

BAB II

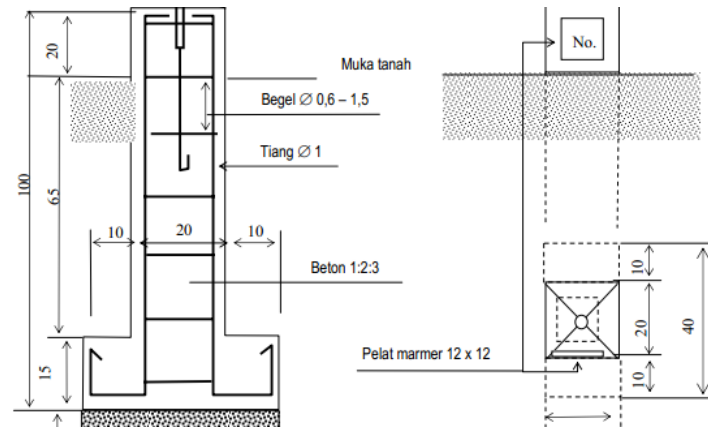
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian *Benchmark*

BM (*Benchmark*) merupakan sebuah titik ikat atau titik acuan yang memiliki nilai koordinat fixed (memiliki nilai yang dapat dipercaya) dalam suatu pengukuran yang biasanya berupa patok yang tidak dapat diubah keberadaannya (Fahrizal, 2013). *Benchmark* digunakan sebagai titik acuan dalam memulai sebuah pengukuran yang berfungsi sebagai acuan dari titik-titik yang akan dilakukan dalam pengukuran tersebut dan mereferensikan posisi objek pada koordinat global.

Dalam menentukan *benchmark* menggunakan metode penentuan posisi dengan menggunakan instrumen *Global Positioning System* (GPS) yang memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi hingga level *subcentimeter* (Sutrisno, 2013). Penentuan *benchmark* menggunakan GPS memiliki beberapa metode yang digunakan diantaranya metode *Statik*, selain metode pengukuran yang tepat, desain penyebaran titik-titiknya harus diperhatikan karena hal tersebut akan mempengaruhi hasil dari nilai koordinat yang akan didapat dan dapat mempengaruhi pada survei secara keseluruhan.

Pembuatan desain titik-titik *benchmark* yang dibuat di usahakan sebaik mungkin dengan melihat area situasi sekitar, sehingga mendapatkan nilai yang memiliki toleransi yang lebih kecil dan titik *benchmark* tersebut dapat digunakan atau mempermudah pengukuran survei seterusnya (Sutrisno, 2013). Setelah pembuatan desain tempat titik yang akan dilakukan pengamatan atau pengukuran selanjutnya dipasang sebuah patok atau tanda dengan menggunakan kayu atau beton yang dapat bertahan lama, untuk pembuatan dan penanaman patok sesuai dengan standar yang berlaku, dan patok diberi warna serta nama pada patok tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 2.2, dan untuk standar patok BM ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Standar Patok *Benchmark* (Blog.bekasirayaputra.co.id)



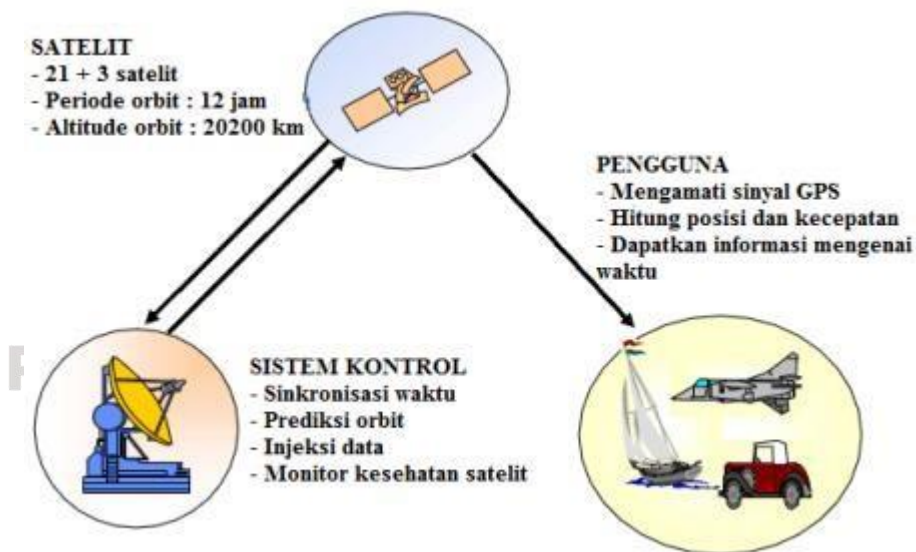
Gambar 2.2. Patok *Benchmark*

2.2. Penentuan *Benchmark* Dengan Menggunakan GPS Geodetik

GNSS (*Global Navigation Satellite System*) adalah suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu dan lokasi, memancarkan macam-macam sinar dalam berbagai frekuensi secara terus-menerus, yang tersedia di semua lokasi di atas permukaan bumi (Abidin, 2011 dalam Nugraha, 2019). GNSS yang paling dikenal saat ini adalah GPS (*Global Positioning System*). GPS adalah sistem penentuan radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat (Abidin 2011 dalam Nugraha, 2019). Sistem yang banyak digunakan

oleh semua orang secara bersamaan dalam semua kondisi cuaca, sehingga GPS didesain untuk memberikan informasi posisi, dan kecepatan tiga dimensi secara teliti, dan informasi mengenai waktu yang teliti seluruh dunia. Pada dasarnya konsep dasarnya penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi jarak, yaitu pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit yang koordinatnya diketahui (Abidin, 2007 dalam Yuwono, 2018).

Pada dasarnya, GPS terdiri atas tiga segmen utama, yaitu segmen satelit (*space segment*) yang terdiri dari satelit-satelit GPS. Segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit. Dan segmen pengguna (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengelola sinyal dan data GPS (Mufid, 2017). Pengamatan menggunakan GPS lebih simpel karena berbasis satelit, sehingga *receiver* nya tidak harus saling terlihat (*Intervisibility*), yang terpenting *receiver* nya dapat menangkap sinyal GPS (*Satellite Visibility*) hingga mencukupi, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Sistem Penentuan Posisi Global GPS (Abidin, 2007 dalam Yuwono, 2018).

Pada prinsipnya semakin banyak sinyal satelit yang ditangkap akan semakin baik kualitas dari akuisisi posisi GPS (Abidin, 2007 dalam Yuwono, 2018). Dengan memanfaatkan sinyal dari satelit, kemudian *receiver* GPS mengikat kebelakang ke titik *base* yang telah ditentukan, sehingga GPS *receiver* yang digunakan minimal dua *receiver* GPS terhadap pusat bumi terhadap titik

lainnya yang telah diketahui koordinatnya (stasiun referensi) untuk melakukan pengamatan posisi menggunakan GPS agar dapat membentuk pola *triangle* atau segitiga sehingga setiap pengambilan data langsung saling terkoreksi satu sama lain dan hasil yang didapatkan lebih memiliki nilai dengan akurasi yang lebih tinggi. GPS yang dimaksud dalam pengamatan tersebut yaitu GPS geodetik. Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi tiga dimensi X, Y, Z yang dinyatakan dalam WGS-84. Dengan GPS, titik yang ditentukan posisinya dapat diam (*static positioning*) ataupun bergerak (*kinematic positioning*), GPS dapat memberikan posisi secara instan (*real time*).

GPS Geodetik memiliki kelengkapan setiap alatnya, sehingga dapat digunakan untuk melakukan pengamatan atau pengukuran dilapangan, dan apabila ada salah satu kelengkapan dari alat ini ada yang tidak berfungsi maka tidak bisa digunakan pengukuran secara maksimal, berikut perlengkapan dari GPS Geodetik yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Perlengkapan GPS Geodetik (Mufid, 2017)

Item	Peralatan	Jumlah Unit	Keterangan
A	Receiver GPS S320	2 unut	Sn : B1232-S3204M-1862576A Sn : B1232-S3204M-1862576A
B	Antena Radio Bracket	2 unit	Pn : 602-2096-000
C	Antena UHF Radio model QT450A-1	2 unit	Pn : 150-0043-000
D	Memori SD Card 2GB	2 unit	Pn : 750-1099-000
E	Batterai (rechargeable Lithium-ion)	4 unit	Pn : 427-0043-000
F	Power cable, external, 2-pin circular, 3 m (for base stationunit)	1 unit	Pn : 054-0119-000
G	Battery Charger + Power Adaptor	2 set	Pn Adaptor : S1133094854 Pn Adaptor : S1133094841
H	Data Cable, 9-pin to 9-pin serial, Usb connector and USB receptacle	1 pasang	Pn : 051-0258-000
I	Kontroller <i>CARISON SURVEYOR</i> +	1 unit	Pn : P23201075A1

J	Switching power suplay (untuk charger batterai controller <i>CARISON SURVEYOR+ CARISON SURVEYOR+ </i>)	1 unit	Pn : P23201075A1
K	Meteran (3m) untuk mengukur tinggi antena	1 unit	Pn : 699-0004-000
L	2.5 m GPS Adjustable Rover Pole	1 unit	
M	Pole Mount and GPS Cradle	1 pasang	Pn : TC-8-3 dan TC-8-4
N	Tribrach dan Adaptor	1 set	
O	Tripod	1 unit	
P	Kabel Power DC ke dashboart cigaret mobil	2 unit	
Q	Hard Case (Box Alat)	1 unit	

Selain kelengkapan yang ada pada alat, GPS Geodetik memiliki spesifikasi bawaan pada alat ini, mulai dari spesifikasi pada alat, spesifikasi pengaturan posisi, dan spesifikasi survey statik GNSS. Dengan demikian dapat diketahui spesifikasi dari alat tersebut sebelum digunakan. Berikut tabel perlengkapan dari GPS Geodetik sebagai berikut:

a. Spesifikasi GPS Geodetik Trimble R8

Tabel 2.2. SPesifikasi GPS Geodetik Trimble R8 (Mufid, 2017)

Ukuran (WxH) konektor	19 cmx11,2 cm (7.5 in x 4.4 in)
Berat V	1.34 kg (2.95 lb) dengan baterai internal, radio internal dengan antena standar UHF 3,70 kg (8.16 lb) seluruh rover RTK termasuk baterai, jangkauan tiang, controller dan bracket
Sumber daya	11 V DC-28 V DC dengan perlindungan tegangan lebih
Suhu penggunaan	-40°C-+65°C (-40°F-+149°F)
Suhu penyimpanan	-40°C-+75°C (-40°F-+167°F)
kelembaban	100% kondensasi

Anti air dan debu	IP67 untuk perendaman dengan kedalaman 1m (3.28 ft)
Pemakaian daya	3.2 W pda mode RTK rover dengan radio internal
Waktu penggunaan pada internal	Penerimaan 450 MHz 5.8 jam Penerimaan transmit 450 MHz 3.7 GSM/GPRS 4.1 jam

b. Spesifikasi Pengaturan Posisi

Tabel 2.3. Spesifikasi Pengaturan Posisi (Mufid, 2017)

Perubahan posisi GNSS	0.25 m + 1ppm RMS (horizontal) 0.50 m + 1 ppm RMS (vertical) <5 m 3DRMS (akurasi perubahan SBAS)
-----------------------	--

c. Survei Statik GNSS

Tabel 2.4. Survei Static GNSS (Mufid, 2017)

Presisi tinggi statis	3 m + 0.1 ppm RMS (horizontal) 3.5 m + 0.4 ppm RMS (vertikal)
Statis dan faststatis	3 mm + 0.5 ppm RMS (horizontal) 5 mm + 0.5 ppm RMS (vertikal)
Waktu Survey Kinematik pada <30 km	8 mm + 1 ppm RMS (horizontal) 5 mm + 0.5 ppm RMS (vertikal)
Jaringan RTK	8 mm + 0.5 ppm RMS (horizontal) 15 mm + 0.5 ppm RMS (vertikal)

Sesuai dengan klasifikasi yang dimiliki oleh alat GPS Geodetik termasuk sudah sangat baik untuk alat penentuan posisi permanen. Dalam klasifikasi alat di atas menyebutkan bahwa alat ini memiliki tingkat ketelitian perubahan posisi hingga mencapai kurang dari 3-5 milimeter, dengan demikian alat ini cukup akurat dalam penentuan posisi terlebih dalam metode static. Untuk alat GPS Geodetik ditunjukkan pada gambar 2.4.



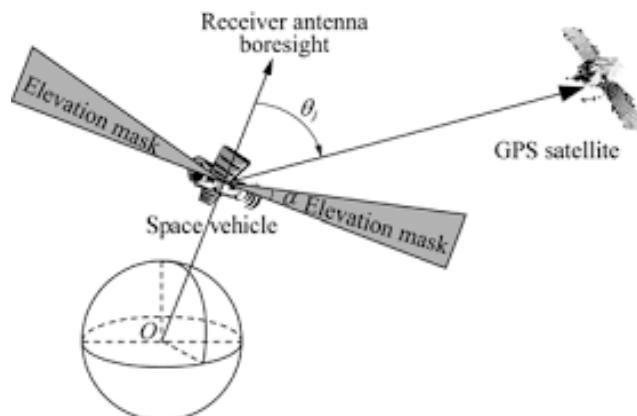
Gambar 2.4. GPS Geodetik Trimble R8 (<https://Geooprema.com>)

2.2.1. Faktor Pengaruh pada pengamatan GPS Geodetik

Pada pengamatan menggunakan GPS Geodetik terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi dari tingkat ketelitian dan akurasi data pengukuran. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi pada pengamatan GPS Geodetik :

1. *Mark Angel*

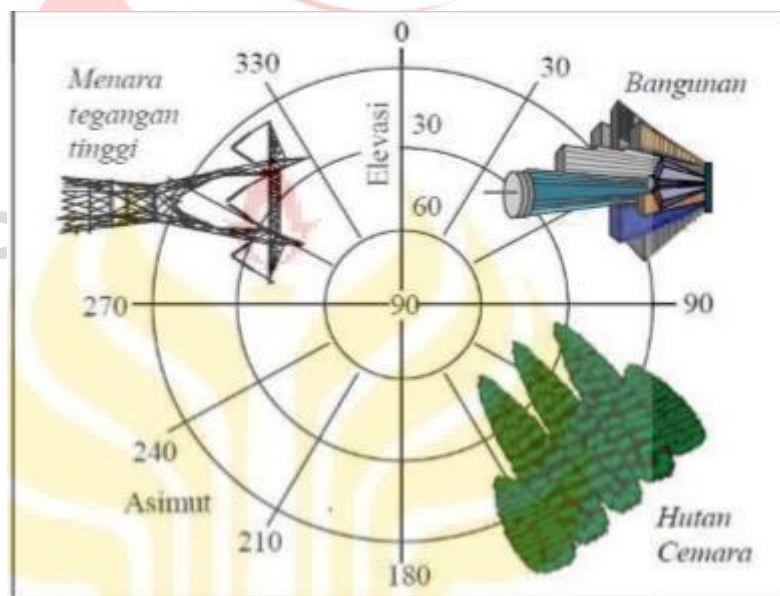
Lokasi pengamatan sebaiknya memiliki ruang pandang langit yang bebas dari segala arah, yaitu sebaiknya diatas elevasi 100-150. Besarnya *Mark Angel* sangat berpengaruh pada hasil yang didapat, karena apabila mark angel terlalu kecil sebaiknya dihindari karena data pengamatan dari satelit-satelit yang berelevasi rendah akan mempengaruhi oleh *refraksi ionosfer*, *troposfer*, dan lebih mudah terkontaminasi. Gambaran faktor *mark angel* dapat dilihat pada gambar 2.5 (Abidin, 2011 dalam Mufid, 2017).



Gambar 2.5. Pengertian *Mask Angle* (Abidin, 2011 dalam Mufid, 2017).

2. *Multipath*

Lokasi pengamatan sebaiknya jauh dari objek-objek *reflektif* yang mudah memantulkan sinyal GPS, untuk meminimalkan atau mencegah terjadinya *multipath* seperti jalan raya, gedung, danau, tambak, dan kendaraan. *multipath* merupakan fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda. Gambaran faktor *multipath* dapat dilihat pada gambar 2.6 (Abidin 2011:31 dalam Mufid, 2017).



Gambar 2.6. Diagram Obstruksi Mengakibatkan *Multipath* (Abidin, 2011 dalam Mufid, 2017).

3. *Interferensi elektrik*

Lokasi yang akan dipilih untuk titik-titik GPS sebaiknya juga relatif dihindarkan dari objek-objek yang dapat menimbulkan *interferensi elektrik* terhadap penerimaan sinyal GPS, seperti pemancar gelombang mikro, *radio repeater*, dan kabel listrik tegangan tinggi.

4. Jumlah titik GPS

Jumlah titik dalam jaringan GPS harus disesuaikan dengan keperluan serta tujuan dari pelaksanaan survei GPS yang bersangkutan. Secara umum, jumlah titik dalam jaringan juga harus memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan.

5. Jumlah satelit

Pada prinsipnya semakin banyak sinyal satelit yang ditangkap akan semakin baik kualitas dari akuisisi posisi GPS. Disamping memperkuat geometri satelit yang selanjutnya akan meningkatkan ketelitian posisi titik yang diestimasi.

6. Lokasi dan distribusi satelit

Selain jumlah titik, lokasi dan distribusi dari satelit juga harus diperhatikan, karena juga akan mempengaruhi kualitas geometri pengamatan. Dalam hal ini, *sky plot* dari satelit yang dapat dibuat dengan menggunakan perangkat lunak komersil GPS akan sangat berguna untuk mengetahui jumlah, lokasi, dan distribusi yang akan teramati dari suatu lokasi tertentu, yang selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam penentuan waktu yang optimal. Selain itu juga akan mempengaruhi efek dari kesalahan dan bias terhadap ketelitian posisi.

2.2.2. Metode Pengamatan Dengan GPS Geodetik

Pada dasarnya, tergantung pada mekanisme pengaplikasiannya, metode penentuan posisi dengan GPS dapat dikelompokkan atas beberapa metode yaitu : *absolute*, *differential*, *static*, *rapid static*, *pseudo-kinematic*, dan *stop and go* seperti yang ditunjukkan secara skematik (Abidin 2007 dalam Hadi, 2018). Metode tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. *Absolute*

Metode *absolut* adalah penentuan posisi yang hanya menggunakan satu alat receiver GPS. Posisi ditentukan dalam sistem WGS 84 (terhadap pusat bumi). Titik yang ditentukan posisinya bisa diam atau bergerak dan tingkat ketelitiannya berkisar antara 5 sampai dengan 10 meter.

b. *Differential*

Metode differential positioning adalah menentukan posisi suatu titik relatif terhadap titik lain yang telah diketahui koordinatnya. pengukuran ini dilakukan secara bersamaan pada dua titik dalam selang waktu tertentu, metode ini dilakukan dengan menggunakan minimal 2 receiver 1 ditempatkan pada titik yang telah diketahui koordinatnya dan yang satunya ditempatkan pada titik yang akan dicari koordinatnya.

c. *Static*

Metode statik (*static positioning*) adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam). Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara *absolut* maupun *diferensial*, dengan menggunakan data *Pseudorange* dan/atau *fase*. Metode statik digunakan karena bisa mendapatkan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif paling tinggi (dapat mencapai orde mm sampai cm).

d. *pseudo-kinematic*

Metode kinematik adalah penurunan posisi dari titik-titik yang bergerak dan receiver GPS tidak dapat atau tidak mempunyai kesempatan untuk berhenti pada titik-titik tersebut. Posisi ini dapat dilakukan secara Absolut ataupun diferensial.

e. *pseudo-kinematic*

Metode pseudo kinematik yang kadang disebut juga sebagai metode *intermittent*, pada metode ini, pengamatan dalam dua sesi yang berselang waktu relatif lama dimaksud untuk meliputi perubahan geometri yang cukup besar, sehingga diharapkan dapat mensukseskan

penentuan *ambiguitas fase* serta mendapatkan ketelitian posisi yang relatif baik.

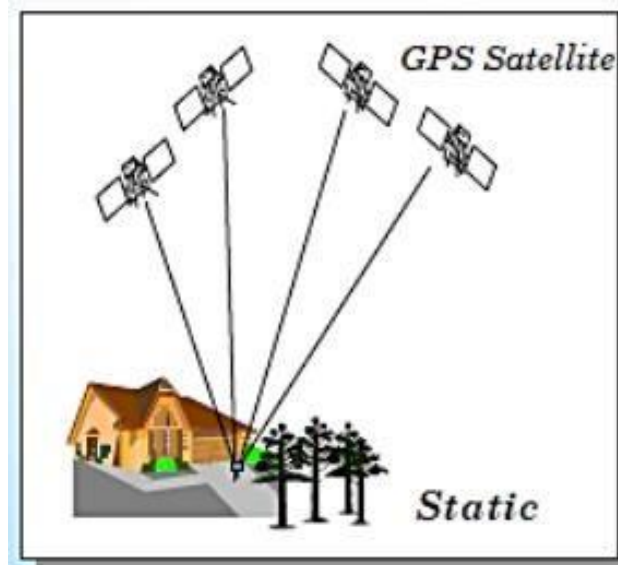
f. stop and go

Metode stop and Go adalah salah satu metode survei penentuan posisi titik-titik dengan GPS. Pada metode ini titik-titik yang akan ditentukan posisinya tidak bergerak, sedangkan *receiver* GPS bergerak dari titik-titik dimana pada sikap titik-titik *receiver* nya bersangkutan diam beberapa saat di titik-titik tersebut. Metode *stop and go* dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Metode Penentuan Posisi Dengan GPS (Abidin, 2007 dalam Fitrianto, 2016)

Metode	Absolut (1 receiver)	Diferensial (2 receiver)	Titik	Receiver
STATIC	√	√	Diam	Diam
KINEMATIC	√	√	Bergerak	Bergerak
RAPID STATIC		√	Diam	Diam (singkat)
PSEUDO- KINEMATIC		√	Diam	Diam dan Bergerak
STOP-AND- GO		√	Diam	Diam dan Bergerak

Dalam penelitian ini, penentuan posisi menggunakan GPS dilakukan dengan metode statik, penentuan posisi secara statik (*static positioning*) adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam). Penentuan posisi tersebut dapat dilakukan secara *absolut* maupun *diferensial*, dengan menggunakan data *Pseudorange* dan/atau *fase* (Yuwono, 2018). Metode statik digunakan karena bisa mendapatkan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif paling tinggi (dapat mencapai orde mm sampai cm) dibandingkan dengan metode *kinematik*. Bentuk implementasi dari metode penentuan posisi statik yang populer di dunia survei adalah survei GNSS untuk penentuan koordinat pada titik-titik ikat untuk keperluan pemetaan maupun keperluan yang lainnya. Metode static dapat ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.7. Penentuan Posisi Metode Statik (Abidin, 2006 dalam Hadi, 2018)

2.2.3. Pengolahan Data

Dalam pengukuran GPS Geodetik dengan menggunakan metode statik diperlukan aplikasi/*software* pendukung untuk melakukan pengolahan data hasil pengukuran lapangan. Untuk mendapatkan hasil yang baik maka dibutuhkan ketelitian dalam pengambilan data dan saat pengolahan datanya. Berikut beberapa aplikasi yang digunakan untuk pengolahan data hasil pengukuran lapangan metode statik yaitu : TTC (*Trimble Total Control*), TBC (*Trimble Business Centre*), *Topcon Tools*, dan *GAMMIT*. Namun pada penelitian ini, pengolahan datanya menggunakan TBC (*Trimble Business Centre*) (Mufid, 2017).

TBC (*Trimble Business Centre*) adalah *Software* /perangkat lunak untuk mengolah data secara post-processing, Analisa jaringan dan perataan yang dikeluarkan oleh salah satu perusahaan alat pengukuran Trimble. Adapun data yang diperlukan berupa data pengukuran yang diperoleh dari pengukuran alat GPS Geodetik atau dapat menggunakan data RINEX (*Receiver Independent Format*) (Mufid, 2017).

2.2.4. Orde Jaringan

Atribut yang mengkarakterisasi tingkat ketelitian (akurasi) Jaring, yaitu tingkat kedekatan jaring tersebut terhadap jaring titik kontrol yang sudah ada

yang digunakan sebagai referensi dan orde jaringan ini akan bergantung pada kelasnya, tingkat presisi dari titik-titiknya terhadap titik-titik yang digunakan serta tingkat presisi dari proses transformasi yang diperlukan untuk mentransformasikan koordinat dari suatu buka datum lainnya (Sabri, 2014).

Orde suatu jaringan titik kontrol horizontal ditentukan berdasarkan panjang sumbu panjang (semi *major axis*) dari setiap titik elips kesalahan relatif (antar titik) dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) 95% yang dihitung berdasarkan statistik yang diberikan oleh hasil hitungan perataan jaringannya kuadrat terkecil. Dalam penentuan orde, hitung perataan jaringan adalah hitung perataan berkendala penuh (*full constrained*). Orde jaringan dapat ditunjukkan pada tabel 2.6 dan 2.7 (Sabri, 2014).

Tabel 2.6. Orde Jaringan Titik Kontrol Horizontal (Sabri, 2014)

Orde	C	Jaring Kontrol	Jarak*	Kelas
00	0.01	Jaring fidusial nasional (jarring tetap GPS)	1000	3A
0	0.1	Jaring titik kontrol geodetik nasional	500	2A
1	1	Jaring titik kontrol geodetik regional	100	A
2	10	Jaring titik kontrol geodetik lokal	10	B
3	30	Jaring titik kontrol geodetik perapatan	2	C
4	50	Jaring titik kontrol pemetaan	0.1	D
*Jarak tipikal antar titik yang berdampingan dalam jaringan (dalam km)				

Tabel 2.7. Kerangka Referensi Koordinat (Sabri, 2014)

Jaring	Kerangka Referensi
Orde-00	ITRF 2000
Orde-0	Minimal Orde-00
Orde-1	Minimal Orde-0
Orde-2	Minimal Orde-1
Orde-3	Minimal Orde-2
Orde-4	Minimal Orde-3

2.3. Total Station

Total Station merupakan suatu alat yang kombinasi alat *Theodolite electronic*, *Electronic Distance Meters* (EDM), dan perangkat lunak sebagai pengumpul dan pemroses data (Simbolon, dkk, 2017). Total Station dirancang

untuk menjadi solusi survei dalam melakukan pekerjaan di dunia survei, sebab alat ini dapat mengukur jarak horizontal dan kemiringan, sudut dan ketinggian horizontal dan vertikal dalam survei topografi. Selain itu Total Station memiliki kemampuan dasar yang dapat melakukan pengukuran dengan rentang jarak jauh, cepat dan akurat. Total Station dengan fitur terkini bisa mengukur sudut dengan nilai ketelitian mencapai 0,5 *Arc-Second* (Rizki, 2020).

Data yang diperoleh dari pengukuran menggunakan Total Station yaitu data berupa sudut dan jarak, Total Station dilengkapi dengan *clip memory* sehingga data yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung dapat terekam dan tersimpan oleh memori internal Total Station yang selanjutnya dapat di download dan diekspor ke komputer pribadi untuk diolah secara *computerize*. Instrumen Total Station dapat dilihat pada gambar 2.8 (BPN, 2011).



Gambar 2.8. Instrumen Total Station (<https://bintangsurvey.com>)

Pengukuran sudut menggunakan Total Station pada dasarnya membutuhkan dua titik awal yaitu titik pertama sebagai referensi (*backsight*) dan titik kedua sebagai titik berdirinya Total Station, kemudian mengukur titik lain atau titik target bidikan (*Foresight*) untuk mencari sudut ukurannya. Dalam Total Station, untuk pengukuran jarak dilakukan dengan memanfaatkan sistem *Electronic Distance Meter* (EDM) (Simbolon, dkk, 2017). Sistem pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan data jarak suatu titik, Total Station memancarkan suatu gelombang pada suatu objek (*prisma*), kemudian objek tersebut akan memantulkan gelombang tersebut pada alat dan diterima kembali

pada alat. Kemudian *software* yang ada pada alat akan menghitung secara otomatis jarak antara alat dan objek.

Untuk spesifikasi alat Total Station sebagai berikut :
(<https://karyamandiritechindo.com>).

Features & Benefits Nikon DTM-322 Plus Total Station :

- Choice of 2 accuracies
- Standard IR EDM
- Distance accuracy of 3mm + 2ppm
- Distance range of up to 7,540 feet (2,300 meters) to single prism
- Internal memory of up to 25,000 records
- Conventional AA batteries (included in the package)
- Estimated power time of up to 6 to 15 hours
- Dual-axis compensator
- Dual face backlit graphic LCD display
- Compact & lightweight – 11 lbs. (5Kg)
- Internal Bluetooth
- Dual face, full numeric keyboard
- Versatile and economic

Specification Nikon DTM-322 Plus Total Station :

General

- Weight Main Unit with Batteries : 10.10 Lb, Carrying Case: 5.3 Lb.
- Dimensions : 6.6" x 6.8" x 13.2" (168mm x 173mm x 335mm)
- Warranty : 2 Years
- Protection Class : Dust and water protection – IP55
- Internal Memory : 25,000 Records
- Tribrach : Yes

Angle Measurement

- Measuring Method/Reading System Incremental encoder
- Detection Method : Photoelectric
- Minimum Reading 1 second/5 second/10 second
- Accuracy : 0.6 mgon
- Diameter of Circle : 3.46" (88mm)

Distance Measurement

- EDM Accuracy (Precision) : $\pm(3+2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$

Tilt Sensor/Compensator

- Range : $\pm 3'$
- Type : Single-axis

- Method : Liquid-electric detection Setting Accuracy ; $\pm 1''$

Battery/Power

- Power Source : 4 × AA rechargeable batteries
- Battery Life : Up to 15 hours

Telescope

- Length of Tube : 6.2 in (158 mm)
- Image : Erect
- Diameter of Objective Lens (Aperture) : 45 mm (1.77 in)
- Magnification : 33x (21x/41x with optional eyepieces)
- Field of View : $1^{\circ}20'$
- Resolving Power : 2.5"
- Minimum Focus Distance : 1.5 m (4.92 ft)

Display and Keypad

- Type : Graphic LCD display
- Sides : Dual face
- Keys : Full numeric keypads
- Backlight : Yes
- Pixels : 128 × 64 pixels

Measurement Range (under fair weather conditions)

- Single Prism : 2,000 m (6,560 ft)
- Triple Prism : 2,600 m (8,530 ft)
- Mini Prism : 1,000 m (3,280 ft)
- Reflector Sheet : 5 m to 100 m (16.4 ft to 328 ft)

Interface

- Bluetooth : Yes

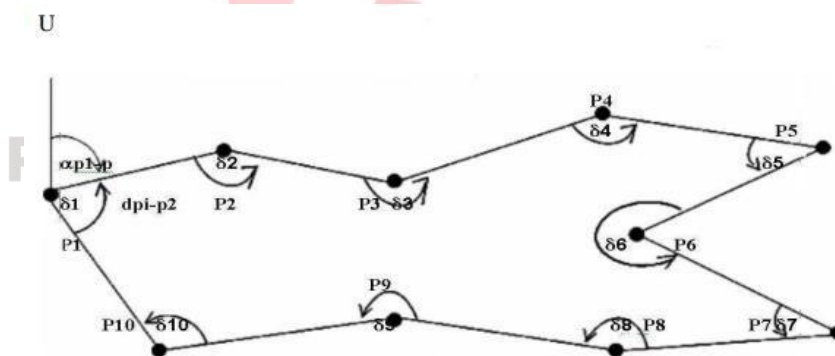
Standard Aksesoris :

- Total Station Nikon DTM-322 Plus
- 2 x Aluminium Tripod
- 1 x Prisma Polygon
- 1 x Range Pole
- 1 x Single Prism
- 1 x Cable Data
- 1 x Software Data
- Tribrach
- Rechargeable batteries & charger
- Clip-on battery holder
- Plug adapter set
- Carrying case

2.4. Pengukuran poligon Terbuka Terikat Sempurna

Menurut Sitihudaiyah (2014), Poligon adalah serangkaian baris yang berurutan yang panjang arahnya telah ditentukan dari pengukuran lapangan. Pengukuran dengan metode poligon merupakan metode penentuan posisi lebih dari satu titik dipermukaan bumi, yang terletak memanjang yang membentuk segi banyak, dan unsur-unsur yang diukur dalam pengukuran poligon adalah unsur sudut dan jarak, jika koordinat titik awal diketahui, maka titik-titik lain pada poligon tersebut dapat ditentukan koordinatnya ((Wiguna, 2010) (Syaifullah, 2014), 2010).

Pada dasarnya arti dari poligon yaitu rangkaian sebuah titik-titik secara berurutan, poligon sendiri memiliki dua jenis yaitu poligon tertutup dan poligon terbuka. Poligon tertutup adalah poligon yang memiliki syarat *geometris*, dan titik awal sama akhir bertemu dengan koordinat awal sama akhir memiliki nilai yang sama. Poligon tertutup dilakukan dari titik awal kemudian ke titik berikutnya dan Kembali ketitik awal, fungsi dari kembali ke titik awal adalah digunakan untuk mengoreksi besaran sudut pada tiap segi banyak tersebut. Dengan demikian poligon tertutup untuk koreksi sudut dan koreksi koordinat tetap dapat dilakukan walau tanpa titik ikat. Poligon tertutup dapat ditunjukkan pada gambar 2.9 (Sitihudaiyah, 2014).



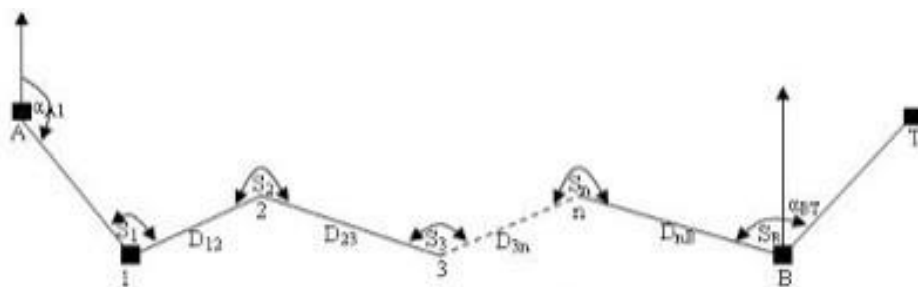
Gambar 2.9. Poligon Tertutup (Sitihudaiyah, 2014).

Untuk poligon terbuka bisa dikatakan kebalikan dari poligon tertutup yaitu poligon yang tidak memiliki syarat *geometris* dan titik awal sama akhir tidak bertemu, dengan demikian nilai koordinat titik awal sama akhir memiliki nilai yang berbeda. Dalam penelitian ini poligon yang digunakan yaitu poligon

terbuka terikat sempurna karena koordinat pada titik awal dan titik akhir sudah diketahui nilai koordinatnya, dari titik tetap itulah pengukuran diarahkan ke titik lain kemudian diukur sudut-sudut dan jarak pada titik tersebut (Sitihudaiyah, 2014).

Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data ukur meliputi koordinat acuan, azimuth, sudut horizontal, dan sudut vertikal. Data yang didapat dari pengukuran setiap titiknya ditulis pada tabel form pengukuran poligon, guna untuk menjadi data cadangan apabila ada kesalahan data dan hilangnya data pada instrumen. Kemudian digunakan untuk meminimalisir terjadinya kesalahan per titik *benchmark* dan menetapkan nilai koordinat pada titik sudut yang diukur, dan mengetahui jumlah koreksi kesalahan pada titik yang telah dilakukan pengamatan.

Dalam pengukuran poligon terbuka terikat sempurna agar mendapatkan hasil data yang lebih akurat dilakukan dengan metode tiga kaki, yang artinya satu kaki sebagai tempat berdirinya instrumen Total Station dan dua kaki yang lain berdiri sebagai target (*prisma*) tembakan dengan posisi berada di *foresight* dan *backsight*. Dan sebaiknya titik *backsight* tidak terlalu membentuk terlalu lancip dengan titik berdirinya alat dan tidak terlalu dekat. Ketelitian pengukuran tergantung pada kehandalan alat yang dipakai, batas kemampuan manusia, dan kondisi cuaca pada saat pengukuran. Poligon terbuka terikat sempurna ditunjukkan pada gambar 2.9 (Brinker, 1992 dalam Kuswadi, 2011).



Gambar 2.10. Poligon Terbuka Terikat Sempurna (Sitihudaiyah, 2014).

Keterangan:

A,1,B,T : titik tetap

2,3,...,n : titik yang akan ditentukan koordinatnya atau titik bantu

S1,S2,...Sn : sudut

$\alpha A1, \alpha BT$: azimuth awal dan azimuth akhir

Pengukuran poligon terbuka terikat sempurna adalah metode penentuan titik dari pengikat poligon yang telah diketahui azimuth awal dan azimuth akhir. Syarat poligon terbuka terikat sempurna adalah terdapat dua pasang titik yang diketahui koordinat pada awal dan akhir poligon (Syaifullah, 2014). Adapun syarat poligon terbuka terikat sempurna ada tiga, yaitu :

a. $\sum \beta + c = (\alpha_{akhir} - \alpha_{awal}) + n. 180$

b. $\sum D. \sin \alpha + c = x_{akhir} - x_{awal}$

c. $\sum D. \sin a + c = y_{akhir} - y_{awal}$



**POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL**