

BAB I

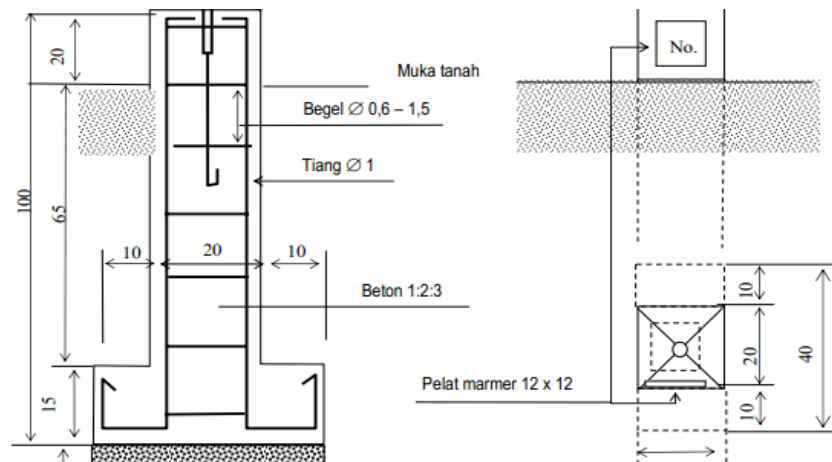
TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Patok *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 2.1, dan untuk standar patok BM ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2. 1 Standar Patok *Benchmark*, Menteri Perumahan dan Prasarana, 2004)



Gambar 2. 2 Patok *Benchmark* (BM02)

1.2 Penentuan *Benchmark* 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*).

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.

1.2.1 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.

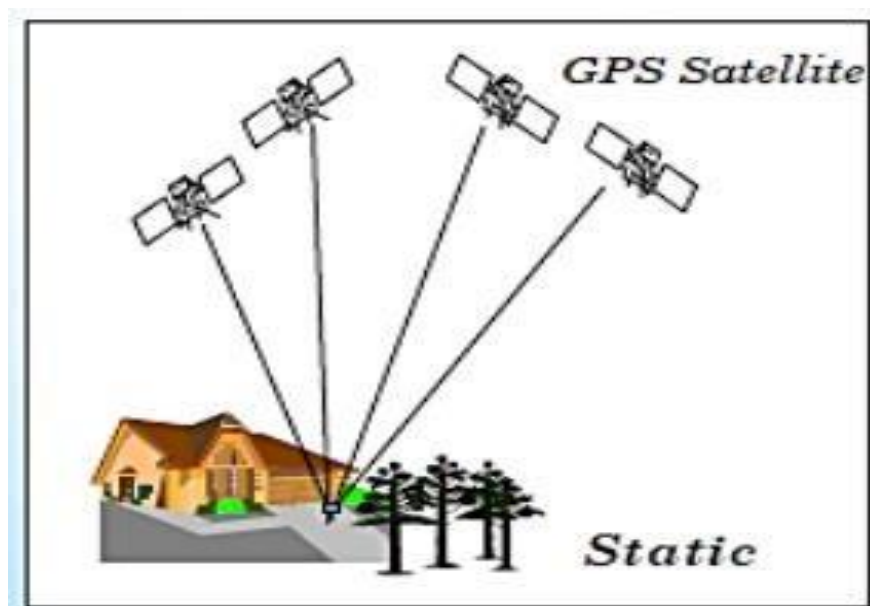
f.) Stop and GO

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. 1 Metode penentuan posisi dengan gps (abidin, 2007 dalam fitrianto, 2016)

Metode	Absolut (1 receiver)	Diferensial (2 receiver)	Titik	Receiver
<i>Static</i>	√	√	Diam	Diam
<i>Kinematic</i>	√	√	Bergerak	Bergerak
<i>Rapid Static</i>		√	Diam	Diam (singkat)
<i>Pseudo-Kinematic</i>		√	Diam	Diam dan Bergerak
<i>Stop-And-Go</i>		√	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 2.7.)



Gambar 2. 4 Penentuan Posisi Metode Statik (Abidin, 2006 Dalam Hadi, 2018)

1.3 Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang 1996). Berdasarkan definisi tersebut deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut maupun relatif. Dikatakan titik bergerak absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri, dan dikatakan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain. Perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada umumnya mengacu kepada suatu sistem kerangka referensi (absolut atau relatif). Untuk mengetahui sifat deformasi yang terjadi dibutuhkan informasi mengenai status geometrik dari materi berupa posisi, bentuk, dan dimensi yang dapat diperoleh melalui analisis geometrik menggunakan data hasil pengamatan geodetik terhadap gaya respon suatu benda terhadap gaya deformasi (Haqqi dkk. 2015).

Deformasi dapat terjadi secara perlahan, atau juga secara mendadak. Dalam beberapa kejadian, deformasi berkisar dalam beberapa sentimeter per tahun. Perubahan deformasi yang bersifat mendadak biasanya diikuti dengan perubahan fisik yang nyata dan dapat diketahui secara langsung besar dan kecepatan penurunannya. Namun untuk deformasi yang bersifat perlahan diketahui setelah kejadian yang berlangsung lama, besar penurunannya bisa ditentukan dengan mekanisme secara periodic (Ardiansyah 2012).

Deformasi secara tidak langsung memadatkan struktur tanah yang belum padat menjadi padat yang umumnya terjadi pada daerah berupa rawa, delta, endapan banjir dan sebagainya yang di alihkan fungsi tataguna lahannya tanpa melakukan rekayasa tanah terlebih dahulu. Salah satu penyebab utama terjadinya deformasi

adalah beban berat yang ada diatas bumi seperti struktur bangunan yang membuat lapisan tanah di bawahnya mengalami kompaksi atau konsolidasi (Kurniawan 2013). Konsolidasi tanah merupakan salah satu masalah utama dalam studi geomekanik. Salah satu masalah mengenai konsolidasi tanah yang paling terkenal adalah Menara Pisa yang mengalami kegagalan pondasi. Menara ini dibangun diatas pondasi tanah yang tidak stabil, sehingga sebelum menara ini selesai dibangun, menara ini sudah mengalami kemiringan. Permasalahan konsolidasi sering ditemui pada bangunan, misalnya retak pada dinding. Retak ini umumnya terjadi karena pondasi rumah mengalami *settlement* yang kemudian menyebabkan terjadinya tegangan tarik pada dinding bangunan.

1.4 Sistem Tinggi

Tinggi adalah jarak vertikal atau jarak tegak lurus dari suatu bidang referensi tertentu terhadap suatu titik sepanjang garis vertikal. Untuk suatu wilayah biasa MLR ditentukan sebagai bidang referensi dan perluasan kedaratan akan disebut dengan datum atau geoid (Anjasmara, 2005).

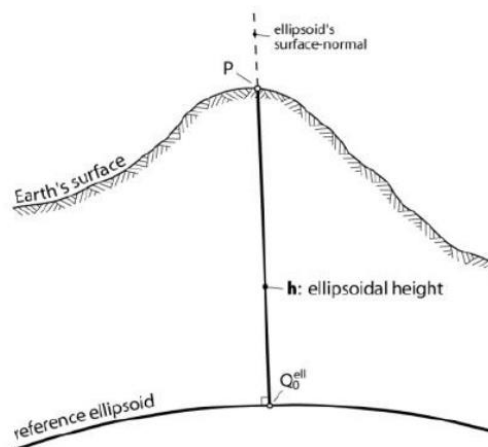
Informasi tinggi yang ada di permukaan bumi dapat didefinisikan menjadi tiga jenis utama tinggi, yaitu :

- 1) Tinggi Ellipsoid
- 2) Tinggi Dinamis
- 3) Tinggi Orthometris
- 4) Tinggi Normal

1.4.1 Tinggi Ellipsoid

Tinggi ellipsoid adalah tinggi yang diperoleh dengan sedikit hubungan dengan gravitasi bumi. Sistem tinggi ini digunakan oleh sistem pengamatan yang dilakukan menggunakan GPS. Tinggi ellipsoid adalah jarak garis lurus yang diambil sepanjang bidang ellipsoid normal dari permukaan geometris yang diambil dari referensi ellipsoid ke titik tertentu (W. E. Featherstone, 2006).

Ketinggian titik yang diberikan oleh GPS adalah ketinggian titik di atas permukaan ellipsoid, yaitu ellipsoid WGS (*World Geodetic System*) 1984 (Abidin, 2002). Tinggi ellipsoid (h) tersebut tidak sama dengan tinggi orthometrik (H) yang umum digunakan untuk keperluan praktis sehari-hari yang biasa diperoleh dari pengukuran sipat datar (*levelling*). Tinggi ellipsoid suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas ellipsoid dihitung sepanjang garis normal ellipsoid yang melalui titik tersebut.



Gambar 2. 5 Tinggi ellipsoid h : Jarak garis lurus yang diambil sepanjang bidang ellipsoid normal ke titik tertentu Q_0^{ell} diatas permukaan bumi yang memiliki referensi ellipsoid ke titik tertentu (P. E. Featherstone, 2006).

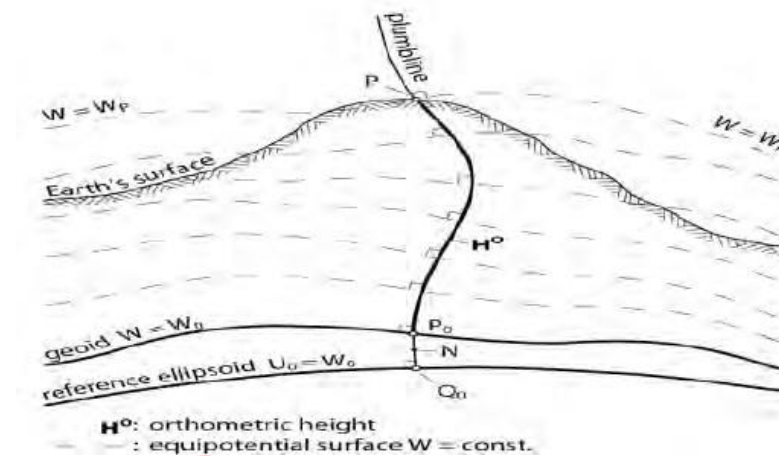
1.4.2 Tinggi Dinamis

Sistem tinggi dinamik memiliki hubungan yang sangat kuat dengan sistem geopotensial, sistem ini pernah dikembangkan oleh Helmert (1884). Pada tinggi dinamis, gaya berat rata – rata diambil suatu harga berat normal standar bagi daerah yang bersangkutan, yaitu harga gaya berat normal yang dekat dengan nilai harga gaya berat rata –rata di daerah itu. Untuk tinggi dinamis global, harga gaya berat normal pada lintang 45° . Untuk Indonesia bisa ditentukan harga gaya berat normal di ekuator dengan sistem referensi GRS – 1967 yaitu : 978,032 gal. (Irawan Syafri, 1990).

Nilai geopotensial didefinisikan sebagai nilai konstanta. Tinggi dinamis menyerap karakter yang sama, hal yang membedakan adalah tinggi dinamis memiliki dimensi jarak. Dengan kata lain tinggi dinamis tidak memiliki nilai geografis, melainkan hanya memiliki nilai kuantitas fisik bumi (*Physical Quantity*). (Heiskanen and Moritz, 1967; Jakeli, 2000).

1.4.3 Tinggi Ortometrik

Tinggi ortometris suatu titik adalah jarak geometris yang diukur sepanjang unting – unting (*PlumbLine*) antara geoid ke titik tersebut (Irawan Syafri, 1990). Tinggi ortometris ini merupakan tinggi yang secara umum dimengerti dan paling banyak digunakan. Lain dengan tinggi dinamis, tinggi ortometrik ini memiliki nilai geometris. Permukaan geoid referensi sangat unik hal ini dikarenakan satu bidang equipotensial yang merupakan bidang yang memiliki nilai gravitasi tunggal sama dengan permukaan laut di lautan terbuka. Dalam praktik tinggi ortometrik sangat sulit direalisasikan, karena untuk merealisasikan hal yang perlu diketahui adalah arah tegak lurus dari percepatan gravitasi terhadap permukaan disemua titik yang berada sepanjang jarak tersebut.

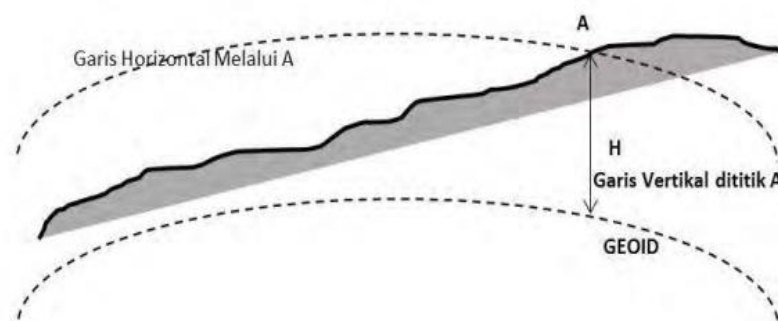


Gambar 2. 6 Ilustrasi Tinggi Ortometrik (W. E. Featherstone, 2006)

Ada beberapa metode untuk mendapatkan harga undulasi geoid diantaranya adalah dengan metoda geometrik. Pada metode geometrik undulasi geoid dihitung dari kombinasi data ketinggian posisi satelit dengan ketinggian dan pengukuran sipat datar (*Levelling*). Tinggi orthometrik suatu titik dipermukaan bumi dapat didefinisikan sebagai jarak geometrik antara titik tersebut dipermukaan bumi dengan titik pasangannya di permukaan geoid dan diukur sepanjang garis unting – unting (*Plumbline*).

1.5 Kerangka Kontrol Vertikal

Tinggi adalah perbedaan vertikal atau jarak tegak dari suatu bidang referensi yang telah ditentukan terhadap suatu titik sepanjang garis vertikalnya. Untuk suatu negara biasanya muka air laut rata-rata (MSL) ditentukan sebagai bidang referensinya, apabila MSL sebagai bidang referensinya maka perluasannya ke daratan disebut geoid/datum. (Nurjati, na).



Gambar 2. 7 Tinggi Titik di Atas Permukaan Tanah (Anjasmara, 2005)

1.5.1 Pengukuran Tinggi

Pengukuran tinggi merupakan penentuan beda tinggi antara dua titik. Pengukuran beda tinggi dapat ditentukan dengan tiga metode, yaitu:

- 1) Metode Pengukuran Sipat Datar
- 2) Metode Trigonometris
- 3) Metode Barometris

Berikut pengertian metode pengukuran tinggi :

- 1) Pengukuran beda tinggi metode sipat datar adalah proses penentuan ketinggian dari sejumlah titik atau pengukuran perbedaan elevasi. Tujuan dari pengukuran sipat datar adalah mencari beda tinggi antara dua titik yang diukur.
- 2) Pengukuran beda tinggi metode trigonometris prinsipnya adalah mengukur jarak langsung (jarak miring), tinggi alat, tinggi benang tengah rambu dan sudut vertikal (zenith atau inklinasi) yang kemudian direduksi menjadi informasi beda tinggi menggunakan alat theodolite.
- 3) Pengukuran beda tinggi metode barometris prinsipnya adalah mengukur beda tekanan atmosfer suatu ketinggian menggunakan alat barometer yang kemudian direduksi menjadi beda tinggi.

Tingkat ketelitian yang paling tinggi dari ketiga metode tersebut adalah dengan metode pengukuran sipat datar, kemudian trigonometris dan terakhir adalah barometris. Pada prinsipnya ketiga metode tersebut layak dipakai bergantung pada situasi dan kondisi lapangan, namun karena mempertimbangkan faktor ketelitian yang didapatkan dari ketiga metode tersebut maka metode pengukuran sipat datar merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini.

1.5.2 Prinsip Pengukuran Beda Tinggi Sipat Datar

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat sipat datar (*waterpass*). Alat didirikan pada suatu titik yang diarahkan pada dua buah rambu yang berdiri vertikal, maka beda tinggi dapat dicari dengan melakukan pengurangan antara bacaan muka dan bacaan belakang.

Prinsip penentuan beda tinggi dengan sipat datar menggunakan garis bidik sebagai garis datar I, di titik A dan B didirikan rambu ukur secara tegak. Jarak vertikal rambu di titik A (AA1) dan BB1 dapat diukur. Pada titik A dan B angka rambu adalah nol, bila AA1 = a dan BB1 = b, maka beda tinggi A dan B (ΔH_{AB}) adalah :

$$\Delta H_{AB=b-a}$$

Dimana :

ΔH_{AB} = Beda Tinggi A dan B

a = Tinggi B

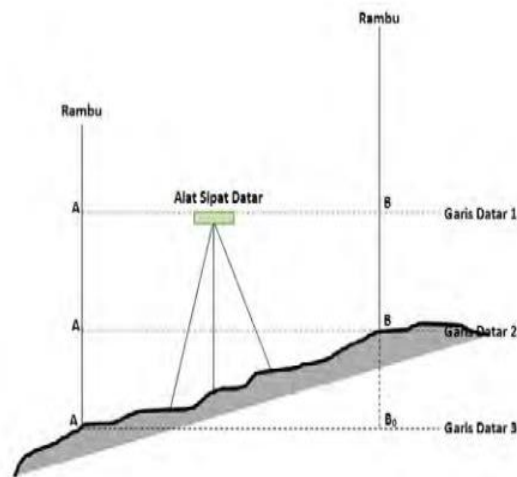
b = Tinggi A

Bila :

$\Delta H_{AB} = 0$, maka A dan B mempunyai tinggi yang sama

$\Delta H_{AB} > 0$, maka A lebih rendah dari B

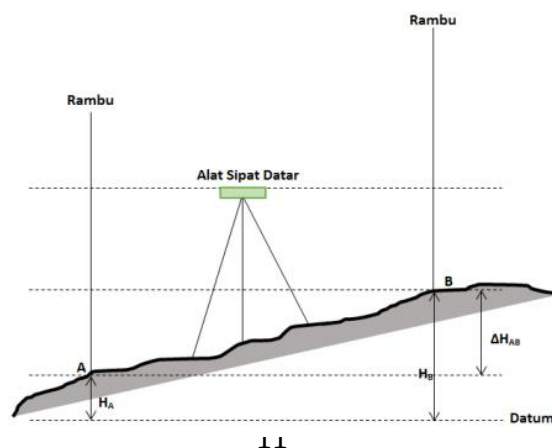
$\Delta H_{AB} < 0$, maka A lebih tinggi dari B



Gambar 2. 8 Prinsip Pengukuran Beda Tinggi (Anjasmara, 2005)

1.5.3 Cara Penentuan Beda Tinggi Sipat Datar

Berikut merupakan cara menentukan beda tinggi dengan menggunakan alat waterpass. Alat diletakkan di antara dua buah rambu yang vertikal, cara ini digunakan pada pengukuran sipat datar memanjang dan pada daerah yang relatif datar.



Gambar 2. 9 Cara Pengukuran Beda Tinggi (dari Nurjati,na)

$$\Delta H_{AB=H_B} - H_A \rightarrow \Delta H_{AB} = BT_B - BT_A$$

Dimana:

ΔH_{AB} : Beda Tinggi Antara Titik A dan Titik B

HB : Tinggi Titik A

HA : Tinggi Titik B

BTB : Bacaan Tengah Titik A

BTA : Bacaan Tengah Titik B

1.5.4 Sipat Datar Memanjang

Sipat datar memanjang adalah suatu pengukuran yang bertujuan untuk mengetahui ketinggian titik-titik sepanjang jalur pengukuran dan pada umumnya digunakan sebagai kerangka vertikal bagi suatu daerah pemetaan. Hasil yang didapatkan dari pengukuran ini adalah ketinggian titik-titik kerangka. Titik kerangka vertikal pada umumnya memiliki ketelitian yang tinggi, oleh karena itu banyak persyaratan yang harus dipenuhi pada saat pengukuran.

A. Cara Pengukuran :

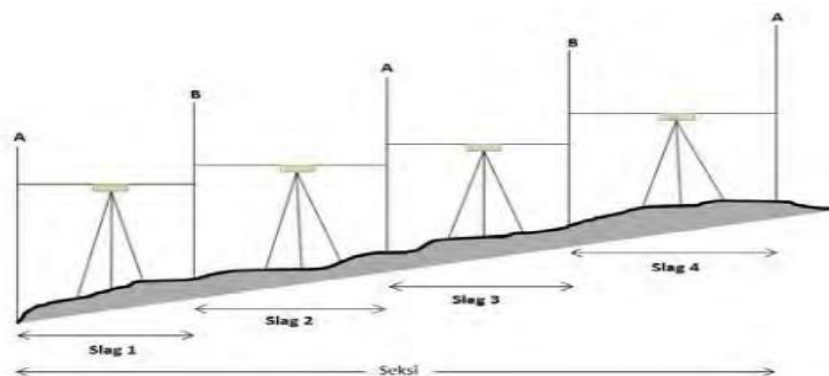
- 1) Letakkan alat sipat datar antara titik A dan B (+ jarak ke A = jarak ke B)
- 2) Letakkan rambu ukur di titik A dan B
- 3) Baca rambu A : BA, BT, BB
- 4) Baca rambu B : BA, BT, BB
- 5) Hitung beda tinggi A dan B
- 6) Hitung jarak AB = dA + dB

Dimana :

dA = jarak antara alat dengan titik A = (BAA – BBA) x 100

dB = jarak antara alat dengan titik B = (BAB – BBB) x 100

- 7) Pada slag berikutnya rambu A menjadi bacaan rambu muka
- 8) sedangkan rambu B menjadi bacaan rambu belakang.



Gambar 2. 10 Pengukuran Sipat Datar Memanjang (Anjasmara, 2005)

B. Istilah – Istilah :

- 1 slag adalah satu kali alat berdiri untuk mengukur rambu muka dan rambu belakang
- 1 seksi adalah suatu jalur pengukuran sepanjang + 2 Km yang terbagi dalam slag yang genap dan diukur pulang pergi dalam waktu 1 hari
- 1 kring/sirkuit adalah suatu pengukuran sipat datar yang sifatnya tertutup sehingga titik awal dan titik akhirnya adalah sama.

C. Syarat Pengukuran:

1. Alat berada ditengah antara dua rambu
2. Baca rambu belakang (b), baru kemudian dibaca rambu muka (m)
3. Seksi dibagi dalam slag berjumlah genap
4. Pengukuran dapat dilakukan dengan cara pergi pada pagi hari dan pulang pada siang hari atau dengan cara double stand, dimana selisih beda tinggi stand 1 dan 2 maksimum 2 mm
5. Jumlah jarak muka = jumlah jarak belakang

$$Tg \alpha = \frac{(b1' - m1') - (b2' - m2')}{(db1 - dm1) - (db2 - dm2)}$$

Dimana :

α = kesalahan tengah belakang posisi I

$b1'$ = benang tengah belakang posisi I

$m1'$ = benang tengah muka posisi I

$b2'$ = benang tengah belakang posisi II

$m2'$ = benang tengah posisi II

$db1$ = jarak belakang posisi I

dm_1 = jarak muka posisi I

db_2 = jarak belakang posisi II

dm_2 = jarak muka posisi II

1.5.5 Sipat Datar Profil Memanjang

Pelaksanaan pengukuran sipat datar profil memanjang tidak jauh berbeda dengan sipat datar memanjang, yaitu melalui jalur pengukuran yang nantinya merupakan titik ikat bagi sipat datar profil melintangnya, sehingga mempunyai ketentuan sebagai berikut :

- Pengukuran harus dilakukan sepanjang garis tengah jalur pengukuran dan dilakukan pengukuran pada setiap perubahan yang terdapat pada permukaan tanah
- Data ukuran jarak dengan pita ukur dan dicek dengan jarak optis.



Gambar 2. 11 Profil Memanjang Tampak Atas (dimodifikasi dari Nurjati, na)

1.6 Sipat Datar (*Waterpass*)

Alat sipat datar digunakan untuk mendapatkan garis lurus mendatar garis bidik (garis penghubung lurus pusat objektif teropong dengan perpotongan benang silang diafragma) (Nurjati,an).



Gambar 2. 12 Sipat Datar (*Waterpass*) B40A, (Indosurta Group)

Pada dasarnya alat sipat datar dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu:

1. Teropong, membidik rambu (dengan garis bidik) dan memperbesar bayangan rambu.
2. Nivo tabung, diletakkan pada teropong untuk mengatur garis bidik mendatar.
3. Kiap (*levelling base atau base plate*) padanya terdapat sekrup-sekrup krap (umumnya tiga buah) dan nivo kotak yang digunakan untuk menegakkan sumbu tegak teropong.

Seperti pada theodolite, teropong pada alat sipat datar terdiri dari tiga tabung ada pula yang terdiri dari dua tabung. Di dalamnya terdapat lensa objektif, lensa penolong (untuk teropong dengan dua tabung) dan benang silang untuk benang diafragma yang terletak pada bidang diafragma. Bidang diafragma umumnya berbentuk layer tembus pandang dan benang-benang silang diafragma digoreskan pada lempeng kaca tersebut. Teropong sipat datar dihubungkan dengan sumbu putar yang disebut sumbu tegak (sumbu kesatu) yang memungkinkan teropong dapat diagezer horizontal (Supadiningsih, 2004)

Waterpass adalah suatu alat ukur tanah yang dipergunakan untuk mengukur beda tinggi antara titik-titik saling berdekatan. Beda tinggi tersebut ditentukan dengan garis-garis visir (sumbu teropong) horizontal yang ditunjukan ke rambu-rambu ukur yang vertikal. Pengukuran yang menggunakan alat ini disebut dengan levelling. Pekerjaan ini dilakukan dalam rangka penentuan tinggi suatu titik yang akan ditentukan ketinggiannya berdasarkan suatu sistem referensi atau bidang acuan. Sistem referensi atau acuan yang digunakan adalah tinggi muka air laut rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) atau sistem referensi lain yang dipilih. Sistem referensi ini mempunyai arti sangat penting, terutama dalam bidang perairan, misalnya irigasi, hidrologi, dan sebagainya.

Untuk menentukan ketinggian suatu titik di permukaan bumi tidak selalu harus mengukur beda tinggi dari muka laut (MSL), namun dapat dilakukan dengan titik-titik tetap yang sudah ada disekitar lokasi pengukuran. Titik-titik tersebut umumnya telah diketahui ketinggiannya maupun kordinatnya (X, Y, Z) yang disebut *Benchmark* (BM). *Benchmark* merupakan suatu tanda yang jelas (mudah ditemukan) dan kokoh dipermukaan bumi yang berbentuk tugu atau patok beton sehingga terlindung dari faktor-faktor pengrusakan. Manfaat penting lainnya dari pengukuran levelling ini adalah untuk kepentingan proyek-proyek yang berhubungan dengan pekerjaan tanah misalnya untuk menghitung volume galian dan timbunan.

Dalam melakukan pengukuran sipat datar dikenal adanya tingkat-tingkat ketelitian sesuai dengan tujuan proyek yang bersangkutan. Hal ini dikarenakan

pada setiap pengukuran akan selalu terdapat kesalahan-kesalahan. Fungsi tingkat-tingkat ketelitian tersebut adalah batas toleransi kesalahan pengukuran yang diperbolehkan. Untuk itu perlu diantisipasi kesalahan tersebut agar di dapat suatu hasil pengukuran untuk memenuhi batasan toleransi yang telah ditetapkan.



Tabel 2. 2 Spesifikasi Sokkia B40 Automatic Level

Telescope	Fokus Minimum	Kompensator	Tingkat Edaran	Lingkaran Horizontal	Umum
Panjang 215 mm (8,46in)	0,2 (7,9in) Dari ujung teleskop	Jenis: Kompensator Penduluan dengan sistem redaman magnetik	Sensitivitas: 10 ' / 2mm	Diameter 103mm (4,1in)	Horizontal motion drive: clamppess tak berujung , tombol- tombol dua sisi
Pembesaran 24x	0,3M (1ft) dari pusat instrumen	Pengaturan akurasi: 0,5"	Cermin: Pesawat cermin	Graduations: 1° / 1gon	Tahan air:IPX6 (EC 60529:2001)
Tujuan aperture 32mm (1,26in)	Gambar: Tegak	Jangkauan kerja: $\pm 15'$	-	-	Suhu operasi: -20 sampai +50° C (-4 sampai 122 ° F)
Resolving Power: 4"	Pola: garis silang	-	-	-	Lebar: 130mm (5,2in)
Bidang Pandang di (100m / 328ft) 1° 25' (2,5m / 8,2ft)	Konstan Stadia: 0	-	-	-	Panjang (8,46in) 215mm
-	Rasio Stadia: 100	-	-	-	Tinggi (5,31in) 135mm
-	Fokus knob: 1-speed	-	-	-	Berat: 1,7kg (£ 3,7)
-	Lens hood: -	-	-	-	-

Pada dasarnya alat sipat datar terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

1. Teropong, membidik rambu (dengan garis bidik) dan memperbesar bayangan rambu.
2. Nivo tabung, diletakkan pada teropong untuk mengatur garis bidik mendatar.

3. Kiap (*levelling head bade plate*) padanya terdapat skrup-skrup kiap (umumnya tiga buah) dan nivo kotak yang digunakan untuk menegakkan sumbu tegak teropong.

1.6.1 Persyaratan Sipat Datar

Sebelum alat sipat datar digunakan untuk mengukur beda tinggi, ada syarat-syarat yang harus dipenuhi yaitu:

- ✓ Garis bidik teropong harus sejajar dengan garis arah nivo
- ✓ Garis arah nivo harus tegak lurus pada sumbu kesatu
- ✓ Garis mendatar diafragma harus tegak lurus pada sumbu kesatu

Syarat garis bidik sipat datar sejajar garis arah nivo Syarat ini merupakan syarat utama yang harus dipenuhi oleh alat ukur sipat datar. Adapun cara yang dilakukan untuk mengetahui garis bidik sudah sejajar dengan garis nivo adalah dengan melakukan penyentrangan dengan benar, sehingga semua syarat alat terpenuhi.

Membuat sumbu I sipat datar menjadi vertikal

- Dirikan alat ukur sipat datar diatas statif dan lakukan centering
- Atur nivo kotak dengan skrup kiap agar gelembungnya berada ditengah-tengah lingkaran nivo kotak

Membuat garis mendatar diafragma (benang silang) tegak lurus sumbu I

- Pasang alat ukur sipat datar diatas statif dan buat sumbu I vertikal dengan mengatur nivo kotak
- Bidikkan teropong pada titik yang dibuat ditembok, himpitkan ujung kiri benang silang mendatar pada titik tersebut (misal titik P)
- Gerakkan teropong kekiri dengan memutar sekrup penggerak halus horizontal.

1.7 Perataan Beda Tinggi Sipat Datar

Apabila pengukuran beda tinggi satu slag diukur pergi pulang atau dua kali (double stand), akan didapat beda tinggi pergi (Δh_{pg}) dan beda tinggi pulang (Δh_{pl}) yang besarnya tidak selalu sama. Beda tinggi definitifnya adalah rata-rata dari Δh_{pg} dan Δh_{pl} atau secara sistematis :

$$\Delta h_{rata-rata} \text{ atau } (\Delta h_r) = \frac{\Delta h_{pg} + \Delta h_{pl}}{2}$$

Dimana :

Δh_r : Beda Tinggi Rata – Rata

Δh_{pg} : Beda Tinggi Pergi

Δh_{pl} : Beda Tinggi Pulang

Pada pengukuran pulang pergi atau dua kali (*double stand*) pada umumnya tidak menghasilkan angka beda tinggi yang sama. Angka atau besaran yang menyatakan bahwa pengukuran beda tinggi tersebut diterima atau tidak dinamakan toleransi. Apabila selisih pengukuran pulang pergi atau dua kali (*double stand*) sama dengan atau lebih kecil dari ($\leq$) toleransi, maka pengukuran tersebut diterima. Sebaliknya apabila pengukuran pulang pergi atau dua kali (*double stand*) lebih besar dari ($>$) toleransi, maka akan ditolak atau tidak diterima yang berarti pengukuran harus diulang. Apabila akan dicari beda tinggi antar slag secara definitif maka Δh_{pg} atau Δh_{pl} dikoreksi sebanding dengan jarak-jaraknya, atau:

$$\epsilon h_i = \frac{d_i}{\sum d} \times fh$$

Dimana :

ϵh_i : Koreksi Beda Tinggi Slag ke 1

d_i : Jarak Slag ke i

$\sum d$: Jumlah Jarak Dalam Seksi

fh : Kesalahan atau Penyimpangan Pengukuran

Adapun perhitungan pengukuran beda tinggi adalah sebagai berikut:

1. Menghitung kesalahan penutup tinggi

$$\sum \Delta h_i = \Delta h_{A1} + \Delta h_{12} + \dots + \Delta h_n$$

2. Menghitung total jarak

$$\sum \Delta D_i = D_{A1} + D_{12} + \dots + D_n$$

3. Koreksi

$$\text{Koreksi A ke 1 } (\Delta h_1) = \frac{D_1}{\sum D} \times K$$

4. Elevasi

$$H_1 = H_A + \Delta h_1', \text{ dst}$$

5. Ketentuan dan toleransi

$$T = \pm K \sqrt{D}(\text{km})$$

Tabel 2. 3 Ketelitian dan Toleransi (Supadiningsih, 2004)

Waterpass	Amerika	Belanda
Orde-1	$4\sqrt{Dkm}$ mm	$3\sqrt{Dkm}$ mm
Orde-2	$8,4\sqrt{Dkm}$ mm	$4\sqrt{Dkm}$ mm
Orde-3	$12\sqrt{Dkm}$ mm	$6\sqrt{Dkm}$ mm

kesalahan < toleransi (pengukuran memenuhi syarat)

kesalahan > toleransi (pengukuran tidak memenuhi syarat)

Keterangan:

T = Toleransi dalam satuan millimeter

K = Konstanta yang menunjukkan tingkat ketelitian pengukuran

Δh = Beda tinggi

H = Elevasi

D = Jarak

k = Kesalahan

POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL

1.8 Penelitian Terdahulu

Muhammad Nur Hidayat, 20 Agustus 2021, “Analisis Perbandingan Pengukuran Gps Geodetik Dengan Total Staton Dalam Pembuatan *Benchmark* Di Politeknik Sinar Mas Berau Coal.” Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui titik acuan *Benchmark* atau titik ikat yang mempunyai koordinat yang *fixed*, biasanya diapresiasi dalam bentuk patok atau monumen lapangan yang tidak dapat diubah keberadaannya dan berfungsi sebagai titik ikat merefrensikan posisi objek pada sistem koordinat global.

Penentuan posisi dilakukan menggunakan GPS Geodetik dilakukan dengan metode *static*, karena tingkat ketelitian yang diperoleh relatif paling tinggi mencapai Orde mm sampai cm dibanding dengan metode *kinematik*. Pengukuran Total Station dilakukan metode polygon terbuka terikat sempurna karena metode paling relevan dan sesuai kondisi area penelitian. Kedua data dari penentuan posisi menggunakan GPS Geodetik dengan metode *Static* dan pengukuran menggunakan Total Station dengan metode poligon terbuka terikat sempurna.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian tersebut yaitu perbandingan tingkat ketelitian hasil pengukuran GPS Geodetik dan pengukuran menggunakan *Total Station*, selisih hasil pehitungan ketelitian koordinat yang di peroleh dari hasil pengukuran dengan pengukuran poligon terbuka terikat sempurna dengan *Total Station* terhadap pengamatan GPS Geodetik, dan berapa hasil koordinat *benchmark fixed*.

Hasil dari kedua data dibandingkan tingkat ketelitiannya menunjukkan bahwa penentuan posisi menggunakan GPS Geodetik lebih kecil kesalahan pengukuran yaitu sebesar 0,0033 m untuk horizontal dan 0,0030 m untuk vertikal dan pengukuran menggunakan Total Station metode poligon terbuka terikat sempurna kesalahan yang di peroleh lebih besar yaitu sesi pergi -0,034 m untuk horizontal dan -0,067 m untuk vertikal dan sesi pulang -0,004 m untuk horizontal dan -0,006 m untuk vertikal. Dari hasil penelitian, didapat hasil dari penentuan posisi menggunakan GPS Geodetik menggunakan metode *Static* masih jauh lebih baik untuk menjadi referensi dipengukuran selanjutnya.

Kesimpulan dari peneltian ini perbandingan tingkat ketelitian hasil penelitian diperoleh dari pengukuran GPS Geodetik dan Total Station yaitu 47,17% atau dapat di asumsikan 3:7. Nilai ketelitian GPS Geodetik lebih kecil yaitu 0,003 dan Total Station sebesar 0,007, selisih perhitungan koordinat antara gps geodetik dan total station yaitu BM2 $X=0,006$ $Y=0,005$ m dan $Z=0,008$ sedangkan untuk BM3 yaitu $X=0,025$ $Y=0,003$ dan $Z=0,015$ m, dan sesuai dari hasil penelitian yang dilakukan pengukuran

GPS Geodetik digunakan sebagai referensi atau nilai koordinat yang *fixed* yang digunakan untuk pengukuran selanjutnya.



**POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL**