

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Benchmark

Benchmark (BM) merupakan suatu 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 instrument *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 RTK 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 keseluruhan.

Pembuatan desain titik-titik *benchmark* yang dibuat diusahakan 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 dan untuk standar patok BM.

2.1.1 Kriteria Peletakan BM

Adapun kriteria peletakan BM menurut (Putra, 2015)

1. Penentuan tempat patok BM berada pada tempat yang stabil dan aman dari jangkauan manusia ataupun binatang.
2. Patok harus berada pada tempat yang tidak mengganggu aktivitas umum.
3. Patok harus berada pada tempat yang mudah dijangkau dan mudah dicari
4. Patok harus berada pada tempat yang kira-kira steril dari pembangunan- pembangunan yang akan datang.

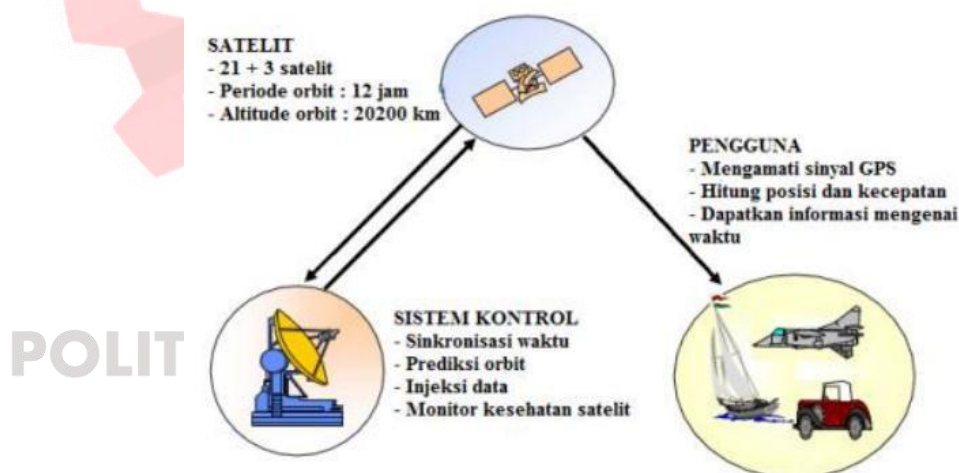
2.2 Penentuan Koordinat BM

2.2.1 Penentuan Benchmark dengan menggunakan GPS Geodetik

Global Navigation Satellite System (GNSS) merupakan suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu serta lokasi, memancarkan berbagai macam sinar dalam berbagai frekuensi secara terus-menerus, yang tersedia disemua lokasi diatas permukaan bumi (Nugraha, A. L. Naryoko, 2019). GNSS yang paling dikenal saat ini adalah GPS (*Global Positioning System*). GPS merupakan penentuan radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat (Nugraha, A. L. Naryoko, 2019). Sistem yang banyak digunakan oleh semua orang secara bersamaan dalam semua kondisi cuaca, sehingga GPS dirancang untuk memberikan informasi posisi, maupun kecepatan tiga dimensi secara teliti, dan informasi berupa waktu yang diteliti seluruh dunia. Pada dasarnya konsep dasarnya penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi jarak, yaitu pengukuran jarak secara simultan kebeberapa satelit yang

koordinatnya diketahui (Abidin, 2007 dalam Yuwono & Apsandi, 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 pemitor dan pengontrol satelit. Dan segmen pengguna (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengelola sinyal data dan GPS (Mufid, 2017). Pengamatan menggunakan GPS lebih simple 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 2.1.



Gambar 2.2. 1 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 & Apsandi, 2018). Dengan memanfaatkan sinyal satelit, kemudian *receiver* GPS sangat mengikat kebelakang ketitik base yang telah ditentukan, sehingga GPS *receiver* yang digunakan minimal dua receiver

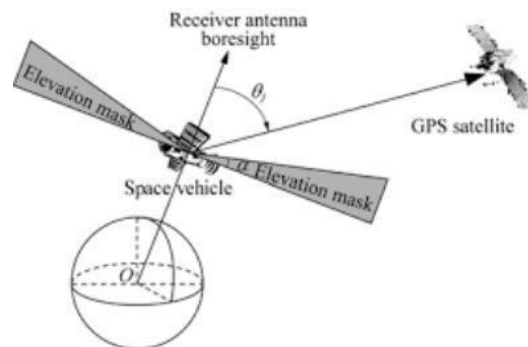
GPS terhadap pusat bumi terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (stasiun referensi) untuk melakukan pengamatan posisi menggunakan GPS agar dapat membentuk pola *triangle* atau segitiga sehingga setiap pengambilan data langsung saling koreksi satu sama lain dan hasil yang didapatkan lebih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

2.2.1.1 Faktor pengaruh pada pengamatan GPS Geodetik

Pada pengamatan menggunakan GPS Geodetik terdapat beberapa factor yang dapat mempengaruhi dari tingkat ketelitian dan akurasi data pengukuran. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi pada 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 2.2.



Gambar 2.2.1. 1 Pengertian Mark Angel (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, tanbak, dan kendaraan. *Multipath* merupakan fenomena dimana sinyal dari satelit tiba diantena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda.

3. *Interferensi listrik*

Lokasi yang akan dipilih untuk titik-titik GPS sebaiknya juga relatif dijauhkan dari objek-objek yang dapat menimbulkan *interferensi listrik* 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.

2.2.1.2 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, 2019). 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 relative terhadap titik lain yang telah diakui 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 static (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 kinematic 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* nya bersangkutan diam beberapa saat di titik-titik tersebut.

2.3 Penentuan Benchmark dengan menggunakan Total Station

Total station merupakan suatu alat yang dikombinasi alat *electronic theodolite*, *Electronic Distance Meters (EDM)*, dan perangkat lunak sebagai pengumpul dan proses data (Simbolon et al., 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 seta 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 chip memory sehingga

data yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung dapat terekam dan tersimpan oleh memory internal Total Station yang selanjutnya dapat didownload dan diekspor ke komputer pribadi untuk diolah secara *computerize*.

Pengukuran sudut menggunakan total station pada dasarnya membutuhkan dua titik awal yaitu pertama sebagai referensi (*backsight*) dua 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 et al., 2017). Sistem pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan 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.

2.4 Penggunaan GPS RTK dan Resection

2.4.1 Penggunaan RTK (*Real Time Kinematik*)

Putra dan Khosim (2013) menerangkan bahwa salah satu teknologi pemetaan yang mulai dikembangkan di Indonesia yaitu GNSS (*Global Navigation Sattelite System*) jenis *Real Time Kinematik*. Single base RTK merupakan pengamatan secara differensial dengan minimal menggunakan dua *receiver* GNSS yang bekerja secara simultan dengan menggunakan data *phase*. Koreksi data dikirimkan secara satu arah dari *base station* kepada *rover* melalui transmisi radio. GPS differensial adalah pengukuran secara presisi dari posisi relatif dua receiver yang melakukan pemantauan terhadap sinyal GPS yang sama. Pengukuran dengan cara ini lebih akurat dibandingkan dengan pengukuran GPS standar (Badan Pertanahan Nasional 2011).

Keterbatasan dari metode RTK (*Real Time Kinematik*) ini ialah semakin panjang base line antara rover dengan stasiun referensi, maka tingkat ketelitiannya akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh adanya kesalahan perlambatan sinyal satelit GNSS akibat pengaruh ionosfer atau biasa disebut *distance dependent* yang semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh jarak yang semakin jauh antara rover dengan stasiun referensi sehingga proses pemecahan resolusi ambiguitas (*ambiguity resolution*) antara base station dengan rover sulit dilakukan (Badan Pertanahan Nasional 2011).

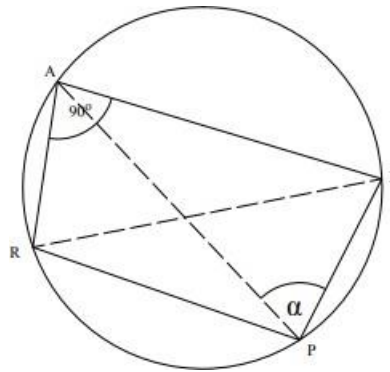
2.4.2 Penggunaan Resection

Pengikatan kebelakang atau Resection merupakan suatu metode penentuan posisi sebuah titik terhadap dua buah atau lebih titik yang diketahui koordinatnya. Bedanya pada pengikatan kemuka adalah pada metode ini alat berdiri pada titik yang akan ditentukan posisinya. Sudut yang diukur adalah sudut alfa dan beta. Ada dua metode perhitungan yang populer yaitu Collins dan Cassini.

A. Prosedur pengikatan kebelakang metode Cassini

Dari data yang telah tersedia diantaranya adalah koordinat titik A, B dan C, serta sudut mendatar α dan β yang diperoleh dari pengukuran dilapangan, selanjutnya cara hitungan Cassini diperlukan dua tempat kedudukan sebagai titik bantu, misalkan kedua titik tersebut adalah titik R dan S. Cassini membuat garis yang melalui titik A dibuat tegak lurus pada AB dan garis ini memotong tempat kedudukan yang melalui A dan B dititik R.

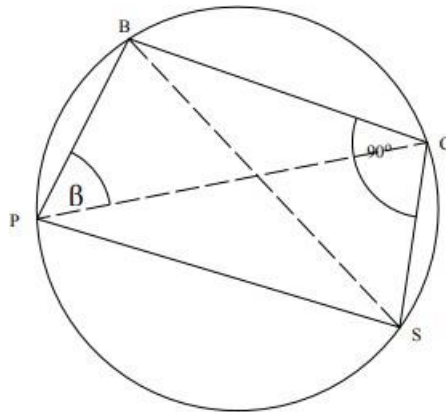
Karena segitiga BAR adalah 90° maka garis BR menjadi garis tengah lingkaran, sehingga segitiga BPR menjadi 90° pula.



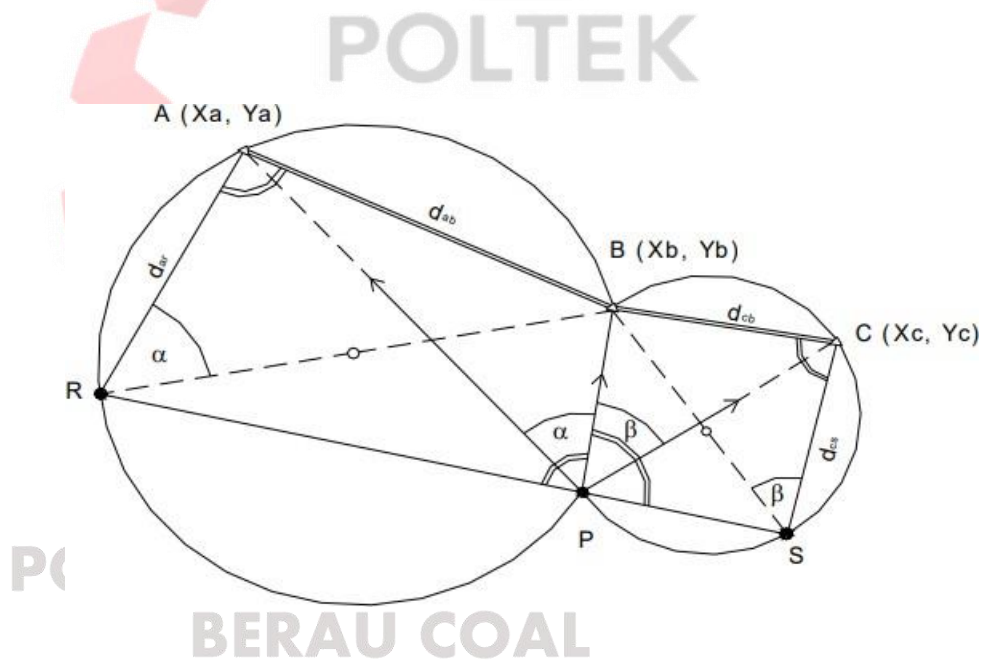
Gambar 2.4. 1 Lingkaran yang menghubungkan titik A,B,R dan P

Demikian pula dibuat garis lurus melalui titik C tegak lurus pada BC dan garis ini memotong tempat kedudukan yang melalui titik B dan C di titik S. BS pun merupakan garis tengah lingkaran, jadi segitiga BPS sama dengan 90° . Karena segitiga BPR sama dengan 90° sehingga BPS sama dengan 90° . hubungkanlah titik R, titik P dan titik S. maka titik R, titik P dan titik S tersebut akan terletak pada satu garis lurus, karena sudut yang dibentuk oleh BPR dan BPS adalah 90° . Titik R dan S dinamakan titik-titik penolong Cassini, yang membantu dalam menentukan koordinat titik P

Terlebih dahulu akan dicari koordinat-koordinat titik penolong Cassini R dan S agar dapat dihitung sudut jurusan garis RS karena PB tegak lurus terhadap RS maka didapat pula sudut jurusan PB. Sudut jurusan PB digunakan untuk menghitung koordinat titik P dari koordinat B.



Gambar 2.4. 2 Lingkaran yang menghubungkan titik B,C S dan P



Gambar 2.4. 3 Cara pengikatan kebelakang metode Cassini

Rumus umum yang digunakan adalah :

$$x_2 - x_1 = d_{12} \sin \alpha_{12}$$

$$y_2 - y_1 = d_{12} \cos \alpha_{12}$$

$$d_{12} = \frac{(x_2 - x_1)}{\sin \alpha_{12}}$$

$$d_{12} = \frac{(y_2 - y_1)}{\cos \alpha_{12}}$$

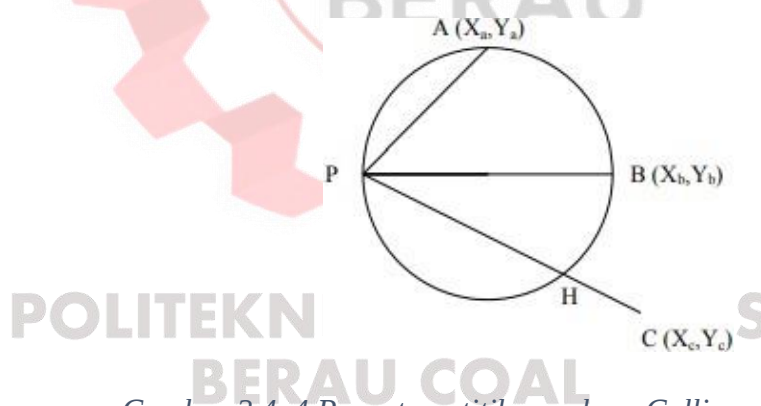
$$x_2 - x_1 = (y_2 - y_1) \operatorname{tg} \alpha_{12}$$

$$y_2 - y_1 = (x_2 - x_1) \cotg \alpha_{12}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{12} = \frac{(x_2 - x_1)}{(y_2 - y_1)}$$

B. Prosedur pengikatan kebelakang metode Collins

Dari data yang telah tersedia diantaranya adalah koordinat titik A, B dan C, serta sudut α dan β yang diperoleh dari pengukuran di lapangan, selanjutnya menentukan daerah lingkaran yang melalui titik A, B dan P dengan jari-jari tertentu, lingkaran tersebut merupakan suatu cara yang membantu dalam proses perhitungan, yang pada kenyataannya tidak terdapat di lapangan. titik C berada di luar lingkaran, tarik garis yang menghubungkan titik P terhadap titik C. Sehingga garis PC memotong lingkaran, titik perpotongan itu kita sebut sebagai titik penolong Collins yaitu titik H.



Gambar 2.4. 4 Penentuan titik penolong Collins

Titik P kemudian kita cari dengan metode pengikatan ke muka melalui basis AB. Perhitungan diawali terlebih dahulu dengan menghitung koordinat titik penolong H. Setelah diketahui azimuth-azimuth lain maka kita akan memperoleh sudut bantu γ . Dari rumus tersebut maka akan diperoleh azimuth AP dan BP. Jarak d_{ap} dan d_{bp} di peroleh melalui persamaan sinus sudut terhadap jarak. Titik P selanjutnya di peroleh melalui pengikatan ke muka dari A dan B. dengan demikian hitungan Collins untuk

mengikat cara ke belakang di kembalikan ke hitungan dengan cara ke muka yang harus di lakukan dua kali. Yaitu satu kali untuk mencari koordinat-koordinat titik penolong Collins H dan satu kali lagi untuk mencari koordinat-koordinat titik P sendiri. Untuk menentukan titik penolong Collins H dan titik yang akan dicari yaitu titik P, dapat dicari baik dari titik A atau titik B.

Koordinat target dapat di peroleh dari titik A dan B. Absis target sama dengan jarak A terhadap target dikalikan dengan sinus azimuth A terhadap target kemudian ditambahkan dengan absis titik A. Ordinat target sama dengan jarak A terhadap target dikalikan dengan cosinus azimuth A terhadap target ditambahkan dengan ordinat titik A. Absis target sama dengan jarak B terhadap target dikalikan dengan sinus azimuth B terhadap target kemudian di tambahkan dengan absis titik B. Ordinat target sama dengan jarak B terhadap target dikalikan dengan cosinus azimuth B terhadap target kemudian di tambahkan dengan ordinat titik B. Nilai koordinat target merupakan nilai koordinat rata-rata yang di peroleh dari titik A dan B.

2.5 Penulisan Penelitian Terdahulu

“Analisis perbandingan pengukuran GPS geodetik dengan total station dalam pembuatan Benchmark di Politeknik Sinar Mas Berau Coal”

Politeknik Sinar Mas Berau Coal merupakan sebuah instansi pendidikan yang memiliki sistem pembelajaran di Politeknik Sinar Mas Berau Coal lebih banyak di praktek, oleh sebab itu banyak hal yang harus dipersiapkan oleh Politeknik Sinar Mas Berau Coal untuk menunjang keberlangsungan praktikum, diantaranya keberadaan titik benchmark juga sangat dibutuhkan dalam praktikum mahasiswa program studi Survei dan Pemetaan. Karena segala praktikum pengukuran dalam bidang survei pasti memerlukan benchmark, namun sampai saat ini Politeknik Sinar Mas Berau Coal masih belum memiliki benchmark yang sudah memiliki nilai koordinat fixed. Dengan demikian Politeknik Sinar Mas Berau Coal merupakan lokasi yang tepat untuk melakukan

penelitian sekaligus penentuan benchmark yang bermanfaat kedepannya untuk Politeknik Sinar Mas Berau Coal.

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini merupakan metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan jenis penelitian yang spesifikasinya adalah sistematis, terencana dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya (Tri, 2015).

. Sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada 4 (empat) titik benchmark yang didapatkan, yaitu BM1, BM2, BM3, dan BM4 dari pengamatan GPS Geodetik. Masing-masing BM sudah memiliki nilai koordinat yang fixed, dan dapat digunakan sebagai referensi pengukuran selanjutnya. nilai koordinat benchmark fixed yang didapat dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel nilai koorniat *benchmak fixed*

Tabel 2. 1 Nilai Koordinat benchmark fixed (Hidayat, 2021)

NO	Nama	X	Y	Z
1	BM1	550115.302	236178.145	34.000
2	BM2	550120.786	236229.387	33.235
3	BM3	550243.876	236263.132	23.283
4	BM4	550284.324	236292.452	24.224