

# KAJIAN TITIK KONTROL ORDE 2 PADA SURVEI GNSS MENGGUNAKAN TITIK IKAT CORS BERDASARKAN STANDAR JARING KONTROL HORIZONTAL (SNI 19-6724-2002) (Studi Kasus : Kota Banjar Baru, Provinsi Kalimantan Selatan)

Muhammad Ibnu Setiawan <sup>a</sup>, Silvester Sari Sai <sup>b</sup>, Alifah Norani <sup>c</sup>

Program Studi Teknik Geodesi S-1 Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional  
Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2 Lowokwaru, Kecamatan Sumber Sari, Kota Malang - itn@itn.ac.id  
<sup>a</sup> Mahasiswa Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional, Malang, <sup>b</sup> Dosen Pembimbing I, <sup>c</sup> Dosen Pembimbing II

**KATA KUNCI:** SNI JKH, Survei GNSS, Titik Kontrol Orde 2

## ABSTRAK :

Provinsi Kalimantan Selatan merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi yang dapat dikembangkan seperti pembangunan infrastruktur. Untuk mendukung pengembangan tersebut dapat menggunakan pemanfaatan data geospasial, salah satunya adalah titik referensi *Continuously Operating Reference Station* (CORS) atau stasiun referensi operasional terus menerus. Titik referensi CORS digunakan sebagai titik ikat dalam survei dan pemetaan menggunakan teknologi GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Seiring dengan pengembangan jumlah titik referensi CORS di Kalimantan Selatan serta mendukung kegiatan-kegiatan survei dan pemetaan dalam pembangunan dan pengembangan di Kota Banjar Baru dengan mengadakan titik kontrol orde 2. Dalam penelitian ini dilakukan survei GNSS untuk penentuan titik kontrol orde 2 dari pemanfaatan titik ikat CORS berdasarkan SNI 19-6724- 2002 tentang jaring kontrol horizontal.

Pada survei GNSS titik kontrol orde 2, terlebih dahulu dilakukan proses rekonsians dan monumentasi dari hasil desain jaring yang sudah ditentukan. Setelah itu melakukan survei GNSS menggunakan metode statik jaring dengan lama waktu pengamatan 2 jam pada setiap titik. Pada survei GNSS ini titik ikat yang digunakan yaitu C BJM, C BJR, dan C BRK. Dalam proses pengolahan data dimulai dari proses *baseline* dan proses perataan jaringan. Berdasarkan SNI 19-6724- 2002 ada dua jenis proses perataan jaringan yaitu penetapan kelas jaringan (minimal *Constrained*) serta penetapan orde jaringan (*Full Constrained*).

Dari hasil perhitungan nilai sumbu panjang elips kesalahan relatif antar titik jaring titik kontrol horizontal telah memenuhi SNI dalam kategori kelas B (survei geodetik berskala lokal) dan Orde 2 (jaring titik kontrol geodetik lokal). Sehingga titik kontrol yang tersebar dapat diterima berjumlah 8 titik dan data koordinat titik kontrol dapat digunakan sebagai titik referensi atau titik ikat dalam kegiatan survei dan pemetaan.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Provinsi Kalimantan Selatan merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi yang dapat dikembangkan seperti pembangunan infrastruktur. Namun, untuk mendukung pengembangan tersebut menggunakan pemanfaatan data geospasial maka perencanaan pembangunan akan terukur sesuai kondisi lapangan dan akan terlihat proses pembangunan secara cepat dan akurat (BIG, 2022). Salah satu data geospasial yang sangat penting adalah titik referensi CORS (*Continuously Operating Reference Station*) atau stasiun referensi operasional terus menerus. Titik referensi CORS digunakan sebagai titik ikat dalam survei dan pemetaan menggunakan teknologi GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Dengan adanya titik referensi CORS, maka pengukuran survei dan pemetaan dapat dilakukan lebih akurat dan efisien (Abidin, 2019).

Pembangunan titik referensi CORS di Kalimantan Selatan, telah dilakukan di kota Banjarmasin dengan kode stasiun CBJM pada tahun 2017 oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Namun, seiring dengan perkembangan pada kebutuhan survei dan pemetaan yang semakin meningkat, pengembangan titik CORS di Kalimantan Selatan semakin meluas. Menurut situs resmi BIG (srgi.big.go.id), hingga tahun 2023, jumlah titik referensi CORS di Kalimantan Selatan sudah mencapai 8 titik yang dibangun pada tahun 2021 lalu. Adanya titik referensi CORS yang memadai dan akurat di Kalimantan Selatan diharapkan dapat membantu mendukung kegiatan-kegiatan pembangunan dan pengembangan di wilayah tersebut.

Seiring dengan pengembangan jumlah titik referensi CORS di Kalimantan Selatan dan untuk mendukung kegiatan-kegiatan survei dan pemetaan dalam pembangunan dan pengembangan di wilayah tersebut dengan mengadakan titik kontrol orde 2. Dalam penelitian ini melakukan survei GNSS untuk penentuan titik kontrol orde 2 dari pemanfaatan titik ikat CORS. Selanjutnya dilakukan kajian terkait titik kontrol orde 2. Kajian akan dilakukan berdasarkan SNI 19-6724- 2002 tentang Jaring Kontrol Horizontal. Dari hasil penelitian ini dapat mengklasifikasi titik kontrol yang ada pada lokasi penelitian. Titik kontrol horizontal digunakan sebagai titik ikat dalam survei dan pemetaan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana hasil pengolahan data dari survei GNSS berdasarkan aturan orde 2 pada SNI 19-6724-2002 tentang jaring kontrol horizontal?

### 1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

#### A. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengadakan jaring titik kontrol geodetik lokal serta mengetahui spesifikasi teknis untuk pengukuran titik kontrol horizontal berdasarkan SNI 19-6724-2002 tentang jaring kontrol horizontal.

#### B. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat untuk instansi pemerintah dan swasta maupun pengguna lainnya dalam survei dan pemetaan. Dari hasil survei GNSS titik kontrol orde 2

dengan menggunakan titik ikat dari pengembangan dan pemanfaatan teknologi GNSS CORS yang ada di Provinsi Kalimantan Selatan.

#### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian dilakukan di Kota Banjar Baru, Kabupaten Barito Kuala, dan Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan.
2. Survei GNSS jaring kontrol horizontal orde 2 menggunakan titik ikat CORS.
3. Pengolahan data menggunakan *software Trimble Business Center*.
4. Titik kontrol orde 2 pada delapan titik yang dimana jarak antar titik  $\pm 10$  km.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Jaring Kontrol Horizontal

Jaring kontrol horizontal merupakan sekumpulan titik kontrol horizontal yang satu sama lainnya dikaitkan dengan data ukuran jarak atau sudut, dan koordinatnya ditentukan dengan metode pengukuran atau pengamatan. Jaring kerangka kontrol horizontal memiliki ketelitian yang berbeda – beda tergantung dari orde jaring kontrol horizontal. Titik kontrol horizontal adalah titik kontrol yang koordinatnya dinyatakan dalam sistem koordinat yang sifatnya dua dimensi. Pengadaan jaring titik kontrol di Indonesia umumnya bertumpu pada pengamatan satelit GPS. Kualitas dari koordinat titik-titik dalam suatu jaringan kontrol horizontal umumnya akan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti : sistem peralatan yang digunakan untuk pengukuran atau pemetaan, geometri jaringan, strategi pengukuran serta metode dalam pengolahan data (BSN, 2002).

### 2.2 Badan Standarisasi Nasional

Berdasarkan SNI 19-6724-2002 tentang Jaring Kerangka Horizontal adanya klasifikasi suatu jaringan kontrol didasarkan pada tingkat presisi dan tingkat akurasi dari jaringan yang bersangkutan, tingkat presisi diklasifikasikan berdasarkan kelas, dan tingkat akurasi diklasifikasikan berdasarkan orde.

Kelas suatu jaring titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu-panjang (*semi-major axis*) 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 terkendala minimal (*minimal constrained*). Dalam hal ini panjang maksimum dari sumbu-panjang elips kesalahan relatif 95% yang digunakan untuk menentukan kelas jaringan adalah :

$$r = c (d + 0.2) \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan pengertian :

r = panjang maksimum dari sumbu-panjang yang diperbolehkan, dalam mm ;

c = faktor empirik yang menggambarkan tingkat presisi survei ;

d = jarak antar titik , dalam km.

Penetapan orde suatu jaring titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu-panjang (*semi-major axis*) 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 (*full constrained*). Dalam hal ini panjang maksimum dari sumbu-

panjang elips kesalahan relatif (satu deviasi standar) yang digunakan juga dihitung berdasarkan persamaan di atas.

### 2.3 Global Navigation Satellite System (GNSS)

*Global Navigation Satellite System* (GNSS) adalah suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu dan lokasi, memancarkan bermacam-macam sinar dalam berbagai frekuensi secara terus-menerus, yang tersedia di semua lokasi diatas permukaan bumi. Sistem penentuan posisi GNSS merupakan sistem yang digunakan untuk menentukan posisi dari objek yang berada diatas permukaan bumi menggunakan prinsip reseksi jarak dari satelit ke *receiver* yang diletakkan diatas objek yang akan ditentukan koordinatnya (Madena dkk., 2014).

*Global Navigation Satellite System* (GNSS) merupakan sistem penentuan posisi berbasis antariksa yang terdiri dari satu atau lebih konstelasi satelit yang diperlukan untuk mendukung tujuan kegiatan untuk penentuan posisi, navigasi dan waktu yang tersedia selama 24 jam dimanapun pengguna berada di seluruh permukaan bumi (Jamil, 2015). Pemanfaatan teknologi ini telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti transportasi, survei, pemetaan, pertambangan dan lain-lain. GNSS telah banyak diaplikasikan, terutama di Amerika Utara, Eropa, Australia dan Jepang untuk aktivitas dan kegiatan yang khususnya memerlukan informasi mengenai posisi, navigasi dan waktu. Saat ini satelit navigasi juga mulai banyak digunakan di Asia, Amerika Latin dan Afrika, termasuk juga di Indonesia (Jamil, 2015).

### 2.4 Karakteristik Survei GNSS

Survei penentuan posisi dengan pengamatan satelit GNSS (survei GNSS) secara umum dapat didefinisikan sebagai proses penentuan koordinat dari sejumlah titik terhadap beberapa buah titik yang telah diketahui koordinatnya, dengan menggunakan metode penentuan posisi diferensial (*differential positioning*) serta data pengamatan fase (*carrier phase*) dari sinyal satelit GNSS (BSN, 2002). Pada survei GNSS, pengamatan sinyal satelit GNSS dengan selang waktu tertentu dilakukan *baseline* per *baseline* dalam suatu jaringan dari titik-titik yang akan ditentukan posisinya. Patut dicatat di sini bahwa seandainya lebih dari dua *receiver* GNSS yang digunakan, maka pada satu sesi pengamatan (*observing session*) dapat diamati lebih dari satu *baseline* sekaligus (BSN, 2002). Pada survei GNSS, proses penentuan koordinat dari titik-titik dalam suatu jaringan pada dasarnya terdiri atas tiga tahap, yaitu :

1. Pengolahan data dari setiap *baseline* dalam jaringan,
2. Perataan jaringan yang melibatkan semua *baseline* untuk menentukan koordinat dari titik-titik dalam jaringan, dan
3. Transformasi koordinat titik-titik tersebut dari datum WGS84 ke datum yang diperlukan oleh pengguna.

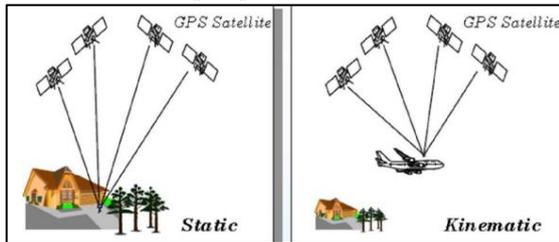
### 2.5 Metode Penentuan Posisi Dengan GPS

Penentuan posisi dengan GNSS merupakan reseksi dengan jarak, yaitu pengukuran jarak dari *receiver* ke beberapa satelit secara simultan. Berikut ini diantaranya penjelesan terkait metode-metode penentuan posisi dengan GNSS (Budi dkk., 2019) :

#### 2.5.1 Metode Pengukuran *Absolute*

Metode pengukuran *Absolute* adalah metode pengamatan ini dinamakan juga *point positioning* karena penentuan posisi dapat dilakukan per titik tanpa tergantung pada titik lainnya yang diberikan berdasarkan sistem referensi datum WGS-84 terhadap pusat masa bumi, dengan menggunakan satu alat *receiver* GNSS. Prinsip dasarnya adalah melakukan pengukuran jarak terhadap

beberapa satelit secara simultan, titik yang akan ditentukan posisinya dalam keadaan diam atau bergerak, dan biasanya berdasarkan pengamatan data *pseudo-range*. Pengamatan data phase bisa juga digunakan jika sebelumnya telah ditentukan initialisasi ambiguitas phase atau telah diestimasi bersamaan dengan nilai posisinya, pengamatan ini dinamakan *Precise Point Positioning* (PPP) yang menggunakan data phase dalam pengamatan statik atau *post proses*.



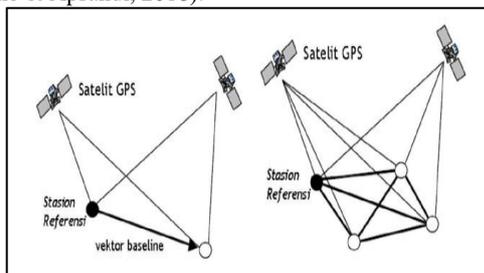
Gambar 2.1 Metode Statik dan Kinematic (Budi dkk., 2019)

### 2.5.2 Metode Pengukuran Differential

Metode Pengukuran *differential* dibutuhkan minimal 2 alat GNSS geodetik, salah satu alat tersebut ditempatkan pada titik yang diketahui koordinatnya (titik referensi), dan alat yang lain ditempatkan pada posisi yang ditentukan merupakan relatif terhadap titik referensi tersebut. Prinsip dasarnya yaitu melakukan proses *differential* untuk melakukan eliminasi dan reduksi terhadap beberapa kesalahan dan bias, sehingga diperoleh posisi yang lebih akurat. Efektifitas dari proses diferensial ini sangat tergantung kepada jarak antara titik referensi dan titik yang akan ditentukan posisinya (panjang *baseline*), semakin dekat jaraknya maka akan lebih efektif.

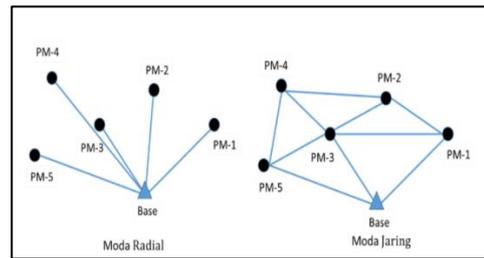
### 2.5.3 Metode Pengukuran Statik

Metode pengukuran statik ini titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak, pengamatan yang dilakukan bisa secara *absolute* dan *differential*, data pengamatan bisa menggunakan *pseudo-range* atau fase yang selanjutnya dilakukan pengolahan data setelah pengamatan (*post process*), keandalan dan ketelitian yang diperoleh cukup tinggi yaitu pada rentang milimeter sampai *centimeter*, dan biasanya digunakan untuk penentuan titik-titik kontrol survei pemetaan maupun survei geodetik (Budi dkk., 2019). Salah satu bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer adalah survei GNSS untuk penentuan koordinat dari titik-titik kontrol untuk keperluan pemetaan ataupun pemantauan fenomena deformasi dan geodinamika (Yuwono & Apsandi, 2018).



Gambar 2.2 Metode Pengukuran Sstatik (Budi dkk., 2019)

Pengukuran GNSS dengan metode *differential* statik ditujukan untuk mendapatkan koordinat tiga dimensi dengan tingkat presisi yang tinggi (Ramadhon, 2021). Metode *differential* statik sendiri terdiri dari dua moda radial dan moda jaring. Moda radial dilakukan dengan melakukan pengukuran GNSS secara simultan, sehingga terbentuk *baseline* antara *base* dan *rover*. Adapun pada moda jaring, setiap *base* maupun *rover* terhubung minimum oleh dua *baseline* (Ramadhon, 2021). Ilustrasi moda radial dan jaring diberikan pada Gambar Berikut ini.



Gambar 2.3 Moda Radial dan Jaring (Ramadhon, 2021)

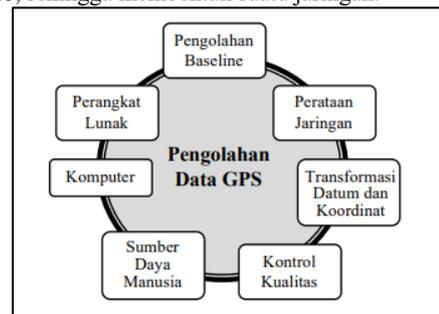
## 2.6 Continuously Operating Reference Station (CORS)

*Continuously Operating Reference Station* (CORS) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaringan kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan *receiver* yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinu selama 24 jam perhari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara *post processing* maupun secara *real time*. Untuk dapat mengakses GNSS CORS, *receiver* harus dilengkapi dengan sambungan internet sebagai komunikasi data dari stasiun GNSS CORS ke *receiver*. Dalam hal ini data GNSS CORS tersedia melalui web dalam format RINEX (*Receiver Independent Exchange*) maupun *streaming* NTRIP (Yuwono & Apsandi, 2018).

## 2.7 Pengolahan Data

Pengolahan data survei GNSS mempunyai karakteristiknya masing-masing untuk kesuksesan pengolahan data suatu survei GNSS (Badan Standardisasi Nasional, 2002). Pada proses pengolahan data ini meliputi proses *Baseline*, perataan jaring (*network adjustment*). Dalam hal ini ada beberapa karakteristik yang menonjol dari pengolahan data survei GNSS sebagai berikut :

1. Koordinat titik ditentukan dalam tiga dimensi terhadap suatu sistem koordinat kartesian yang geosentrik yang didefinisikan oleh datum WGS 1984,
2. Proses estimasi vektor *baseline* maupun koordinat titik bertumpu pada metode hitung perataan kuadrat terkecil (*least-squares adjustment*),
3. Pengolahan data dilakukan setelah data dari beberapa *receiver* GNSS yang terlibat dikumpulkan (*post processing mode*), dan
4. Pengolahan dilakukan secara bertahap, dari *baseline* ke *baseline*, sehingga membentuk suatu jaringan.

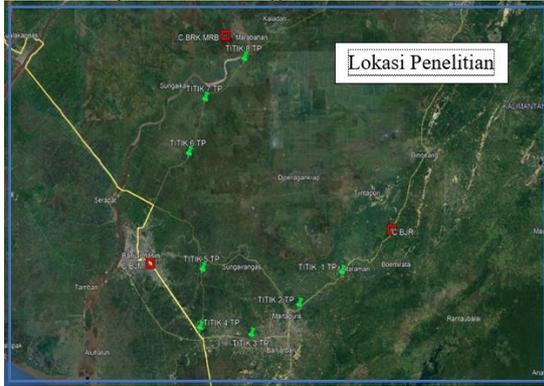


Gambar 2.4 Aspek-aspek pengolahan data GPS (Badan Standardisasi Nasional, 2002)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian titik kontrol orde 2 berada di Kota Banjar Baru, Kabupaten Barito Kuala, dan Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan. Secara geografis berada pada koordinat 3°20'53.48" LS dan 114°41'52.56" BT. Lokasi penelitian didalam kotak warna biru seperti pada gambar di bawah ini. Gambar lokasi penelitian ini didapatkan dari *Google Earth*.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, alat yang digunakan untuk survei GNSS sebagai berikut :

Tabel 3.1 Peralatan Survei GNSS

No	Nama Alat	Jumlah
1	GPS Geodetik Comnav T300	4
2	Statif	4
3	Tribah	4
4	Meteran Saku	4
5	GPS <i>Handheld</i>	1

Dalam pengolahan data menggunakan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sebagai berikut :

##### a. Perangkat Keras (*Hardware*)

Tabel 3.2 Perangkat Keras (*Hardware*)

No	Perangkat Keras	Keterangan
1	Laptop Asus M409	Sebagai alat yang digunakan untuk pengolahan data dan laporan

##### b. Perangkat Lunak (*Software*)

Tabel 3.3 Perangkat Lunak (*Software*)

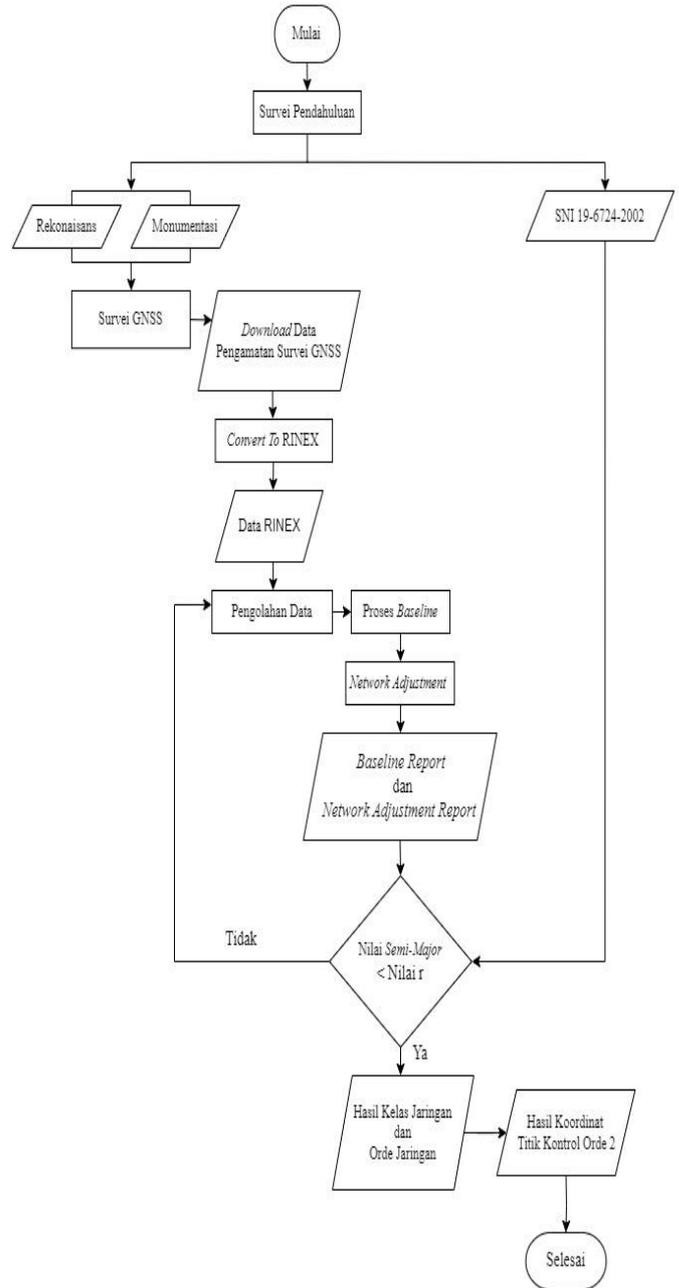
No	Perangkat Lunak	Keterangan
1	<i>Compass Receiver Utility</i>	Digunakan untuk konversi data Survei GNSS menjadi format file RINEX
2	<i>Trimble Business Center</i>	Digunakan untuk proses pengolahan data Pengamatan Survei GNSS

##### c. Bahan atau Data

Data pengamatan survei GNSS menggunakan metode statik jaringan dengan lama pengamatan dua (2) jam. Sebelum melakukan pengolahan data, terlebih dahulu harus memiliki data yang diperlukan sebagai titik ikat. Dalam hal ini titik ikat yang digunakan yaitu titik ikat CORS dari milik badan informasi geospasial (BIG) dengan melakukan *download* data rinex titik ikat CORS.

#### 3.3 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian secara garis besar terdiri dari survei pendahuluan, survei GNSS, *download* data, pengolahan data, hasil. Dalam sebuah kegiatan diperlukan sebuah diagram alir yang menjelaskan tahapan-tahapan dari penelitian tersebut.



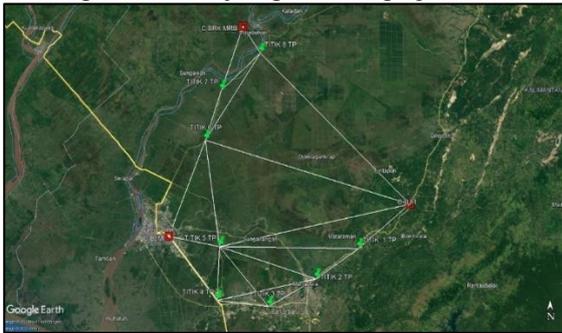
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Tahapan Pelaksanaan

Tahapan penelitian secara garis besar terdiri dari survei pendahuluan, survei GNSS, *download* data, pengolahan data, hasil. Dalam sebuah kegiatan diperlukan tahapan-tahapan yang menjelaskan dari penelitian tersebut. Adapun tahapan-tahapan penelitian sebagai berikut :

#### 3.3.1 Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan melakukan perencanaan jaring survei GNSS dan untuk mengetahui gambaran umum lokasi. Dalam survei pendahuluan juga melakukan persiapan kelengkapan alat agar tidak terkendala selama proses pengukuran berlangsung. Berikut ini gambar desain jaring dan kelengkapan alat GPS :



Gambar 3.3 Desain Jaring Titik Kontrol Orde 2



Gambar 3.4 Kelengkapan Alat GPS Comnav T300

#### 3.3.2 Rekonaisans dan Monumentasi

Sebelum pelaksanaan survei untuk pengadaan jaring titik kontrol, ada dua pekerjaan penting yang perlu dilakukan, yaitu rekonaisans (kaji lapangan) dan monumentasi. Pekerjaan rekonaisans dimaksudkan untuk mencari lokasi yang terbaik untuk penempatan titik-titik kontrol di lapangan serta mengumpulkan informasi terkait yang diperlukan nantinya untuk proses monumentasi maupun pengukuran / pengamatan.



Gambar 3.5 Pemasangan Titik Kontrol

#### 3.3.3 Survei GNSS

Survei GNSS menggunakan metode statik jaring untuk pengukuran titik kontrol orde 2 dengan melakukan pengikatan ke tiga titik ikat CORS . Pada survei GNSS ini melakukan lama waktu pengamatan dua jam pada titik kontrol orde 2. Pada survei GNSS ini mengikuti desain jaring yang sudah dibuat sebelumnya.



Gambar 3.6 Survei GNSS

#### 3.3.4 Download Data

Sebelum melakukan pengolahan data, terlebih dahulu harus memiliki data yang diperlukan. Dalam hal ini melakukan *download* data pengamatan dan titik ikat yaitu titik ikat CORS dari milik badan informasi geospasial (BIG) berupa titik jaringan kerangka kontrol horizontal ada tiga titik ikat yaitu titik CORS BJM, CORS BRK, CORS BJR. Masing-masing stasiun CORS sebagai titik ikat dapat dilihat dan didownload data rinex pada alamat situs <https://srgi.big.go.id/jkg-active#>. Setelah pengamatan selesai data yang tersimpan langsung di *controller* kemudian data tersebut dimasukan ke dalam Laptop untuk selanjutnya melakukan *convert to rinex*.

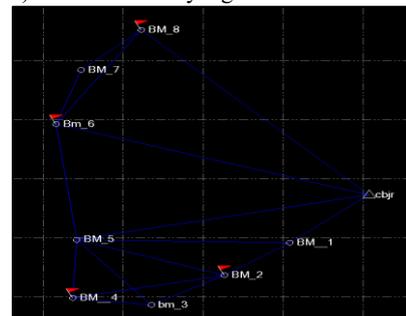
Pada proses *convert to rinex* semua data pengamatan terlebih dahulu dikonversi menjadi format file RINEX. RINEX (*Receiver Independent Exchange*) adalah format pertukaran data untuk raw data satelit. Hal ini membuat pengguna dapat melakukan *post-processing*. *Convert to rinex* pada penelitian ini menggunakan *software compass receiver Utility*.

#### 3.3.5 Pengolahan Data

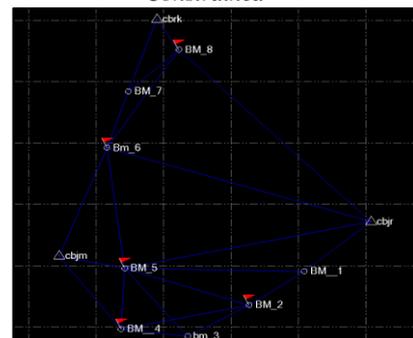
Proses pengolahan data ini meliputi proses *Baseline* dan perataan jaring (*network adjustment*). Dalam pengolahan data ini menggunakan *software Trimble Business Center* sebagai berikut :

##### a. Proses *Baseline*

Pada dasarnya proses *baseline* dimaksudkan untuk menghitung vector koordinat relatif tiga dimensi *baseline* ( $dX, dY, dZ$ ) antara dua titik yang terlibat.



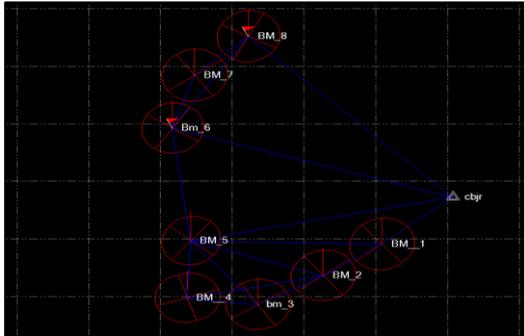
Gambar 3.7 Tampilan Hasil Proses *Baseline Minimal Constrained*



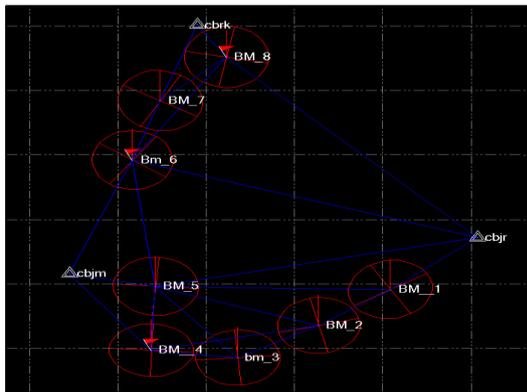
Gambar 3.8 Tampilan Hasil Proses *Baseline Full Constrained*

b. Proses *Network Adjustment*

Dalam hal ini ada 2 (dua) jenis perataan yang digunakan, yaitu perataan jaring terkendala minimal (*minimal constrained*) untuk mengklasifikasikan kelas berdasarkan tingkat presisi dan perataan jaring berkendala penuh (*full constrained*) untuk mengklasifikasikan tingkat akurasi berdasarkan standar SNI orde 2.



Gambar 3.9 Tampilan Hasil *Network Adjustment* Terkendala Minimal



Gambar 3.10 Tampilan Hasil *Network Adjustment* Berkendala Penuh

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengolahan *Baseline*

Pada prinsipnya proses *baseline* untuk menghitung vektor *baseline* (dX,dY,dZ) antara dua titik yang terlibat. Tabel hasil pengolahan *baseline* dibawah ini merupakan hasil dari konversi raw data GPS ke format rinex menggunakan *software compass receiver Utility*. Pada proses pengolahan *baseline* ini dengan menggunakan *software Trimble Business Center*.

Tabel 4.1 Hasil Pengolahan *Baseline Minimal Constrained*

No	Dari	Ke	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	$\sigma$ DX (m)	$\sigma$ DY (m)	$\sigma$ DZ (m)	PDOP	Keterangan
1	BM 7	BM 8	7527,196	6801,584	0,074	0,004	0,003	0,025	1,003	Fixed
2	BM 7	BM 6	3131,452	9182,439	0,199	0,005	0,003	0,028	1,291	Fixed
3	BM 6	BM 8	10658,647	15984,033	0,240	0,006	0,005	0,040	0,982	Fixed
4	C BJR	BM 8	-28440,760	27992,367	-34,157	0,006	0,004	0,049	1,949	Fixed
5	C BJR	BM 6	-39099,409	12008,340	-34,278	0,006	0,006	0,049	1,806	Fixed
6	BM 5	BM 6	-2586,413	19607,615	-1,465	0,007	0,006	0,045	1,164	Fixed
7	BM 2	BM 4	-18990,130	-3864,264	1,182	0,006	0,004	0,043	1,703	Fixed
8	BM 4	BM 8	-9846,095	1175,711	-12,901	0,005	0,003	0,030	1,500	Fixed
9	BM 5	BM 4	-503,268	-9905,432	3,432	0,004	0,003	0,027	1,666	Fixed
10	BM 3	BM 2	9144,015	5039,965	-14,132	0,003	0,002	0,018	1,154	Fixed
11	BM 5	BM 3	9342,832	-11081,136	16,394	0,004	0,003	0,029	1,212	Fixed
12	BM 5	BM 3	9342,826	-11081,137	16,312	0,004	0,003	0,037	1,754	Fixed
13	BM 5	BM 2	18486,864	-6041,154	2,251	0,004	0,003	0,031	1,487	Fixed
14	BM 1	BM 2	-8159,679	-5522,761	-1,810	0,002	0,003	0,026	1,463	Fixed
15	BM 5	BM 1	26646,548	-518,377	4,050	0,006	0,005	0,043	1,577	Fixed
16	C BJR	BM 5	-36512,971	-7599,336	-32,806	0,004	0,004	0,050	5,645	Fixed
17	C BJR	BM 5	-36512,978	-7599,333	-32,829	0,006	0,006	0,050	5,532	Fixed
18	C BJR	BM 1	-9866,415	8117,696	-28,722	0,005	0,004	0,032	3,172	Fixed

Dalam survei GNSS pada spesifikasi teknis jaringan titik kontrol orde 2 berdasarkan aturan SNI 19-6724-2002 untuk jumlah *baseline* minimum yang diamati lebih dari satu kali (*common baseline*) ialah 5% dari jumlah *baseline* yang diamati. Dari hasil pada Tabel 4.1 untuk terkendala minimal jumlah *common baseline* ialah 2 *baseline* dari total 16 *baseline*. Sehingga 5% dari total *baseline* yang didapat untuk minimum *common baseline* ialah 1, kemudian jumlah *baseline* dalam satu *loop* maksimum adalah 4 (empat) *baseline*, konfigurasi jaring kerangka horizontal yang digunakan dalam kegiatan survei ini memiliki jumlah *baseline* dalam satu *loop* adalah 3 (tiga), dan selanjutnya pada nilai PDOP yang paling besar 5,645 berada pada *baseline* dari titik C BJR ke BM 5. Pada ketentuan SNI nilai PDOP yang diperlukan lebih kecil dari 10 (sepuluh).

PDOP merupakan *positional dilution of precision* (posisi-3D) bilangan yang umum digunakan untuk merefleksikan kekuatan geometri dari konstelasi satelit, dimana nilai DOP yang kecil menunjukkan geometri satelit yang kuat (baik), dan nilai DOP yang besar menunjukkan geometri satelit yang lemah (buruk). Berdasarkan dari hasil tersebut untuk spesifikasi teknis jaringan titik kontrol orde 2 sudah memenuhi SNI 19-6724-2002.

Tabel 4.2 Hasil Pengolahan *Baseline Full Constrained*

No	Dari	Ke	DX (m)	DY (m)	DZ (m)	$\sigma$ DX (m)	$\sigma$ DY (m)	$\sigma$ DZ (m)	PDOP	Keterangan
1	BM 7	BM 6	-3131,452	9182,439	-0,205	0,005	0,003	0,028	1,291	Fixed
2	BM 7	BM 8	7527,196	6801,584	0,074	0,004	0,003	0,025	1,003	Fixed
3	C BRK	BM 8	3313,618	-4954,289	-2,718	0,003	0,003	0,023	1,673	Fixed
4	C BRK	BM 7	-4213,569	-11755,891	-2,656	0,004	0,004	0,033	2,078	Fixed
5	C BRK	BM 7	-4213,562	-11755,892	-2,703	0,005	0,005	0,037	1,673	Fixed
6	C BJR	BM 6	-39099,409	12008,340	-34,278	0,006	0,006	0,049	1,806	Fixed
7	BM 2	BM 4	-18990,130	-3864,264	1,182	0,006	0,004	0,043	1,703	Fixed
8	C BJM	BM 4	9210,341	-11855,876	-1,226	0,011	0,007	0,048	3,288	Fixed
9	BM 5	BM 6	-2586,413	19607,615	-1,465	0,007	0,006	0,045	1,164	Fixed
10	C BJM	BM 6	7127,246	17657,208	-6,101	0,005	0,005	0,050	2,090	Fixed
11	C BJM	BM 5	9713,644	-1950,399	-4,638	0,004	0,004	0,028	2,805	Fixed
12	C BJM	BM 5	9713,643	-1950,414	-4,718	0,004	0,003	0,026	3,574	Fixed
13	BM 3	BM 4	-9846,095	1175,711	-12,901	0,005	0,003	0,030	1,500	Fixed
14	BM 5	BM 4	-503,268	-9905,432	3,432	0,004	0,003	0,027	1,666	Fixed
15	BM 3	BM 2	9144,015	5039,965	-14,132	0,003	0,002	0,018	1,154	Fixed
16	BM 3	BM 5	9342,832	-11081,136	16,394	0,004	0,003	0,029	1,212	Fixed
17	BM 5	BM 2	18486,864	-6041,154	2,251	0,004	0,003	0,031	1,487	Fixed
18	BM 1	BM 2	-8159,679	-5522,761	-1,810	0,002	0,003	0,026	1,463	Fixed
19	BM 5	BM 1	26646,548	-518,377	4,050	0,006	0,005	0,043	1,577	Fixed
20	C BJR	BM 5	-36512,971	-7599,336	-32,806	0,004	0,004	0,050	5,645	Fixed
21	C BJR	BM 5	-36512,978	-7599,333	-32,829	0,006	0,006	0,050	5,532	Fixed
22	C BJR	BM 1	-9866,415	-8117,696	-28,722	0,005	0,004	0,032	3,172	Fixed
23	BM 6	BM 8	10658,647	15984,033	0,240	0,006	0,005	0,040	0,982	Fixed
24	C BJR	BM 8	-28440,760	27992,367	-34,157	0,006	0,007	0,049	1,949	Fixed

Hasil dari pengolahan *baseline full constrained* didapatkan jumlah *common baseline* adalah 3 *baseline* dari total 21 *baseline*. Sehingga 5% dari total *baseline* yang didapat untuk minimum *common baseline* ialah 1 (satu) dan jumlah *baseline* dalam satu *loop* maksimum adalah 4 (empat) *baseline*. Konfigurasi jaring kerangka horizontal yang digunakan dalam kegiatan survei ini memiliki jumlah *baseline* dalam satu *loop* adalah 3 (tiga) dan nilai PDOP paling besar 5,645 berada pada *baseline* dari titik C BJR ke BM 5. Berdasarkan dari hasil tersebut untuk spesifikasi teknis jaringan titik kontrol orde 2 telah memenuhi SNI 19-6724-2002.

4.2 Hasil Perataan Jaring *Minimal Constrained*

Berikut merupakan hasil nilai sumbu *semi-major* dari elips kesalahan relatif antar titik dari hasil perataan jaring minimal *constrained* yang dilakukan menggunakan *software Trimble Business Center*.

Tabel 4.3 Hasil Perataan Jaringan Minimal *Constrained*

Dari	Ke	Jarak (m)	Semi-Major (m)
BM 7	BM 8	10144.963	0.034
BM 6	BM 7	9701.714	0.032
BM 3	BM 4	9916.046	0.029
BM 2	BM 1	9852.993	0.026
BM 5	BM 4	9918.202	0.026
BM 2	BM 3	10441.004	0.027
BM 3	BM 5	14494.138	0.024
BM 6	BM 8	19211.872	0.030
BM 2	BM 4	19379.306	0.028
BM 1	C BJR	12776.678	0.018
BM 3	BM 1	20272.890	0.026
BM 5	BM 6	19777.493	0.025
BM 2	BM 5	19448.897	0.024
BM 5	BM 7	28795.245	0.029
BM 6	BM 4	29586.495	0.029
BM 1	BM 4	28726.797	0.028
BM 5	BM 1	26651.589	0.024
BM 7	BM 4	38709.708	0.033
BM 3	BM 6	32925.797	0.028
BM 2	BM 6	33195.548	0.027
BM 2	C BJR	22605.382	0.019
BM 2	BM 7	39180.673	0.031
BM 7	BM 1	39246.352	0.031
BM 3	BM 7	40830.326	0.032
BM 6	BM 1	35491.179	0.027
BM 5	BM 8	36495.589	0.027
BM 8	BM 1	40607.170	0.027
BM 2	BM 8	42915.703	0.029
BM 8	BM 4	46298.219	0.031
BM 3	BM 8	46690.099	0.030
BM 7	C BJR	41746.163	0.025
BM 3	C BJR	32972.347	0.019
BM 8	C BJR	39905.496	0.022
BM 4	C BJR	40946.526	0.021
BM 6	C BJR	40901.870	0.020
BM 5	C BJR	37295.400	0.015

Dalam aturan SNI 19-6724-2002 untuk penetapan kelas suatu jaringan titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu (*semi-major axis*) 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. Dari proses tersebut dengan menggunakan 1 (satu) titik ikat CORS BJR didapatkan data jarak

antar dua titik dan nilai *semi-major*. Sehingga data jarak dan *semi-major* digunakan untuk uji terhadap nilai panjang sumbu yang diperbolehkan dalam penetapan kelas jaringan pada SNI.

#### 4.3 Hasil Perataan Jaringan *Full Constrained*

Tabel 4.4 Hasil Perataan Jaringan *Full Constrained*

Dari	Ke	Jarak (m)	Semi-Major (m)
BM 3	BM 4	9916.051	0.032
BM 2	BM 3	10441.002	0.030
BM 2	BM 1	9852.995	0.028
BM 5	BM 4	9918.207	0.026
BM 8	C BRK	5960.288	0.016
BM 6	BM 7	9701.707	0.023
BM 7	BM 8	10144.963	0.023
BM 3	BM 5	14494.139	0.026
BM 2	BM 4	19379.310	0.030
BM 1	C BJR	12776.682	0.020
BM 3	BM 1	20272.890	0.030
BM 4	C BJM	15013.067	0.022
BM 5	C BJM	9907.527	0.013
BM 2	BM 5	19448.897	0.024
BM 7	C BRK	12488.192	0.016
BM 6	BM 8	19211.868	0.023
BM 5	BM 6	19777.479	0.022
BM 1	BM 4	28726.803	0.030
BM 3	C BJM	23086.161	0.023
BM 6	BM 4	29586.486	0.028
BM 5	BM 1	26651.589	0.024
BM 2	C BJR	22605.388	0.020
BM 3	BM 6	32925.781	0.028
BM 6	C BJM	19041.392	0.017
BM 2	BM 6	33195.530	0.026
BM 6	BM 1	35491.162	0.026
BM 6	C BRK	22189.243	0.017
BM 5	BM 7	28795.224	0.021
BM 7	BM 4	38709.693	0.028
BM 3	BM 7	40830.302	0.028
BM 3	C BJR	32972.351	0.023
BM 2	C BJM	29310.987	0.020
BM 2	BM 7	39180.647	0.026
BM 7	BM 1	39246.326	0.026
BM 8	BM 1	40607.152	0.026
BM 2	BM 8	42915.686	0.026
BM 8	BM 4	46298.211	0.028
BM 3	BM 8	46690.084	0.028
BM 5	BM 8	36495.576	0.021
BM 7	C BJM	28733.384	0.016
BM 4	C BJR	40946.537	0.022
BM 1	C BJM	36443.913	0.020
BM 4	C BRK	50725.031	0.022
BM 3	C BRK	51830.207	0.023
BM 1	C BRK	46533.443	0.020
BM 8	C BJM	38053.523	0.016
BM 2	C BRK	48567.718	0.020
BM 6	C BJR	40901.858	0.017
BM 8	C BJR	39905.481	0.016
BM 7	C BJR	41746.143	0.016
BM 5	C BJR	37295.405	0.013
BM 5	C BRK	40824.235	0.013
C BJM	C BJR	46570.496	0.000
C BJR	C BRK	45758.280	0.000
C BJM	C BRK	41219.670	0.000

Dalam aturan SNI 19-6724-2002 untuk penetapan orde suatu jaringan titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu (*semi-major axis*) 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 berkendala penuh (*full constrained*). Dari proses tersebut dengan menggunakan 3 (tiga) titik ikat CORS BJM, CORS BRK, DAN CORS BJR. Didapatkan data jarak antar dua titik pengamatan dan nilai *semi-major*. Sehingga data jarak dan *semi-major* digunakan untuk uji terhadap nilai panjang sumbu yang diperbolehkan dalam penetapan orde jaringan Pada SNI.

#### 4.4 Hasil Klasifikasi Jaring Titik Kontrol Horizontal

Klasifikasi suatu jaring kontrol didasarkan pada tingkat presisi dan tingkat akurasi dari jaring yang bersangkutan, tingkat presisi menggambarkan kelas jaringan sedangkan tingkat akurasi menggambarkan orde suatu jaringan. Perhitungan nilai *sumbu semi-major* dari *error* elips relatif dinyatakan masuk toleransi apabila panjang sumbu *semi-major* tidak melebihi panjang maksimum dari sumbu panjang kelas B dan Orde 2 yang diperbolehkan. Panjang maksimum yang diperbolehkan diketahui dari hasil perhitungan yang sudah ditetapkan oleh SNI. Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

##### 4.4.1 Hasil Kelas Jaringan

Uji nilai sumbu *semi-major* dari *error* elips relatif dinyatakan masuk toleransi apabila panjang sumbu *semi-major* tidak melebihi panjang maksimum dari sumbu panjang yang diperbolehkan. Nilai sumbu panjang elips kesalahan relatif dari hasil perataan jaring minimal *constrained* pada tabel berikut ini :

Tabel 4.5 Penetapan Kelas Jaringan

Dari	Ke	Semi - Major (m)	Jarak (km)	C (ppm)	Nilai r (m)	Keterangan
BM 2	BM 1	0,026	9,853	10	0,101	Diterima
BM 2	BM 3	0,027	10,441	10	0,106	Diterima
BM 3	BM 4	0,029	9,916	10	0,101	Diterima
BM 5	BM 4	0,026	9,918	10	0,101	Diterima
BM 5	BM 6	0,025	19,777	10	0,200	Diterima
BM 6	BM 7	0,032	9,702	10	0,099	Diterima
BM 7	BM 8	0,034	10,145	10	0,103	Diterima

Nilai *semi-major* dari *error* elips relatif antar titik yang dihasilkan melalui proses perataan jaring dengan menggunakan *software Trimble Business Center* pada Tabel 4.3. Nilai r didapatkan dengan menggunakan rumus sesuai persamaan 2.1. Berdasarkan tabel 4.5 didapatkan nilai *semi - major* berada pada *range* 0.025 m – 0.034 m. Dari nilai tersebut sudah dapat diterima karena tidak melebihi dari nilai sumbu panjang yang diperbolehkan, nilai r berada pada *range* 99 mm - 200 mm. Sehingga data yang dihasilkan sudah memenuhi dari ketentuan SNI dan termasuk ke dalam kategori kelas B atau survei geodetik berskala lokal.

##### 4.4.1 Hasil Orde Jaringan

Uji nilai sumbu *semi-major* dinyatakan masuk toleransi apabila panjang sumbu *semi-major* tidak melebihi panjang maksimum dari sumbu panjang yang diperbolehkan. Nilai sumbu *semi-major* dari hasil perataan jaring *full constrained* pada tabel berikut ini :

Tabel 4.6 Penetapan Orde Jaringan

Dari	Ke	Semi - Major (m)	Jarak (km)	C (ppm)	Nilai r (m)	Keterangan
BM 2	BM 1	0,028	9,853	10	0,101	Diterima
BM 2	BM 3	0,030	10,441	10	0,106	Diterima
BM 3	BM 4	0,032	9,916	10	0,101	Diterima
BM 5	BM 4	0,026	9,918	10	0,101	Diterima
BM 5	BM 6	0,022	19,777	10	0,200	Diterima
BM 6	BM 7	0,023	9,702	10	0,099	Diterima
BM 7	BM 8	0,023	10,145	10	0,103	Diterima

Berdasarkan tabel 4.6 didapatkan nilai *semi-major* berada pada *range* 0.022 m – 0.032 m dan nilai panjang sumbu yang diperbolehkan berada pada *range* 99 mm – 200 mm. Dari nilai tersebut sudah memenuhi SNI dikarenakan nilai *semi-major* dari elips kesalahan relatif antar titik tidak melebihi nilai panjang sumbu yang diperbolehkan. Sehingga data yang dihasilkan sudah memenuhi dari ketentuan SNI dan termasuk ke dalam kategori titik kontrol orde 2 atau jaring titik kontrol geodetik lokal.

#### 4.5 Hasil Koordinat

Hasil koordinat berikut ini didapatkan melalui proses dari penetapan kelas dan orde jaringan yang sudah memenuhi SNI. Koordinat ini dinyatakan menjadi koordinat *final* yang akan digunakan dalam kegiatan survei dan pemetaan setelah melewati proses perataan jaring terikat dan terhadap uji panjang sumbu yang diperbolehkan.

Tabel 4.7 Hasil Koordinat Orde 2

Titik	Koordinat UTM			Koordinat Geografis		
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Latitude	Longitude	Height (m)
BM 1	270851,073	9629100,825	8,789	S3°21'12,31011"	E114°56'15,47999"	53,443
BM 2	262691,386	9623578,053	6,968	S3°24'11,48717"	E114°51'50,83125"	51,205
BM 3	253547,361	9618538,079	21,085	S3°26'54,83954"	E114°46'54,31957"	64,893
BM 4	243701,256	9619713,780	8,151	S3°26'15,81768"	E114°41'35,54412"	51,609
BM 5	244204,526	9629619,210	4,708	S3°20'53,50755"	E114°41'52,60512"	48,314
BM 6	241618,110	9649226,840	3,244	S3°10'15,23201"	E114°40'30,32097"	47,074
BM 7	244749,562	9658409,276	3,453	S3°05'16,63532"	E114°42'12,35275"	47,523
BM 8	252276,752	9665210,870	3,487	S3°01'35,80159"	E114°46'16,49197"	47,846

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dari hasil pengolahan data dari survei GNSS berdasarkan aturan orde 2 pada SNI 19-6724-2002 tentang jaring kontrol horizontal. Maka kesimpulan yang dapat diambil sebagai berikut :

1. Dari hasil penetapan kelas jaringan sudah memenuhi SNI karena nilai sumbu *semi-major* dari elips kesalahan relatif antar titik berada pada *range* 0.025 m – 0.034 m dan tidak melebihi nilai panjang sumbu yang diperbolehkan yang berada pada *range* 99 mm - 200 mm. Sehingga data yang dihasilkan dari survei GNSS dalam tingkat presisi (kelas jaringan) masuk dalam kategori kelas B atau survei geodetik berskala lokal.
2. Sedangkan untuk penetapan orde jaringan nilai sumbu *semi-major* berada pada *range* 0.022 m – 0.032 m dan nilai panjang sumbu yang diperbolehkan berada pada *range* 99 mm – 200 mm. Dari nilai tersebut sudah memenuhi SNI dikarenakan nilai *semi-major* dari elips kesalahan relatif antar titik tidak melebihi nilai panjang sumbu yang diperbolehkan. Sehingga data yang dihasilkan dari survei GNSS dalam tingkat akurasi (orde jaringan) masuk dalam orde 2 atau jaring titik kontrol geodetik lokal. Titik kontrol yang tersebar dan data koordinat dapat digunakan sebagai titik referensi atau titik ikat dalam kegiatan survei dan pemetaan.

## 5.2 Saran

Dalam kajian survei GNSS titik kontrol orde 2 pada penelitian ini adapun saran penulis untuk penelitian kedepannya, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

1. Pada survei GNSS diusahakan menggunakan *controller* GPS agar tidak ada kendala selama proses pengamatan.
2. Untuk mendapatkan data elevasi yang lebih baik dapat melakukan pengukuran jaring kontrol vertikal dengan metode sipat datar dan terhadap *mean sea level*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2016). *Satelit GPS Modul-8 : Perencanaan dan Persiapan Survei GPS*. Institut Teknologi Bandung.
- Abidin, H. Z. (2019). InaCORS BIG Satu Referensi Pemetaan Indonesia. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28041.70248>
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Standar Nasional Indonesia Jaring kontrol horizontal (SNI 19-6724-2002)*.
- BIG. (2022, April 13). BIG dan Kalimantan Selatan Lanjutkan Kerja Sama Kembangkan Informasi Geospasial. Badan Informasi Geospasial. <https://www.big.go.id/content/berita/big-dan-kalimantan-selatan-lanjutkan-kerja-sama-kembangkan-informasi-geospasial>
- Bimasena, A. N. (2005). *Perkembangan Penentuan Posisi Untuk Pengadaan Jaring Kontrol Pemetaan Indonesia. Sejarah Kerangka Kontrol di Indonesia*, Yogyakarta : STPN.
- Budi, E., Muh, W., & Suhattanto, A. (2019). *Survey Satelit Pertanahan Disusun oleh: Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional Yogyakarta*.
- Chairul Ikbal, M., Darmo Yuwono, B., & Janu Amarrohman, F. (2017). *Jurnal Geodesi Undip Januari (Vol. 6, Nomor 1)*.
- Hadi, I. W. (2019). *Kajian Ketelitian Hasil Pengukuran Menggunakan Low Cost GNSS Dan GPS Geodetik Menggunakan Metode PPP Online*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Jamil, A. (2015). *Kajian Kebijakan dan Informasi Kedirgantaraan Kebijakan Global Navigation Satellite System (GNSS) Negara Pengguna (Studi Kasus: Australia, Korea dan Indonesia)*.
- Kasfari, R., Yuwono, D., & Awaluddin, M. (2018). *Pengamatan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2017. Jurnal Geodesi Undip Januari (Vol. 7, Nomor 1)*.
- Madena, A. Y., Sabri, L. M., & Yuwono, D. (2014). *Verifikasi Koordinat Titik Dasar Teknik Orde 3 dengan Pengukuran GNSS Real Time Kinematic Menggunakan Stasiun CORS Geodesi UNDIP di Kota Semarang. Jurnal Geodesi Undip Januari (Vol. 3, Nomor 1)*.
- Nur Istiqomah, L., Sabri, L., & Sudarsono, B. (2020). *Analisis Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Metode Survei GNSS Tahun 2019 (Vol. 9, Nomor 2)*.
- Pemerintah Indonesia. (2011). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial*.
- Ramadhon, S. (2021). *Perbandingan Posisi Tiga Dimensi Pengukuran GNSS Menggunakan Metode Diferensial Statik dengan Berbagai Variasi Epoch Rate. JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering, 4(1), 49. https://doi.org/10.22146/jgise.66327*
- Saputra, R., Awaluddin, M., & Yuwono, D. (2017). *Analisis Deformasi Di Wilayah Jawa Timur Dengan Menggunakan CORS BIG. Jurnal Geodesi Undip Oktober (Vol. 6, Nomor 4)*.
- Yuwono, B. D., & Apsandi, O. A. (2018). *Analisis Pengukuran Gns Metode Statik Dengan Variasi Sampling Rate*.