabila $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka Hipotesis 0 diterima. Apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka Hipotesis 0 ditolak. Hipotesis yang diajukan adalah: H_0 : Varians Homogen (sama baiknya), H_a : Varians Heterogen (tidak sama baiknya).

Tabel 4.35 Uji F metode PPP

Titik	Koordinat	F hitung	n	F tabel	Hipotesa 0
BITS	<i>Easting</i>	157,834	6	5,05	Ditolak
	<i>Northing</i>	2294,961	6	5,05	Ditolak
	<i>Height</i>	2012,332	6	5,05	Ditolak
SAKR	<i>Easting</i>	6950,003	6	5,05	Ditolak
	<i>Northing</i>	13990,148	6	5,05	Ditolak
	<i>Height</i>	82,374	6	5,05	Ditolak
STDN	<i>Easting</i>	88,117	6	5,05	Ditolak
	<i>Northing</i>	817,938	6	5,05	Ditolak
	<i>Height</i>	315,574	6	5,05	Ditolak

Uji F koordinat horizontal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak. Varians koordinat horizontal pada semua titik bersifat heterogen (tidak sama baiknya). Uji F koordinat vertikal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95%

pada titik sakura yang diterima berarti varians koordinat Z pada titik sakura bersifat homogen (sama baiknya). Pada titik BM ITS 01, Stadion (CSBY), dan Stadion (ITSN) Hipotesis 0 ditolak berarti varians koordinat Z pada titik sakura bersifat heterogen (tidak sama baiknya). Varians bersifat heterogen dikarenakan GPS low cost allystar menggunakan *single requency* sehingga hasil koreksi GPS *low cost* secara PPP tidak lebih baik dibandingkan GPS geodetik.

4.2.3.3. Metode RTK

Perhitungan Uji F digunakan untuk mengetahui homogen atau tidaknya varians pada GPS geodetik dan GPS *low cost*. Perhitungan ini dilakukan dengan membandingkan varians dari GPS geodetik dan GPS *low cost*. Apabila F hitung < Ftabel, maka Hipotesis 0 diterima. Apabila F hitung > Ftabel, maka Hipotesis 0 ditolak. Hipotesis yang diajukan adalah: H_0 : Varians Homogen (sama baiknya), H_a : Varians Heterogen (tidak sama baiknya). Uji F dilakukan pada data RTK secara keseluruhan dan data fix.

Tabel 4.36 Uji F koordinat RTK secara keseluruhan

Titik	Koordinat	F hitung	n	F tabel	Hipotesa 0
BITS	<i>Easting</i>	6,286	120	1,355	Ditolak
	<i>Northing</i>	34,248	120	1,355	Ditolak
	<i>Height</i>	2,38	120	1,355	Ditolak
SAKR	<i>Easting</i>	21,276	120	1,355	Ditolak
	<i>Northing</i>	3,083	120	1,355	Ditolak
	<i>Height</i>	15,511	120	1,355	Ditolak
STDN (ITSN)	<i>Easting</i>	11,203	120	1,355	Ditolak
	<i>Northing</i>	337,576	120	1,355	Ditolak
	<i>Height</i>	6,304	120	1,355	Ditolak
STDN (CSBY)	<i>Easting</i>	63,683	120	1,355	Ditolak
	<i>Northing</i>	3,406	120	1,355	Ditolak
	<i>Height</i>	255,019	120	1,355	Ditolak

Uji F koordinat horizontal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak. Varians koordinat easting pada semua titik bersifat heterogen (tidak sama baiknya). Uji F koordinat vertikal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak. Varians koordinat vertikal pada semua titik bersifat heterogen (tidak sama baiknya).

Uji F untuk koordinat fix RTK dilakukan hanya pada 3 pengukuran yaitu: BM ITS 01, Sakuran dan Stadion yang diikatkan dengan cors ITSN. Titik Stadion yang diikatkan paada

cors CSBY tidak diikuti karena tidak terdapat nilai fix pada pengukuran RTK selama 2 menit.

Tabel 4.37 Uji F koordinat RTK secara Fix

Titik	Koordinat	F hitung	N	F tabel	Hipotesa 0
BITS	<i>Easting</i>	25,214	2;15	245	Diterima
	<i>Northing</i>	5,658	2;15	245	Diterima
	<i>Height</i>	83,182	2;15	245	Diterima
SAKR	<i>Easting</i>	1,664	30;8	3,385	Diterima
	<i>Northing</i>	3,047	30;8	3,385	Diterima
	<i>Height</i>	1,807	30;8	3,385	Diterima
STDN (ITSN)	<i>Easting</i>	3,605	3;20	19,44	Diterima
	<i>Northing</i>	7,676	3;20	19,44	Diterima
	<i>Height</i>	277,167	3;20	19,44	Ditolak

Uji F koordinat horizontal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik diterima. Varians koordinat horizontal pada semua titik bersifat homogen (sama baiknya). Uji F koordinat vertikal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada titik stadion yang diikatkan ke cors ITSN ditolak, sedangkan pada titik BM ITS 01 dan Sakura diterima. Varians koordinat vertikal pada titik stadion yang diikatkan ke cors ITSN bersifat heterogen (tidak sama baiknya) dan Varians koordinat vertikal pada titik titik BM ITS 01 dan Sakura homogen (sama baiknya). Dari hasil uji F pada data RTK dengan ambiguitas fase fix, dapat diketahui bahwa

presisi dari GPS geodetik sama baiknya dengan GPS *low cost*.

4.2.4. Uji T

Uji T dilakukan untuk mengetahui data pengukuran GPS tersebut memiliki akurasi yang sama atau tidak. Tingkat kepercayaan yang digunakan pada Uji T sebesar 95%. Uji T dilakukan pada pengukuran GPS secara statik dan RTK. Uji T pada pengukuran GPS secara statik dilakukan dengan mengeluarkan nilai koordinat setiap jam selama 6 jam, sehingga terdapat 6 data koordinat GPS yang digunakan.

4.2.4.1. Statik

Perhitungan Uji T digunakan untuk mengetahui akurasi GPS geodetik dan GPS *low cost* sama atau tidak. Apabila $T_{hitung} < T_{tabel}$, maka Hipotesis 0 diterima. Apabila $T_{hitung} > T_{tabel}$, maka Hipotesis 0 ditolak. Hipotesis yang diajukan adalah: H_0 : Akurasi GPS geodetik sama dengan GPS *low cost*, H_a : Akurasi GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost*. Hasil Uji F pada pengukuran statik didapatkan hasil varians heterogen pada semua titik. Maka rumus uji T yang dilakukan pada pengukuran statik adalah *separated varians*.

Tabel 4.38 Kordinat rata-rata pengukuran statik GPS geodetik

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	Geodetik	698075,51	9194685,95	32,336
	<i>low cost</i>	698075,695	9194681,293	39,876
SAKR	Geodetik	698974,235	9193208,344	34,436
	<i>low cost</i>	698974,467	9193208,256	34,655
STDN (ITSN)	Geodetik	697904,933	9194459,063	31,767
	<i>low cost</i>	697905,516	9194459,232	32,266
STDN (CSBY)	Geodetik	697904,725	9194459,098	31,627
	<i>low cost</i>	697905,516	9194459,232	32,273

Tabel 4.39 Uji T koordinat *easting* pengukuran statik

Titik	Koordinat	T hitung	n	T tabel	Hipotesa 0
BITS	<i>Easting</i>	0,453	6	2,571	Diterima
	<i>Northing</i>	38,820	6	2,571	Ditolak
	<i>Height</i>	20,560	6	2,571	Ditolak
SAKR	<i>Easting</i>	38,269	6	2,571	Ditolak
	<i>Northing</i>	41,601	6	2,571	Ditolak
	<i>Height</i>	58,486	6	2,571	Ditolak
STDN (ITSN)	<i>Easting</i>	5,510	6	2,571	Ditolak
	<i>Northing</i>	7,041	6	2,571	Ditolak
	<i>Height</i>	5,637	6	2,571	Ditolak
STDN (CSBY)	<i>Easting</i>	7,454	6	2,571	Ditolak
	<i>Northing</i>	5,597	6	2,571	Ditolak
	<i>Height</i>	7,293	6	2,571	Ditolak

Uji T koordinat horizontal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak yang

berarti akurasi koordinat horizontal GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost*. Uji T koordinat vertikal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak, berarti koordinat vertikal akurasi GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost* pada semua titik. Akurasi dari GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost* disebabkan karena selisih dari koordinat GPS geodetik dan GPS *low cost* yang sangat besar. Perbedaan nilai koordinat dikarenakan data yang dihasilkan dari GPS *low cost* allystar kurang baik disebabkan oleh adanya multipath yang berupa gedung dan pohon disekitar titik pengukuran dan GPS *low cost* allystar menggunakan *single requency*

4.2.4.2. Metode PPP

Perhitungan Uji T digunakan untuk mengetahui akurasi GPS geodetik dan GPS *low cost* sama atau tidak dengan metode PPP. Apabila T hitung $<$ T tabel, maka Hipotesis 0 diterima. Apabila T hitung $>$ T tabel, maka Hipotesis 0 ditolak. Hipotesis yang diajukan adalah: H_0 : Akurasi GPS geodetik sama dengan GPS *low cost*, H_a : Akurasi GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost*. Hasil Uji F pada metode PPP didapatkan hasil varians heterogen pada semua titik. Maka rumus uji T yang dilakukan pada pengukuran statik adalah *separated varians*.

Tabel 4.40 Koordinat rata-rata metode PPP

TITIK	GPS	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	<i>Height</i> (m)
BITS	Geodetik	698075,740	9194685,899	32,272
	<i>low cost</i>	698072,484	9194685,394	32,471
SAKR	Geodetik	697904,935	9194459,057	31,603
	<i>low cost</i>	697904,214	9194458,334	32,980
STDN	Geodetik	698974,431	9193208,246	34,504
	<i>low cost</i>	698973,374	9193207,987	34,659

Tabel 4.41 Uji T metode PPP

Titik	Koordinat	T hitung	n	T tabel	Hipotesa 0
BITS	<i>Easting</i>	4,877	6	2,571	Ditolak
	<i>Northing</i>	3,361	6	2,571	Ditolak
	<i>Height</i>	0,106	6	2,571	Diterima
SAKR	<i>Easting</i>	1,083	6	2,571	Diterima
	<i>Northing</i>	3,957	6	2,571	Ditolak
	<i>Height</i>	4,275	6	2,571	Ditolak
STDN	<i>Easting</i>	6,051	6	2,571	Ditolak
	<i>Northing</i>	1,662	6	2,571	Diterima
	<i>Height</i>	0,951	6	2,571	Diterima

Uji T koordinat horizontal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak yang berarti akurasi koordinat horizontal GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost*. Uji T koordinat vertikal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak, berarti koordinat vertikal akurasi GPS geodetik tidak sama

dengan GPS *low cost* pada semua titik. Akurasi dari GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost* disebabkan karena selisih dari koordinat GPS geodetik dan GPS *low cost* yang sangat besar. Perbedaan koordinat yang sangat besar disebabkan karena GPS *low cost* menggunakan *single frequency* sehingga koreksi pada metode PPP tidak sebaik GPS geodetik yang menggunakan *dual frequency*.

4.2.4.3. RTK

Perhitungan Uji T pada pengukuran RTK secara keseluruhan digunakan untuk mengetahui akurasi GPS geodetik dan GPS *low cost* sama atau tidak. Apabila $T_{hitung} < T_{tabel}$, maka Hipotesis 0 diterima. Apabila $T_{hitung} > T_{tabel}$, maka Hipotesis 0 ditolak. Hipotesis yang diajukan adalah: H_0 : Akurasi GPS geodetik sama dengan GPS *low cost*, H_a : Akurasi GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost*. Hasil Uji F pada pengukuran RTK secara keseluruhan didapatkan hasil varians yang heterogen pada semua titik dan memiliki jumlah data yang sama. Maka rumus uji T yang dilakukan pada pengukuran statik adalah *separated varians*.

Tabel 4.42 Uji T koordinat RTK secara keseluruhan

Titik	Koordinat	T hitung	n	T tabel	Hipotesa 0
BITS	<i>Easting</i>	15,17	120	1,98	Ditolak
	<i>Northing</i>	33,96	120	1,98	Ditolak
	<i>Height</i>	4,564	120	1,98	Ditolak
SAKR	<i>Easting</i>	6,853	120	1,98	Ditolak
	<i>Northing</i>	57,67	120	1,98	Ditolak
	<i>Height</i>	1,5909	120	1,98	Diterima
STDN (ITSN)	<i>Easting</i>	26,14	120	1,98	Ditolak
	<i>Northing</i>	26,46	120	1,98	Ditolak
	<i>Height</i>	14,41	120	1,98	Ditolak
STDN (CSBY)	<i>Easting</i>	38,226	120	1,98	Ditolak
	<i>Northing</i>	26,11	120	1,98	Ditolak
	<i>Height</i>	7,847	120	1,98	Ditolak

Uji T koordinat horizontal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak, yang berarti akurasi GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost* pada semua titik. Uji T koordinat vertikal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada titik sakura diterima, sedangkan pada titik BM ITS 01 dan Stadion ditolak, berarti akurasi koordinat vertikal GPS geodetik sama dengan GPS *low cost* pada titik sakura dan akurasi koordinat vertikal GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost* pada titik BM ITS 01 dan Stadion. Akurasi dari GPS geodetik yang tidak sama dengan GPS *low cost* disebabkan karena selisih dari koordinat GPS geodetik dan GPS

low cost yang sangat besar. Perbedaan koordinat yang sangat besar disebabkan karena GPS *low cost* yang menggunakan *single frequency* dan antenna yang digunakan tidak sama.

Uji F untuk koordinat fix RTK dilakukan hanya pada 3 pengukuran yaitu: BM ITS 01, Sakuran dan Stadion yang diikatkan dengan cors ITSN. Titik Stadion yang diikatkan paada cors CSBY tidak diikuti karena tidak terdapat nilai fix pada pengukuran RTK selama 2 menit. Hasil Uji F pada pengukuran RTK secara fix didapatkan hasil varians yang homogen pada semua titik dan memiliki jumlah data yang tidak sama. Maka rumus uji T yang dilakukan pada pengukuran statik adalah *polled varians*.

Tabel 4. 43 Uji T koordinat RTK secara Fix

Titik	Koordinat	T hitung	n	T tabel	Hipotesa 0
BITS	<i>Easting</i>	874,671	2;15	2,131	Ditolak
	<i>Northing</i>	453,469	2;16	2,131	Ditolak
	<i>Height</i>	538,372	2;17	2,131	Ditolak
SAKR	<i>Easting</i>	235,757	30;8	2,029	Ditolak
	<i>Northing</i>	614,369	30;9	2,029	Ditolak
	<i>Height</i>	336,21	30;10	2,029	Ditolak
STDN (ITSN)	<i>Easting</i>	583,489	3;20	2,08	Ditolak
	<i>Northing</i>	767,168	3;21	2,08	Ditolak
	<i>Height</i>	204,516	3;22	2,08	Ditolak

Uji T koordinat horizontal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang

kepercayaan 95% pada semua titik ditolak, berarti koordinat horizontal akurasi GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost* pada semua titik. Uji T koordinat vertikal diatas dapat diketahui bahwa Hipotesis 0 dengan selang kepercayaan 95% pada semua titik ditolak, berarti akurasi koordinat vertikal GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost* pada semua titik. Akurasi dari GPS geodetik yang tidak sama dengan GPS *low cost* disebabkan karena selisih dari koordinat GPS geodetik dan GPS *low cost* yang sangat besar. Perbedaan koordinat yang sangat besar disebabkan karena GPS *low cost* yang menggunakan *single frequency* dan tedapat multipath disekitar titik pengukuran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengukuran secara statik selama 6 jam pada GPS geodetik menunjukkan RMS error semakin kecil dan semakin bagus dibandingkan dengan pengukuran secara statik selama 4 jam dan 2 jam di titik BM ITS 01.
2. Jarak optimal pengukuran RTK selama 2 menit pada GPS geodetik adalah 0-2 km karena pada jarak ± 10 km tidak terdapat hasil koordinat dengan ambiguitas fase fix. Jarak optimal pengukuran RTK selama 2 menit pada GPS *low cost* adalah 0-10 km.
3. Dari uji F pada data GPS geodetik dan GPS *low cost* dengan pengukuran secara statik dan RTK didapatkan hasil sebagai berikut:
 - a. Hasil uji F pada pengukuran GPS geodetik dan GPS *low cost* secara statik menunjukkan bahwa hanya varian koordinat vertikal pada titik sakura berifat homogen (sama baiknya).
 - b. Hasil uji F dengan pengolahan GPS metode PPP menunjukkan bahwa varian koordinat horizontal dan vertikal pada semua titik berifat heterogen (tidak sama baiknya).
 - c. Hasil uji F pengukuran GPS secara RTK dengan menggunakan data keseluruhan menunjukkan bahwa varian koordinat horizontal dan vertikal pada semua titik bersifat heterogen (tidak sama baiknya).
 - d. Hasil uji F pengukuran GPS secara RTK dengan menggunakan data fix menunjukkan bahwa varian horizontal pada semua titik dan vertikal pada titik BM ITS 01 serta sakura bersifat homogen.

4. Dari uji T pada data GPS geodetik dan GPS low cost dengan pengukuran secara statik dan RTK didapatkan hasil sebagai berikut:
 - a. Hasil uji T pada pengukuran GPS secara statik menunjukkan bahwa akurasi koordinat horizontal dan vertikal pada GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost* pada semua titik.
 - b. Hasil uji F dengan pengolahan GPS metode PPP
 - c. menunjukkan bahwa akurasi koordinat vertikal pada GPS geodetik sama dengan GPS *low cost* pada pada titik BM ITS 01 dan Stadion.
 - d. Hasil uji T pada pengukuran GPS secara RTK dengan menggunakan data keseluruhan menunjukkan bahwa akurasi koordinat vertikal pada GPS geodetik sama dengan GPS *low cost* pada pada titik Sakura.
 - e. Hasil uji T pada pengukuran GPS secara RTK dengan menggunakan data fix menunjukkan bahwa akurasi koordinat horizontal dan vertikal pada GPS geodetik tidak sama dengan GPS *low cost* pada semua titik.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data dan kesimpulan yang didapat pada penelitian tugas akhir ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Penelitian dilakukan pada BM yang telah diketahui nilai koordinat secara mutlak dan dapat di percaya nilai kebenarannya, seperti pada BM BIG.
2. Pengolahan dilakukan dengan *software* ilmiah berupa GAMIT.
3. Pengukuran GPS geodetik dengan metode RTK sebaiknya dilakukan lebih dari 2 menit untuk mendapatkan hasil koordinat dengan ambiguitas fase fix.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (1993). *Sinyal Dan Data Pengamatan GPS*. Jakarta: PT.Pradnya Pramitha.
- Abidin, H. Z. (1994). *Surveyor Indonesia dalam Era GPS*. Jakarta: PT. Pradnya Pramitha.
- Abidin, H. Z. (2006). *Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT. Pradnya Pramitha.
- Allystar. (2016). *General Spesification*. Guandong: Allystar.
- Allystar Technology CO., L. (2019, Januari Kamis). *Tentang Allystar*. Retrieved from allystar: <http://www.allystar.com>
- Arjiansah , R. I., Yuwono, B. D., & Amarrohman, F. J. (2016). *Analisis Ketelitian Pengamatan GPS Menggunakan Single Frekuensi dan Dual Frekuensi Untuk Kerangka Kontrol Horizontal*. semarang: Universitas Diponogoro.
- Arsyad, S. (1998). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press.
- BPN. (2017). *Modul GNSS Geodetik*. Nusa Tenggara Timur: BPNNTTSP.
- Direktorat Pengukuran Dasar. (2011). *Pengenalan CORS*. Jakarta: Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia .
- Endang. (2011). *Penentuan Posisi Dengan GPS*. Jakarta: Badan Informasi Geospasial.
- Iqmal, T. (2014). *Arti Penting Kalibrasi Pada Proses Pengukuran Analitik*. Yogyakarta: UGM.

- Kuncoro, H., Meilano, I., & Sarsito, A. (2012). *Analisis Metode GPS Kinematik Menggunakan Perangkat Lunak RTKLIB*. Bandung: ITB.
- Ramadhony, A. B., Awaluddin, M., & Sasmito, B. (2017). *Analisis Pengukuran Bidang Tanah Dengan Menggunakan GPS Pemetaan*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- sugiyono. (2007). *statistika untuk penelitian*. bandung: alfabet.
- Syetiawan, A., Prayoga, O., & Efendi, J. (2015). *Uji Akurasi Penentuan Posisi Metode GPS-RTK Menggunakan Perangkat CHC X91+*. Cibinong: Badan Informasi Geospasial.
- Syetiawan, A., Prayoga, O., & Efendi, J. (2016). *Uji Akurasi Penentuan Posisi Metode GPS-RTK Menggunakan Perangkat CHC X91+*. Cibinong: BIG.
- Takasu, T. (2015). *RTKLIB ver. 2.4.3 Manual* .
- Takasu, T., & Yasuda, A. (2009). *Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program package RTKLIB*. korea: International Symposium on GPS/GNSS, International Convention Center Jeju.
- Topcon. (2006). *Hiper Pro Operator's Manual*. Topcon Positioning Systems, Inc.
- Topcon. (2009). *Topcon tools Reference Manual*. Canada: Topcon Positioning system, Inc.

LAMPIRAN

Lampiran A. Dokumentasi Arah Mata Angin

1. BM ITS 01



Gambar 1. Foto 4 Arah Mata Angin Titik BM ITS 01

2. Stadion



Gambar 2. Foto 4 Arah Mata Angin Titik Stadion

3. Sakura



Gambar 3. Foto 4 Arah Mata Angin Titik Sakura

Lampiran B. Dokumentasi Pengukuran

1. Pengukuran Statik dan RTK



Gambar 4. Foto Pengukuran Statistik dan RTK

2. Pengukuran RTK + Kinematik



Gambar 5. Foto Pengukuran RTK+kinematik

“Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 03 Januari 1997, merupakan anak ke dua dari 4 bersaudara dan putra dari bapak Suwarso Budi dan ibu Mutmainah. Penulis Telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyah, SDN Margorejo IV, SMPN 13 Surabaya, SMAN 10 Surabaya dan lulus pada tahun 2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di Departemen Teknik Geomatika melalui jalur SNMPTN. Penulis padamasa perkuliahan diamanahi menjadi ketua departemen kaderisasi GIS ITS. Selain itu penulis juga pernah mengikuti Latihan Ketrampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM pra TD) dan LKMW TD. Penulis pernah mengikuti kegiatan kerja praktek/magang di proyek Tol Kunciran-Serpong selama satu bulan lebih 15 hari. Dalam penyelesaian syarat Tugas Akhir,penulis memilih bidang GNSS, dengan Judul Tugas Akhir “ Analisis Perbandingan Ketelitian Pada GPS Geodetik Topcon HiperPro Dan GPS Low-Cost Allystar HD9100 (Studi Kasus : Kota Surabaya)”. Jika ingin menghubungi penulis dapat mengirim email pada mahfud.rusyidi16@gmail.com.