

OPTIMASI WAKTU PENGUKURAN JARING KERANGKA KONTROL HORIZONTAL DENGAN *RECEIVER* *GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM*

Moh Faisal Taufiqurrahman^{*)}, Yunus Susilo, Septa Erik Prabawa,
Fahrul Yahya

Teknik Geomatika-Fakultas Teknik Universitas DR. Soetomo
Jl. Semolowaru, Menur Pumpungan, Kec. Sukolilo, Surabaya, Indonesia-60118 Telp./Faks: (031)
5925970 Email : faisaltaufiq970@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan pengamatan JKHN untuk mendapatkan waktu yang optimum dalam pengamatan GNSS dengan metode *static differential* agar memperoleh waktu yang optimum sehingga dapat digunakan untuk referensi dalam penentuan posisi. Rentang waktu dalam pengamatan pada setiap titik JKHN adalah 15, 30, 45, dan 60 menit menggunakan metode radial. Pada *baseline* SBY1-SBY5 bahwa pada pengamatan 15 menit hasil pergeseran linearnya lebih baik dari pengamatan 30, 45, 60 menit yaitu 0,0051 meter. Berdasarkan pergeseran linear diatas bahwa untuk pengamatan 15 menit sudah bisa digunakan untuk pengamatan titik kontrol dengan Panjang *baseline* 10 kilometer. Hal ini dikarenakan pada saat pengamatan 15 menit konfigurasi satelit pada saat pengamatan lebih baik. Durasi waktu pengamatan yang paling optimum untuk pergeseran linear horizontal terkecil adalah pada *baseline* SBY1-SBY3 dengan panjang *baseline* 10 km lama pengamatan 15 menit dengan nilai pergeseran 0,0051 meter atau 5,1 milimeter. Berdasarkan nilai pergeseran linier horizontal yang digunakan pada pengamatan titik JKHN adalah waktu pengamatan 15, 30, dan 45 menit dengan panjang *baseline* <10 km. Untuk melakukan pengamatan titik kontrol dengan panjang *baseline* <10 km tidak harus dengan durasi waktu 120 menit.

Kata kunci: GNSS, JKHN, Waktu Optimum, Standard Deviasi

ABSTRACT

JKHN observations have been carried out to obtain the optimum time in GNSS observations using the static differential method in order to obtain the optimum time so that it can be used as a reference in determining position. The time span for observations at each JKHN point is 15, 30, 45 and 60 minutes using the radial method. In the SBY1-SBY5 baseline, the 15 minute observations showed that the linear shift results were better than the 30, 45, 60 minute observations, namely 0.0051 meters. Based on the linear shift above, 15 minute observations can be used to observe control points with a baseline length of 10 kilometers. This is because when observing 15 minutes, the satellite configuration at the time of observation is better. The maximum observation time duration for the smallest horizontal linear shift is on the SBY1-SBY3 baseline with a baseline length of 10 km, an observation time of 15 minutes with a shift value of 0.0051 meters or 5.1 millimeters. Based on the horizontal linear shift values used for observing the JKHN point, the observation times are 15, 30 and 45 minutes with a baseline length of <10 km. To carry out observations of control points with a baseline length of <10 km, it does not have to be 120 minutes.

Keywords: GNSS, SNI, JKHN, Optimum Time, Standard Deviation..

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Dalam era globalisasi dan kemajuan teknologi informasi seperti sekarang ini, efisiensi dan efektivitas menjadi kunci utama dalam menjalankan berbagai aktivitas, termasuk dalam penentuan posisi jaringan kontrol horizontal. Jaringan kontrol horizontal merupakan sekumpulan titik kontrol horizontal yang satu sama lainnya dikaitkan dengan data ukuran jarak atau sudut, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran/pengamatan tertentu dalam suatu sistem referensi koordinat horizontal tertentu (MI Setiawan, 2023).

Penentuan posisi titik di permukaan bumi dapat dilakukan secara terestris maupun ekstra-terestris. Metode penentuan posisi secara terestris dilakukan berdasarkan pengukuran dan pengamatan di bumi. Sedangkan metode ekstraterestris, penentuan posisi dilakukan dengan pengukuran atau pengamatan ke objek/benda angkasa, baik yang alamiah (seperti bulan, bintang dan *quar*) maupun buatan manusia seperti satelit. Dalam perkembangan survei ekstraterestris, penggunaan survei GPS sering digunakan untuk menentukan titik-titik kontrol geodesi, baik titik kontrol horizontal maupun titik kontrol vertikal, dimana untuk melakukan pengukuran kerangka kontrol ini tidak terlepas dari jaring geodesi. Jaringan geodesi juga dapat didefinisikan sebagai bentuk geometri yang terdiri dari tiga atau lebih titik yang dilakukan pengukuran geodesi, dimana pengukuran ini terdiri dari pengukuran jarak horizontal, sudut azimuth, dan lain sebagainya (Kuang, 1996).

Belakangan ini kemajuan teknologi membawa perubahan paradigma dari penggunaan benda langit alami menjadi benda langit buatan manusia (Satelit) untuk menentukan posisi di atas, dan di bawah permukaan bumi. Pada tahun 1970an, pendekatan survei yang baru dan unik, yaitu sistem penentuan posisi global (GPS) (Khalid dkk, 2014). Sistem ini, yang tumbuh dari program luar angkasa, bergantung pada sinyal yang dikirimkan dari satelit untuk pengoperasiannya. Hal ini merupakan hasil penelitian dan pengembangan yang dibiayai oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat untuk menghasilkan sistem navigasi dan panduan global (Hofmann, 2014). Negara-negara lain telah mengembangkan sistem mereka sendiri; ini termasuk GLONASS oleh Rusia, Boudein/COMPASS oleh Tiongkok, Galileo dari UE, QZSS oleh Jepang, dan IRNSS dari India. Dengan demikian, seluruh ruang lingkup sistem satelit yang digunakan dalam penentuan posisi sekarang disebut sebagai sistem satelit navigasi global (GNSS). Sistem penentuan posisi global (GPS) tidak diragukan lagi merupakan teknologi terpenting yang mempengaruhi praktik survei dalam pencarian oleh Surveyor. untuk bekerja lebih efisien (Moca, 1999). Sistem GNSS memberikan informasi penentuan waktu dan posisi yang tepat di mana saja di muka bumi dengan keandalan tinggi dan biaya rendah. Sistem ini dapat dioperasikan siang atau malam, hujan atau cerah, dan tidak memerlukan jarak pandang yang jelas antar stasiun

survei. Hal ini merupakan perubahan revolusioner dari prosedur survei konvensional, yang mengandalkan sudut dan jarak pengamatan untuk menentukan posisi titik (Khalid dkk, 2014).

SNI 19-6724-2002 tentang jaring kontrol horizontal adalah standar nasional Indonesia yang mengatur tentang jaring kontrol horizontal. Standar ini memberikan pedoman dan spesifikasi untuk pembangunan jaring kontrol horizontal dalam survei geodetik. SNI 19-6724-2002 masih berdasarkan satu sistem pendukung penentuan posisi global yaitu *Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System* (NAVSTAR GPS). Dalam perkembangan teknologi penentuan posisi sudah ada banyak satelit pendukung lain sehingga sistem nya adalah sudah *Global Navigation Satellite System* (GNSS) yang mempunyai banyak sistem satelit pendukung seperti GPS, Beidou, GLONASS, Galileo dan lain lain. Maka penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan waktu optimum untuk pengukuran jaring kontrol horizontal dengan tetap masih memperhatikan kualitas ketelitian hasil posisinya.

Metode pengamatan GNSS yang sering digunakan adalah metode pengamatan static differential. Metode *static differential* adalah metode penentuan posisi dengan waktu yang lama (rentang waktu dalam jam). Untuk mendapatkan waktu yang optimum dalam penentuan posisi JKHN maka diperlukan penelitian untuk pembandingan waktu dalam pengamatan sehingga dapat mendapatkan waktu yang optimum yang dapat digunakan sebagai referensi dalam pengamatan posisi JKHN. Dibutuhkan waktu optimum dalam pengamatan GNSS dengan metode *static differential* agar memperoleh waktu yang optimum sehingga dapat digunakan untuk referensi dalam penentuan posisi. Rentang waktu dalam pengamatan pada setiap titik JKHN adalah 15, 30, 45, 60 menit menggunakan metode radial.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat mendapat durasi waktu yang optimum terhadap pengukuran jaring kontrol horizontal dengan tingkat ketelitian data yang maksimum. Sehingga dapat memberi informasi yang lebih akurat dan sebagai acuan terhadap waktu yang optimum dalam pengukuran jaring kontrol horizontal untuk waktu yang akan datang.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa waktu optimum pengukuran jaring kerangka kontrol horizontal dengan *receiver Global Navigation Satellite System*?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dalam melakukan penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu yang paling optimum dalam melakukan pengukuran jaring kontrol horizontal. Penelitian ini diharapkan diperoleh waktu yang optimum terhadap pengukuran jaring kontrol horizontal.

I.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan durasi waktu yang optimum terhadap ketelitian dalam pengukuran jaring kontrol horizontal.
2. Meningkatkan efisiensi pengukuran dengan memperhatikan kualitas ketelitian hasil penentuan koordinat jaring kerangka horizontal.

I.5 Batasan Masalah

Untuk membatasi masalah agar sesuai dengan topik yang akan dibahas pada penelitian, maka dibuat batasan-batasan masalah sebagai berikut.

1. Pengamatan menggunakan receiver GNSS dengan metode *Static Differencial*
2. Lokasi pengamatan dilakukan di JKHN Kota Surabaya
3. Pengamatan hanya dilakukan satu kali
4. *Receiver* yang digunakan Hi TARGET tipe V200 dan iRTK
5. *Software* yang digunakan HBC (*Hi TARGET Business Center*)

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Global Positioning System (GPS)

GPS atau *Global Positioning System*, merupakan sebuah alat atau suatu sistem navigasi yang memanfaatkan satelit dan dapat digunakan untuk menginformasikan penggunaanya dimana dia berada (secara global) di permukaan bumi yang berbasis satelit. Survei GPS adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. Sistem yang serupa dengan GPS antara lain GLONASS Rusia, Galileo Uni Eropa, IRNSS India. Sistem GPS, yang nama aslinya adalah NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*). Pada dasarnya GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terutama terdiri dari satelit-satelit GPS, segmen sistem (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS (Abidin, 2007). Ketelitian dari GPS dapat mencapai beberapa mm untuk ketelitian posisinya, beberapa cm/s untuk ketelitian kecepatannya dan beberapa nanodetik untuk ketelitian waktunya. Ketelitian posisi yang diperoleh akan tergantung padabeberapa faktor yaitu metode penentuan posisi, geometri satelit, tingkat ketelitian data, dan metode pengolahan datanya.

II.2 Global Navigation Satellite Sistem (GNSS)

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) merupakan suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu dan lokasi, memancarkan macam-macam sinyal dalam bentuk frekuensi secara terus menerus, yang tersedia di

semua lokasi di atas permukaan bumi. GNSS memiliki peranan penting dalam bidang navigasi. GNSS yang ada saat ini adalah GPS (Global Positioning System) milik Amerika Serikat, GLONASS (Global Navigation Satellite System) milik Rusia, GALILEO milik Uni Eropa, dan COMPASS atau Bei-Dou milik China. India dan Jepang telah mengembangkan kemampuan GNSS regional dengan meluncurkan sejumlah satelit ke antariksa untuk menambah kemampuan yang sudah disediakan oleh sistem global dalam menyediakan tambahan cakupan regional (UNOOSA, 2011). GNSS merupakan teknologi penentuan posisi secara ekstra terestris titik dipermukaan bumi dengan memanfaatkan satelit navigasi, seperti satelit GPS yang dikembangkan oleh Amerika Serikat, GLONASS milik Eropa, dan COMPASS milik China. GNSS tidak berbeda dengan GPS, GPS merupakan salah satu bagian dari GNSS. Seperti GPS, GNSS dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca, serta bisa memberikan posisi dalam tiga dimensi yang teliti, serta informasi mengenai waktu yang kontinyu (Abidin, 2023).

Sistem GNSS				Sistem RNSS	
System	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou	IRNSS
Constellation	MEO	MEO	MEO, GEO, GEO	MEO, GEO, GEO	MEO, GEO, GEO
Number of satellites	24	24	27-30	30	7-9
Frequency	L1: 1575.42 MHz L2: 1227.60 MHz L5: 1176.45 MHz	L1: 1602.00 MHz L2: 1246.00 MHz L3: 1202.025 MHz	E1: 1575.42 MHz E5: 1191.8 MHz E6: 1207.14 MHz E7: 1270.75 MHz	B1: 1561.098 MHz B2: 1267.14 MHz B3: 1267.52 MHz B4: 1270.75 MHz	I1: 1480.0 MHz I2: 1470.0 MHz I5: 1475.0 MHz
Service area	Global	Global	Global	Global	Regional (South Asia)

Gambar 1 Sistem Satelit GNSS (Sumber HZ Abidin 2023)

Jenis frekuensi gelombang yang digunakan oleh GNSS tergantung dari satelitnya (Wahyono, 2019). Setiap satelit memiliki penamaan gelombang frekuensi yang berbeda, hal tersebut disesuaikan dengan jenis dan tipe alat penerima sinyal GPS (*GPS receiver*) yang digunakan.

II.3 Jaring Kontrol Horizontal (JKH)

Jaring kontrol Geodesi terdiri atas Jaring Kontrol Horizontal (JKH), Jaring Kontrol Vertikal (JKV), dan Jaring Kontrol Gaya berat (JKB). Sebagai salah satu data spasial kerangka kontrol geodesi dan geodinamika tercantum dalam Jaringan Data Spasial Nasional. Data data geodesi di dalamnya dimanfaatkan oleh pemerintah maupun swasta sebagai referensi untuk pekerjaan pemetaan dan survei rekayasa dan sebagai landasan pengembangan ISDN atau Infrastruktur Data Spasial Nasional. Jaring Kontrol Horizontal Nasional yang selanjutnya disingkat JKHN adalah sebaran titik kontrol geodesi horizontal yang terhubung satu sama lain dalam satu kerangka referensi. sekumpulan titik kontrol horizontal yang satu sama lainnya dikaitkan dengan data ukuran jarak dan/atau sudut, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran/pengamatan tertentu dalam suatu sistem referensi koordinat horizontal tertentu.

II.4 Penetapan Orde Jaringan

Orde suatu jaring titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu-panjang dari setiap elips kesalahan relatif (antar titik) dengan tingkat

kepercayaan (confidence level) 95% yang dihitung berdasarkan statistik yang diberikan oleh hasil hitung perataan jaringan kuadrat terkecil. Dalam penentuan Orde, hitung perataan jaringannya adalah hitung perataan berkendala penuh. Dalam hal ini panjang maksimum dari sumbu-panjang elips kesalahan relatif (satu deviasi standar) yang digunakan juga dihitung berdasarkan persamaan di atas. Berdasarkan nilai faktor c tersebut, dapat dibuat kategorisasi orde jaring titik kontrol horizontal yang diperoleh dari suatu survei geodetik.

II.5 Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI)

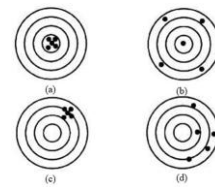
Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013 SRGI adalah suatu terminologi modern yang sama dengan terminologi Datum Geodesi Nasional (DGN) yang lebih dulu didefinisikan, yaitu suatu sistem koordinat nasional yang konsisten dan kompatibel dengan sistem koordinat global. SRGI mempertimbangkan perubahan koordinat berdasarkan fungsi waktu, karena adanya dinamika bumi. Secara spesifik, SRGI adalah sistem koordinat kartesian 3 dimensi (X, Y, Z) yang geosentrik. Implementasi praktis di permukaan bumi dinyatakan dalam koordinat Geodetik lintang, bujur, tinggi, skala, gayaberat, dan orientasinya beserta nilai laju kecepatan dalam koordinat planimetrik (toposentrik) termasuk bagaimana nilai-nilai koordinat tersebut berubah terhadap waktu. SRGI (Sistem Referensi Geospasial Indonesia) tunggal sangat diperlukan untuk mendukung kebijakan Satu Peta (*One Map*) bagi Indonesia. (PerBIG Nomor 13 Tahun 2021). Dengan satu peta maka semua pelaksanaan pembangunan di Indonesia dapat berjalan serentak tanpa tumpang tindih kepentingan. Dalam realisasinya sistem referensi geospasial ini dinyatakan dalam bentuk Jaring Kontrol Geodesi Nasional dimana setiap titik kontrol geodesi akan memiliki nilai koordinat yang teliti baik nilai koordinat horizontal, vertikal maupun gayaberat.



Gambar 2 Sebaran Jaring Kontrol Horizontal Nasional (Sumber SRGI)

II.6 Presisi dan Akurasi

Kesalahan menimbulkan nilai yang bervariasi dalam pengukuran sebuah data yang sama. Ketidaksesuaian didefinisikan sebagai perbedaan aljabar antara dua data pengukuran yang sama. Ketika ketidaksesuaian kecil ada diantara data pengukuran perulangan, secara umum dipercaya hanya ada kesalahan kecil. Dengan demikian, data tersebut dianggap memiliki kredibilitas yang tinggi dan data tersebut disebut data presisi. Namun, nilai presisi belum tentu nilai yang akurat. Untuk memahami perbedaan presisi dengan akurasi maka akan dijelaskan dalam penjabaran berikut (Ghilani 2010).



Gambar 3 Presisi dan Akurasi

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada gambar bagian (a) menunjukkan situasi akurasi dan presisi, gambar (b) menunjukkan situasi presisi tetapi tidak akurasi, gambar (c) menunjukkan situasi tidak presisi tetapi akurasi, dan gambar (d) menunjukkan situasi tidak presisi dan tidak akurasi.

Presisi dan akurasi dapat dinyatakan dalam bentuk numerik/angka, yaitu dengan menghitung nilai standar deviasi (SD) untuk mengetahui tingkat kepresisian data dan menghitung RMSE (*Root Mean Square Error*) untuk mengetahui tingkat keakuratan data pengukuran yang dihasilkan. Pengukuran GNSS sangat di perlukan koreksi untuk mereduksi kesalahan-kesalahan tersebut. Ketelitian koordinat yang diperoleh dari hasil pengamatan dengan mencari residu data pengukuran di lapangan yang berupa titik-titik pengukuran dari pengukuran GNSS, nilai residu koordinat X,Y,Z digunakan untuk mencari nilai RMSE (*Root Mean Square error*). RMSE merupakan nilai perbedaan antara nilai yang dianggap dengan nilai hasil ukuran. Semakin kecil nilai RMSE maka semakin kecil pula kesalahan hasil ukuran terhadap kondisi sebenarnya. Adapun rumus yang digunakan dalam penelitian adalah mencari nilai RMSE pada persamaan (2.1) (Pardede, 2016).

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{(R-R_i)^2}{n}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

RMSE : *Root Mean Square error*

R : nilai yang dianggap benar

R_i : nilai hasil ukuran

n : banyak ukuran yang dilakukan

Sedangkan rumus untuk mencari nilai standar deviasi adalah (Ghilani, 2018)

$$S = \sqrt{\sum \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

s : standar deviasi

$\bar{x}$: nilai rata-rata pengukuran

x_i : nilai rata-rata pengukuran

n : jumlah pengukuran (*degree of freedom*)

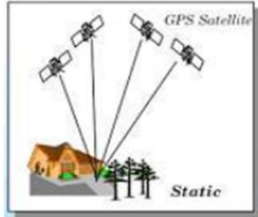
II.7 Metode Pengamatan

Metode penentuan posisi dengan GNSS dapat dipecah ke dalam beberapa metode sesuai dengan data yang dibutuhkan dan banyaknya *receiver* yang digunakan.

1. Metode Static Differencial

Pada metode ini kondisi titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak . waktu pengamatan tergantung pada panjang *baseline*. jumlah satelit yang diamati. Pada penentuan posisi titik secara differencial menggunakan data fase dengan ketelitian tinggi (mm-cm) dengan

menggunakan *receiver* 2 frekuensi. *Base station* menggunakan titik ikatan referensi berupa Titik Kontrol Geodesi Aktif (CORS) atau JKHN dari BIG. Metode statik ini juga telah diatur dalam SNI 19-6724-2002 tentang Jaring Kontrol Horizontal.



Gambar 4 Metode Pengamatan Statik (Sumber Abidin, 2007)

II.8 Standar Kualitas Hasil Pengolahan GNSS

Hasil akhir pengukuran dan penghitungan data titik kontrol tanah dan titik uji akurasi berupa daftar koordinat titik yang memenuhi persyaratan ketelitian yaitu akurasi Horizontal ≤ 20 cm, mengacu pada SRGI2013 (BIG 2016).

Spesifikasi GNSS (BIG 2016):

1. Tipe Geodetik.
2. GNSS yang dapat menghasilkan akurasi horizontal tiap titik $\leq 0,2$ m.
3. Dapat menerima sinyal satelit GPS atau GLONASS.
4. Antena GNSS harus mempunyai sensitivitas yang tinggi untuk dapat mendeteksi sinyal GNSS yang relatif lemah.
5. Antena GNSS harus dapat mengamati sinyal GNSS yang datang dari semua arah dan ketinggian dengan baik.

Berdasarkan SNI 19-6724-2002 tentang Jaring Kontrol Horizontal, titik yang mengacu pada titik SRGI 2013 perlu dilakukan pengamatan selama 2 jam dengan jarak baseline maksimum 10 km. Perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data adalah perangkat lunak komersil.

III. Metodologi Penelitian

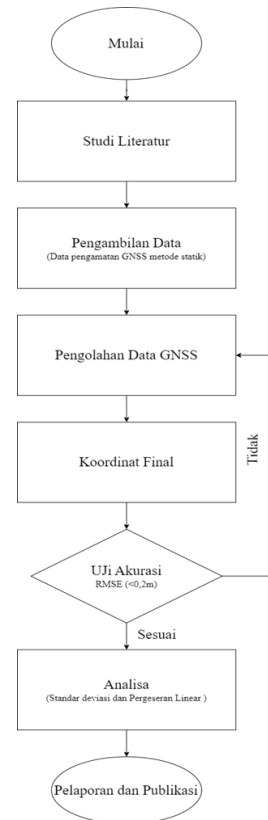
III.1 Alat dan Data Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Perangkat Keras
 - Laptop dengan Spesifikasi :
 - Sistem Operasi : Windows 11 64-bit
 - Processor : Intel® Core™ i5 gen 11th CPU
 - Memory : 8192 MB
 - Smart Phone
 - GNSS Hi-TARGET V200 dan iRTK
2. Perangkat Lunak
 - Hi Target Bussines Center
 - Microsoft Exel
 - Microsoft Word
 - Data yang digunakan :
 - a. Data koordinat JKHN
 - b. Data Pengamatan Statik

III.2 Diagram Alir Penelitian

Tahapan dari penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan diagram alir penelitian :

1. Studi Literatur

Dilakukan sebelum turun lapangan guna mengumpulkan informasi yang mendukung penelitian ini dengan mencari literatur dari buku maupun jurnal untuk mengetahui mengenai topik penelitian berikut.
2. Penentuan Titik

Menentukan titik-titik JKHN yang akan digunakan untuk dilakukan pengukuran (JKHN SBY1, SBY4, SBY5)
3. Survey Lokasi

Survey lokasi awal bertujuan untuk mengetahui letak letak dan kondisi asli Jaring Kontrol Horizontal Nasional yang akan digunakan sebagai lokasi penelitian.
4. Persiapan Alat

Mempersiapkan peralatan yang akan digunakan untuk menunjang penelitian ini seperti :

 - GNSS receiver
 - Statif
 - Tribrach
 - Meteran
 - Alat Tulis
 - Formulir Pengukuran
 - Laptop
5. Persiapan Personil

Mempersiapkan personil yang akan melakukan penelitian dengan membagi tim, membagi tugas, dan membagi jadwal penelitian untuk memastikan keberhasilan dan kelancaran

penelitian.

6. Pengambilan Data dilapangan

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *statif differential* dalam moda radial. Dalam penelitian ini data yang diperlukan berupa data pengamatan GNSS, koordinat titik kontrol dari titik JKHN Kota Surabaya guna untuk menjadi acuan untuk memproses data pengamatan gnss secara manual menggunakan *software*. Data koordinat titik kontrol dihasilkan oleh pengamatan GNSS mode statik. Pengamatan dilakukan dengan 4 sesi dalam satu baseline dimana durasi dari setiap sesinya berbeda.

7. Pengolahan data

Kemudian data dari pengukuran tersebut di ekspor dari receiver GNSS. Setelah data tersebut diterima oleh *receiver*, data tersebut dapat diekspor untuk digunakan dalam analisis atau pemrosesan lebih lanjut. Data yang ter ekspor berformat GNSS dan rinex. Selanjutnya dilakukan pemrosesan data dengan menggunakan *software Hi TARGET Busines Centre (HBC)* dengan beberapa tahapan. berikut.

- *Setting project dan coordinate system.*

Pada penelitian ini menggunakan sistem koordinat UTM-WGS84 dengan Zona 49S karena sesuai dengan wilayah dilakukannya penelitian yaitu di Kota Surabaya.

- *Impor Data GNSS*

Dilakukan import data GNSS yang telah di ekspor dari *receiver* untuk dilakukan pemrosesan data.

- *Setting Data Statik*

Dari data pengamatan yang telah di impor selanjutnya dilakukan pemilihan data yang digunakan sebagai *base* dan *rover*.

- *Control Point*

Dilakukan seting *control point* pada data yang digunakan sebagai *base*.

- *Processing Baseline*

Selanjutnya dilakukan *processing baseline* pada data yang telah di import untuk memunculkan hasil RMS(m) dan beberapa keterangan lainnya.

- *Filtering Satellite*

Untuk meminimalisir kesalahan data hasil RMS *baseline*, Selanjutnya dilakukan filter data sinyal pada masing-masing satelit.

- *Network Adjustment*

Dilakukan proses *network adjustment* setelah *processing baseline*, untuk melihat hasil *report* pengolahan data statik.

8. Analisa

- Kemudian dilakukan analisis nilai standart deviasi bertujuan untuk mengevaluasi seberapa konsisten dan akurat pengukuran atau pengamatan yang dilakukan.

- Analisa Pergeseran Linear Horizontal untuk proses evaluasi atau pengukuran terhadap perubahan posisi atau pergeseran titik-titik

dalam arah horizontal pada sistem koordinat tertentu.

9. Kemudian dilakukan pelaporan dan publikasi. Pelaporan ini berupa pembuatan laporan skripsi menurut Pedoman Skripsi Teknik Geomatika Universitas Dr. Soetomo 2024. Publikasi ini berupa jurnal yang dipublikasikan melalui E-Journal dan Poster.

IV. Hasil dan Analisis

IV.1 Titik Koordinat JKHN Kota Surabaya

Pemilihan titik JKHN dilakukan dengan melihat dan memperhatikan beberapa factor yang dapat mempengaruhi hasil dari pengamatan seperti kondisi area titik pengamatan apakah lokasi titik JKHN merupakan area terbuka dengan tidak ada obstruksi-obstruksi yang menghalangi sinyal satellite atau lokasi titik merupakan area yang tertutup dengan obstruksi-obstruksi yang dapat menghalangi sinyal sattelit. Dan beberapa titik JKHN di kota Surabaya ada yang telah hilang tanda fisiknya, titik yang akan digunakan penelitian adalah titik JKHN SBY 1, SBY 3 dan SBY 5. Berikut sebaran titik JKHN di Kota Surabaya sesuai dengan Gambar 6 sebagai berikut :



Gambar 6 Peta Sebaran titik JKHN Kota Surabaya.

Dari titik JKHN tersebut akan digunakan sebagai acuan dan data pembanding untuk penelitian ini. Titik JKHN dilakukan pengamatan dengan *receiver* GNSS (*Global Navigation Satellite System*) dengan metode *static differential* menggunakan moda radial dimana titik JKHN SBY 5 digunakan untuk mengikat masing masing titik SBY 1 dan SBY 3 kemudian titik SBY 1 digunakan untuk mengikat titik SBY 3 sehingga mendapatkan tiga baseline. Waktu pengamatan per *baseline* dilakukan selama 4 kali sesi yaitu 60, 45, 30,15 (satuan menit) dengan Panjang masing-masing *baseline* adalah SBY 5 – SBY 1 $\pm$ 12,09 km , SBY 5 – SBY 3 $\pm$ 11,91 km dan SBY 1 – SBY 3 $\pm$ 7,45 km.

IV.2 Processing Baseline

Untuk setiap sesi pengamatan *baseline* yang dilakukan menggunakan metode statik differential dengan moda radial dimana pada setiap sesi pengamatan dibagi menjadi empat durasi waktu dengan rentang lama 60, 45, 30, dan 15 menit. Dari pengamatan tersebut menggunakan 2 *receiver* GNSS dimana receiver tersebut akan berpindah posisi sehingga mendapat 3 *baseline* yang terukur. Berikut adalah *baseline* yang di dapat dari pengamata. dari hasil pemrosesan tersebut terbentuk 3 garis *baseline non trivial* yang saling terhubung.

Data dari pengamatan baseline tersebut diproses menggunakan *software Hi-Target Bussines Center*

(HBC). Berikut adalah hasil dari pemrosesan *baseline* pada software HBC sebagaimana ditampilkan pada Gambar 7 berikut.

Gambar 7 Baseline Terproses

Menurut (Naryoko, 2019) Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengamatan atau pengambilan data diantaranya :

1. Pagaruh Lokasi Titik terhadap Ketelitian Posisi
Dalam pemilihan lokasi titik, hal yang harus diperhatikan adalah ketinggian dari obyek-obyek yang berada disekitar pengamatan yang berpotensi dapat mengganggu penerimaan sinyal dari satelit ke *receiver*. Antara lain adalah efek *multipath*, upaya yang dapat dilakukan untuk memperkecil pengaruh efek *multipath* adalah dengan cara pengaturan *mask angle* yang relatif besar, namun cara ini beresiko tinggi, karena akan memperkecil jumlah satelit yang dapat diterima oleh *receiver*. Pengaturan *mask angle* perlu disesuaikan dengan kondisi lingkungan disekitar pengamatan. Selain ketinggian dari obyek-obyek sekitar, pengaturan *mask angle* pun harus memperhatikan jumlah satelit yang dapat diterima serta nilai *PdOP* (*positional dilution of precision*) atau Ukuran kesalahan yang ber- hubungan dengan kedudukan geometri dan konstelasi satelit termasuk kedudukan horizontal dan vertikalnya yang didapat.
2. Pengaruh Penentuan Interval Waktu Perekaman Data Terhadap Ketelitian Posisi
Tingkat kesuksesan dalam pemilihan lama waktu pengamatan akan bergantung pula terhadap pemilihan interval waktu perekaman yang sesuai. Berdasarkan data penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat korelasi antara ketelitian posisi titik yang diperoleh terhadap pengaturan interval waktu perekaman data pada *receiver*.
3. Pengaruh Lama Waktu Pengamatan Terhadap Ketelitian Posisi

Secara teori semakin lama waktu pengamatan yang dilakukan pada survei GPS, maka semakin baik pula kualitas data yang akan didapatkan. Hal ini di sebabkan satelit akan meliputi perubahan geometri yang lebih besar serta perubahan kondisi atmosfer. Ini akan menyebabkan randomisasi yang lebih baik terhadap efek dari kesalahan orbit serta efek bias ionosfir dan troposfir pada data ukuran jarak. Namun disisi lain, penentuan lamanya waktu pengamatan juga harus mempertimbangkan panjang *baseline* yang akan diamati. Panjang *baseline* dengan kisaran 5-10 kilometer, lama pengamatan yang dianjurkan untuk pengamatan menggunakan metode *static differential* adalah 60 menit, untuk panjang *baseline* di atas 10 kilometer adalah 90-180 menit.

4. Pengaruh Konektivitas Jaring Terhadap Ketelitian

Posisi

Tingkat koneksitas titik, jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik merupakan salah satu faktor yang menentukan nilai kekuatan jaring (*strenght of figure*). Secara teori, semakin tinggi koneksitas titik dalam suatu jaring, maka semakin banyak jumlah *baseline* yang terikat ke suatu titik. Dengan demikian nilai kekuatan jaring tersebut akan semakin baik.

5. Pengaruh Penggunaan Titik Ikat terhadap Ketelitian Posisi

Dalam survei GNSS, *baseline* yang akan diamati harus terikat terhadap titik-titik ikat kerangka berorde tinggi. Hal tersebut dimaksudkan untuk menjaga konsistensi titik kerangka yang bersangkutan terhadap titik-titik lainnya. Secara geometrik penambahan jumlah titik ikat yang berfungsi sebagai titik kontrol dalam pengukuran GPS akan meningkatkan nilai kekuatan jaring (*strenght of figure*) sehingga diharapkan dapat meningkatkan ketelitian posisi titik-titik jaring. Penambahan jumlah titik ikat ini sebaiknya disesuaikan dengan besar jaring GPS. Semakin

besar jaring GPS maka semakin banyak pula titik ikat yang harus digunakan. Maka dari itu beberapa faktor dapat memepengaruhi hasil pengamatan, namun terdapat faktor yang tidak kalah penting untuk diperhatikan yaitu mematuhi Standar Prosedur Operasional, Mulai penggunaan alat, metode pengamatan, penyetingan alat, dan *human error*. Pada kegiatan survei tidak jarang data yang dihasilkan menjadi rancu karena kesalahan pengguna atau operator dari alat tersebut, hal tersebut dapat dihindari dengan memenuhi segala Standar Prosedur Operasional yang berlaku.

IV.3 Koordinat Final

Dari beberapa tahapan pemrosesan data statik kemudian akan mendapatkan hasil koordinat final yang nantinya akan digunakan untuk analisa standar deviasi dan perbandingan pergeseran horizontal dalam penelitian ini. Dari 3 *baseline* yang telah dilakukan pengolahan data mendapatkan hasil koordinat final sebagaimana di tampilkan pada Gambar 8 berikut.

NO	Baseline	Koordinat UTM (Meter)						Stand Dev. H _u (m)	RMSE (m)	WAKTU (menit)
		X <i>Accum</i>	X Hasil	Y <i>Accum</i>	Y Hasil	Z <i>Accum</i>	Z Hasil			
1	1951642-SB311640	9201328.454	9201328.660	696312.193	696314.236	32,023	31,6245	0,046	0,0234	40
2	1951642-SB321640	9201328.454	9201328.729	696312.193	696314.144	32,023	31,7059	0,061	0,0360	45
3	1951642-SB331640	9201328.454	9201328.629	696312.193	696314.575	32,023	31,9089	0,076	0,0183	30
4	1951642-SB341640	9201328.454	9201328.741	696312.193	696314.593	32,023	32,3294	0,076	0,0384	15
5	1951653-SB111650	9200452.981	9200453.197	688795.911	688798.037	31,858	31,4151	0,002	0,0250	60
6	1951653-SB121650	9200452.981	9200453.200	688795.911	688798.031	31,858	31,4102	0,003	0,0256	45
7	1951653-SB131650	9200452.981	9200453.197	688795.911	688798.031	31,858	31,3916	0,002	0,0250	30
8	1951653-SB141650	9200452.981	9200453.195	688795.911	688798.037	31,858	31,4253	0,003	0,0247	15
9	BASE1650-SB311650	9201328.454	9201328.307	696312.193	696312.121	32,023	31,7982	0,134	0,0141	60
10	BASE1650-SB331650	9201328.454	9201328.510	696312.193	696311.968	32,023	31,9922	0,118	0,0033	45
11	BASE1650-SB331650	9201328.454	9201328.399	696312.193	696312.577	32,023	32,0434	0,078	0,0032	30
12	BASE1650-SB341650	9201328.454	9201328.459	696312.193	696312.331	32,023	31,8429	0,085	0,0001	15

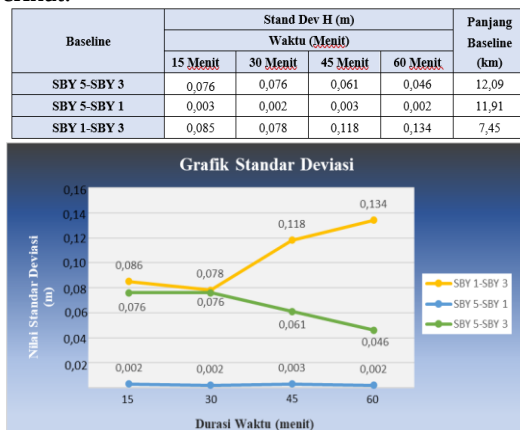
Gambar 8 Koordinat final baseline

Berikut adalah koordinat final hasil dari pengambilan data statik di titik JKH N SBY5, SBY3, dan SBY 1 yang telah dilakukan pengolahan data dengan

software *Hi-Target Business Center* yang selanjutnya akan digunakan untuk perbandingan. Dimana koordinat acuan adalah koordinat titik dari JKHN dan koordinat hasil merupakan hasil dari pengamatan beberapa *baseline* dengan durasi waktu yang berbeda.

IV.4 Analisa Perbandingan Standard Deviasi

Analisis perbandingan standar deviasi bertujuan untuk mengevaluasi seberapa konsisten dan akurat pengukuran atau pengamatan yang dilakukan. Standar deviasi adalah ukuran statistik yang mengukur sebaran atau variasi dari sekelompok data. Berikut adalah hasil dari Analisa perbandingan standard deviasi dari data hasil pengamatan yang ditampilkan pada Gambar 9 berikut.



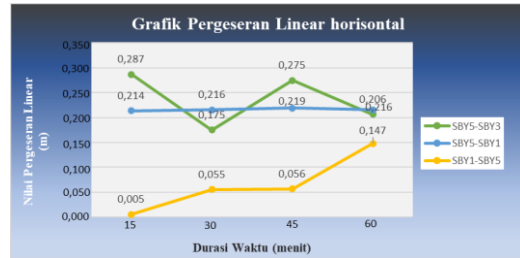
Gambar 9 Hasil Analisa Standard Deviasi

Dari gambar 9 dapat dilihat yaitu pada *baseline* SBY5-SBY1 dengan panjang *baseline* >10 km mempunyai nilai standar deviasi yang terkecil. menunjukkan bahwa Panjang *baseline* dan durasi waktu pengamatan berpengaruh terhadap hasil ketelitian. Durasi waktu pengamatan optimal untuk nilai standar deviasi pengolahan *baseline* terkecil adalah 30 menit dengan nilai standar deviasi 0,002 m.

IV.5 Analisa Pergeseran Nilai Horizontal

Pergeseran Linear Horizontal Ini adalah ukuran seberapa jauh titik pengukuran bergerak dari posisi awalnya dalam arah horizontal pada sistem koordinat yang digunakan sebagai ukuran seberapa jauh atau seberapa banyak suatu titik bergerak dari posisi awalnya dalam arah horizontal (biasanya sumbu X atau sumbu Y). Berikut adalah nilai pergeseran horizontal dari data hasil pengamatan yang ditampilkan pada Gambar 10 berikut.

Nama Baseline	Nilai pergeseran linear horizontal (m)				Panjang Baseline (km)
	Waktu				
	15 Menit	30 Menit	45 Menit	60 Menit	
SBY5-SB3	0,2868	0,1752	0,2746	0,2062	12,09
SBY5-SB1	0,2138	0,2156	0,219	0,2156	11,91
SBY1-SBY3	0.0051	0.055	0.0562	0.1474	7.45



Gambar 10 Grafik pergeseran linear (Sumber Data hasil pengamatan)

Berdasarkan Gambar 10 grafik pergeseran linear diatas terlihat pada *baseline* SBY1-SBY5 bahwa pada pengamatan 15 menit hasil pergeseran linearnya lebih baik dari pengamatan 30, 45, 60 menit yaitu 0,0051 meter. Berdasarkan pergeseran linear diatas bahwa untuk pengamatan 15 menit sudah bisa digunakan untuk pengamatan titik kontrol dengan panjang *baseline* >10 kilometer. Hal ini dikarenakan pada saat pengamatan 15 menit konfigurasi satelit pada saat pengamatan lebih baik ditunjukkan dengan bilangan PDOP dan jumlah cycle slip dari hasil post processing dan beberapa faktor-faktor pendukung lainnya. Sedangkan untuk pengamatan dengan panjang *baseline* <10 kilometer tidak menunjukkan pola grafik yang beraturan karena disebabkan pada ruang tertutup nilai bilangan PDOP cukup besar dan juga banyak terjadi cycle slip. Oleh karena itu, untuk pengamatan diruang tertutup sebaiknya tidak dilakukan karena ditunjukkan dengan bilangan PDOP dan jumlah cycle slip dari hasil post processing.

V. Penutup

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Durasi waktu pengamatan yang paling optimum untuk pergeseran linear horizontal terkecil adalah pada *baseline* SBY1-SBY3 dengan panjang *baseline* <10 km lama pengamatan 15 menit dengan nilai pergeseran 0,0051 meter atau 5,1 milimeter.
2. Pada pengamatan dengan Panjang *baseline* >10 km, nilai yang pergeseran linear horizontal yang dihasilkan sangat besar dan tidak menunjukkan pola grafik yang konsisten.
3. Berdasarkan nilai pergeseran linear yang bisa digunakan sebagai pengamatan titik JKHN adalah waktu pengamatan 15, 30, 45 menit dengan panjang *baseline* <10 km pada *baseline* SBY1-SBY3.

V.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Perlunya melakukan pengambilan data dengan moda jaring yang minimal menggunakan 3 receiver GNSS dilakukan pengamatan berkala dengan lebih dari satu kali pengamatan sebagai pembandingan untuk memastikan bahwa hasil pengamatan. Serta memperhatikan faktor faktor yang dapat mempengaruhi hasil ketelitian dari data pengamatan.

2. Perlunya menggunakan *receiver* GNSS yang dapat menangkap semua sistem satelit.
 3. Perlunya menggunakan *software* akademik untuk pengolahan data agar data yang dihasilkan lebih baik lagi
- .

DAFTAR PUSTAKA**Pustaka dari Peraturan dan Jurnal Penelitian:**

- Abidin HZ. Modul-1: Introduction to GPS. Geodesy Research Division, Institute of Technology Bandung. 2007.
- Abidin HZ, Andreas H, Gamal M, Sadarviana V, Darmawan D, Surono, Hendrasto M, Suganda OK. Studying landslide displacements in the ciloto area (Indonesia) using GPS surveys. *Journal of spatial science*. 2007 Jun 1;52(1):55-63.
- Aditya FH, Yuwono BD, Sasmito B. Analisis Geometri Jaring Pada Pengukuran GPS Untuk Pengadaan Titik Kontrol Orde-2. *Jurnal Geodesi Undip*. 2015 Nov 13;4(4):267-76.
- Awaluddin M, Sabri LM, ER M. Optimalisasi Pengolahan Baseline Panjang GNSS dengan GAMIT 10.04.
- Badan Informasi Geospasial, 2021, Sistem Referensi Geospasial Indonesia, Jaring kontrol horizontal (13-2021), Badan Informasi Geospasial
- Badan Standarisasi Nasional, 2002, Jaring kontrol horizontal (SNI 19-6724-2002), Badan Standarisasi Nasional, Jakarta
- Gumilar I, Fauzan SA, Bramanto B, Abidin HZ, Sugito NT, Hernandi A, Handayani AP. The benefits of multi-constellation GNSS for cadastral positioning applications in harsh environments. *Applied Geomatics*. 2023 Dec;15(4):975-89.
- Hajri A, Yuwono BD, Sasmito B. Kajian Penentuan posisi jaring kontrol horizontal dari sistem tetap (DGN-95) ke SRGI (Studi Kasus: Sulawesi Barat). *Jurnal Geodesi Undip*. 2017 Feb 1;6(1):48-56.
- Hardianto B, Sudarman S, Setiyadi J, Trijoko T. Penentuan Posisi Titik Tetap Menggunakan Satu Receiver GPS Yang Diolah Secara Diferensial Dengan Titik Ikat Cors Menggunakan Software, Diolah Secara On-Line, Dan Diolah Secara Statistik: Fixed Point Positioning Using One GPS Receiver Differentially Processed With Cors Tie Point Using Software, Processed On-Line, And Processed Statistically. *Jurnal Hidropilar*. 2018 Jul 25;4(1):31-41.
- Hidayat RN, Sabri LM, Awaluddin M. Analisis desain jaring GNSS berdasarkan fungsi presisi (studi kasus: titik geoid geometri Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*. 2019 Jan 7;8(1):48-55.
- Kuang D, Rim HJ, Schutz BE, Abusali PA. Modeling GPS satellite attitude variation for precise orbit determination. *Journal of Geodesy*. 1996 Sep;70:572-80.
- Munthe CF, Kurniawan ES, Ramdani D. Studi Ketelitian Koordinat Kartesian 3D Data GNSS dari Baseline Sedang dan Panjang yang Diolah Menggunakan Bernese Versi 5.2: Accuracy Study of 3D Kartesian Coordinates of GNSS Data from Medium and Long Baselines Processed using Bernese Version 5.2. *Jurnal Hidropilar*. 2021 Dec 22;7(2):129-40.
- Rahadi ME, Awaluddin M, Sabri LM. Analisis ketelitian pengukuran baseline panjang gnss dengan menggunakan perangkat lunak gamit 10.4 dan topcon tools v. 7. *Jurnal Geodesi Undip*. 2013 Oct 26;2(4)
- Septian J, Taufik M, Handoko EY. Optimasi Waktu Pengamatan Pada Pengukuran Kerangka Kontrol Horizontal Orde 4 Menggunakan Metode Rapid Static. *Geoid*. 2010 Aug 1;5(1):034-8.