

**PERHITUNGAN KERANGKA VERTIKAL DI AREA TEROWONGAN  
PROJECT PLTA KERINCI JAMBI MENGGUNAKAN METODE  
PERHITUNGAN BOWDITCH**

**(Tugas Akhir)**

**Oleh**

**M.ALWI SATRIA**

**NPM 1705061025**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## ABSTRAK

### **PERHITUNGAN KERANGKA VERTIKAL DI AREA TEROWONGAN PROJECT PLTA KERINCI JAMBI MENGGUNAKAN METODE PERHITUNGAN BOWDITCH DAN PERATAAN PARAMETER**

Oleh

**M. ALWI SATRIA**

PLTA mempunyai empat komponen utama yaitu; bendungan, turbin generator, dan jalur transmisi. Proses pembangunan bendungan memerlukan sebuah terowongan yang berfungsi untuk mengalihkan aliran air selama proses pembangunan bendungan berlangsung. Terowongan sangat penting dan wajib untuk dibangun guna mendukung pelaksanaan konstruksi agar berjalan dengan lancar. Tujuan pada kegiatan ini antara lain (1) Menganalisis hasil selisih antara perhitungan bowditch dan perhitungan perataan parameter; (2) Mengetahui selisih perhitungan beda tinggi *bowditch dan perataan parameter*. Metode yang digunakan pada kegiatan ini adalah pengumpulan data yaitu data pengukuran kerangka vertikal, lalu memulai proses pengolahan data dengan menggunakan software *microsoft excel 2019*, kemudian melakukan perhitungan data perataan parameter untuk mengetahui selisih beda tinggi antara perhitungan bowditch dan perhitungan perataan parameter sifat datar, dan menghasilkan informasi selisih elevasi dan beda tinggi kerangka vertikal di ara terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro. Hasil dari kegiatan yang didapatkan bahwa (1) Secara garis besar pada hasil perhitungan dengan metode Bowditch dan Perataan Parameter memiliki selisih yang sama sebesar 0,00; (2) Pada kedua metode perhitungan tidak memiliki perbedaan dari hasil besar toleransi yang telah dilakukan.

Kata Kunci : *Metode Perhitungan Bowditch, Perataan Parameter, Terowongan PLTA*

**PERHITUNGAN KERANGKA VERTIKAL DI AREA TEROWONGAN  
PROJECT PLTA KERINCI JAMBI MENGGUNAKAN METODE  
PERHITUNGAN BOWDITCH**

**Oleh  
M.ALWI SATRIA**

**Tugas Akhir**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
AHLI MADYA TEKNIK**

**Pada**

**Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan  
Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

Judul Tugas Akhir

**PERHITUNGAN KERANGKA VERTIKAL DI  
AREA TEROWONGAN PROJECT PLTA  
KERINCI JAMBI MENGGUNAKAN METODE  
BOWDITCH**

Nama Mahasiswa

M. ALWI SATRIA

Nomor Pokok Mahasiswa

1705061025

Program Studi

D3 Teknik Survey dan Pemetaan

Fakultas

Teknik



Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU.  
NIP. 197304102008011008

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.  
NIP. 19641012 199203 1 002

## 2. MENGETAHUI

Ketua Jurusan  
Teknik Geodesi dan Geomatika

Ketua Program Studi  
D3 Teknik Survey dan Pemetaan

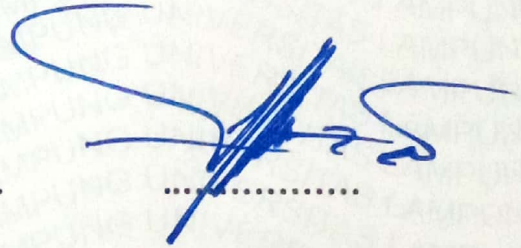
Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.  
NIP. 19641012 199203 1 002

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.  
NIP. 19641012 199203 1 002

MENGESAHKAN

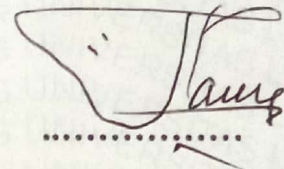
1. Tim Penguji

Ketua : **Ir.Armijon,S.T.,M.T.,IPU.**



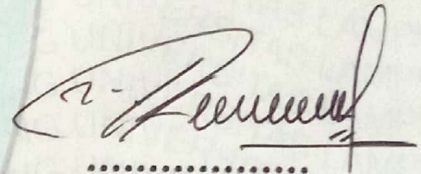
.....

Sekretaris : **Ir.Fauzan Murdapa,M.T.,IPM.**



.....

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Romi Fadly,S.T.,M.Eng**



.....

Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



**Dr. Ir. Eng. Helmi Fitriawan, S.T.,M.Sc.**  
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian : **14 Juni 2022**



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Alwi Satria

NPM :1705061025

Tempat, Tanggal Lahir : Kalianda , 16 Mei 1998

Alamat : Desa Pematang Kec Kalianda Lampung selatan

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir yang berjudul “Perhitungan Kerangka vertikal Di Area Terowongan Project PLTA Kerinci Jambi Menggunakan Metode Bowditch” Adalah benar hasil karya penulis berdasarkan karya penelitian yang dilakukan pada Bulan Juli 2021. Tugas akhir ini bukan hasil menjiplak atau hasil karya orang lain.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Atas perhatian Bapak/ibu Saya ucapkan Terima Kasih.

Bandar Lampung, 17 Juni 2020

Yang Membuat Pernyataan



M.alwi satria

1705061025

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama M. Alwi Satria dilahirkan di Kalianda Lampung selatan, pada 16 Mei 1998 Sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Rusli dan Ibu Emilya Yusnani

Penulis menempuh pendidikan disekolah SDN 1 Pematang pada tahun 2004-2010. Sekolah Menengah Pertama ditempuh di SMPN 1 Kalianda pada tahun 2010-2013, dan selanjutnya menempuh Sekolah Menengah Atas di SMAN 2 Kalianda pada tahun 2013-2016.

Pada tahun 2017, penulis terdaptar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi Geomatika, program studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Selama menjadi Mahasiswa, Penulis aktif dalam organisasi HIMAGES (Himpunan Mahasiswa Teknik Geodesi) Universitas Lampung sebagai anggota Dapertement Kaderisasi. Dan penulis melakukan Kerja Praktek di PT. Bukaka Teknik Utama yang bergerak dibidang Kontruksi.



## MOTTO

“Biarkan semua berjalan dengan apa adanya, berlalu dengan semestinya dan berakhir dengan seharusnya”

*(Penulis)*

“Iman tanpa ilmu bagaikan lentera di tangan bayi, Namun ilmu tanpa iman bagaikan lentera di tangan pencuri”

*(Buya Hamka)*

“Jangan pernah mencoba untuk menyerah dan jangan pernah menyerah untuk mencoba. Maka jangan katakan pada Allah aku punya masalah, tetapi katakan pada masalah aku punya Allah yang maha tahu segalanya”

*(Ali bin Abi Thalib R.A)*

“Jika Allah mengabulkan doaku maka aku bahagia, tapi jika Allah tidak mengabulkan doaku maka aku lebih bahagia. Karena yang pertama adalah pilihanku, dan yang kedua adalah pilihan Allah”

*(Ali bin Abi Thalib R.A)*



## PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Ku Persembahkan karya kecil ini untuk ALLAH SWT

Untuk ayahku dan emakku tercinta Istriku abang rendi adek Nabila dan keluarga  
besarku dan angkatan ku 2017 yang telah mensuportku sejauh ini aku akan  
mendoakan yang terbaik untuk kalian

## SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya tugas akhir ini dapat di selesaikan.

Tugas Akhir dengan judul “Perhitungan erangka vertikal di area terowongan project PLTA kerinci menggunakan metode perhitungan bowditch” merupakan salah satu kelengkapan persyaratan akademis untuk mendapat gelar Ahli Madya di Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik dalam bentuk tenaga maupun pikiran. Maka dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu terutama kepada:

1. Dr. ENG. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Geomatika dan Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Juga selaku Pembimbing II yang telah memberikan motivasi masukan dan arahan demi terselesaikannya tugas akhir dengan tepat waktu.
3. Bapak Ir. Armijon, M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta selalu memberi semangat dan dukungan untuk tidak pernah berputus asa. Terimakasih atas bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat membantu dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Romi Fadly, S.T., M.Eng., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran dan masukan yang sangat membantu penulis dalam memperbaiki tugas akhir ini.
5. Seluruh jajaran Dosen dan Staff Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

6. Segenap pegawai di PT. Kerinci Merangin Hidro yang telah memberikan bimbingan dan masukan baik dalam pelaksanaan Kerja Praktik maupun dalam pembuatan laporan.
7. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materil dan moril.
8. Serta keluarga besar angkatan 2017 D3 Teknik Survey dan Pemetaan, dan S1 Teknik Geodesi yang telah memberikan dukungan dan semangat bagi penulis.
9. Teman-teman sahabat dan kekasih yang telah banyak membantu dan memberikan semangat sehingga laporan hasil kerja praktik ini telah terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dalam penyampaian, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi orang lain dan dapat dijadikan sebagai tambahan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung, 10 Februari 2022  
Penulis

M. Alwi Satria



## DAFTAR ISI

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan masalah.....	1
1.3 Maksud .....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	2
1.6 Batasan Masalah.....	2

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Terowongan.....	3
2.1.1 Tahapan dalam Pembuatan Terowongan.....	4
2.2 Hitungan Kerangka Dasar Vertikal .....	6
2.3 Kesalahan Sistimatik Pada Pengukuran Sipat Datar .....	6
2.4 Syarat Geometris .....	7
2.5 Hitungan Beda Tinggi .....	7
2.6 Hitungan Tinggi Titik .....	7
2.7 Jaring Kontrol Vertikal .....	8
2.8 Perhitungan Bowditch .....	9

### **BAB III. METODE TUGAS AKHIR**

3.1 Wilayah Kajian.....	11
3.2 Tahap Persiapan.....	11
3.3 Tahap Pengolahan .....	12

### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil .....	14
4.2 Pembahasan .....	24

### **BAB V. PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29

### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

### Tabel

1. Klasifikasi Pengukuran Sifat Datar .....	6
2. Contoh Data Perhitungan Sesi 1 Metode Bowditch .....	13
3. Data selisih perhitungan bowditch dan pertaaan parameter .....	14
4. Data Penitikan dan Perhitungan Awal Pada area terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro Seksi 1 .....	16
5. Data Penitikan dan Perhitungan Awal Pada area terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro Seksi 2.....	18
6. Data Penitikan dan Perhitungan Awal Pada area terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro Seksi 3.....	21
7. Data Penitikan dan Perhitungan Awal Pada area terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro Seksi 4.....	23
8. Hasil Perhitungan Bowditch Seksi 1 pada Area terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	25
9. Hasil Perhitungan Bowditch Seksi 2 pada Area terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	26
10. Hasil Perhitungan Bowditch Seksi 3 pada Area terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	26
11. Hasil Perhitungan Bowditch Seksi 4 pada Area terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	27
12. Hasil Keseluruhan .....	27

## DAFTAR GAMBAR

### Gambar

1. Terowongan PLTA Batang Merangin.....	4
2. Pekerjaan Marking .....	4
3. Pekerjaan <i>Excavation</i> .....	5
4. Pekerjaan <i>Mucking</i> .....	5
5. Penyangga <i>Steel Rib</i> .....	6
6. Jaring sipatdatar satu seksi pengukuran.....	9
7. Kerangka Vertikal Perhitungan Metode Bowditch.....	9
8. Diagram Alir Pelaksanaan Kegiatan Tugas Akhir.....	11
9. Wilayah Kajian Kegiatan Tugas akhir di PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	12
10. Skema Penitikan Pergi dan Pulang di Area Terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	15
11. Hasil Kesalahan Penutup dan Jarak Antar Seksi Penitikan Terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	28
12. Skema Penitikan Jarak Kerangka vertikal PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	28
13. Kesalahan Penutup Tinggi di Area Terowongan di PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	28
14. Grapik Hasil Besar toleransi $12\text{mm}\sqrt{D(\text{KM})}$ Terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro .....	29



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah pembangkit yang mengandalkan energi potensial dan kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. PLTA mempunyai empat komponen utama yaitu; bendungan, turbin generator, dan jalur transmisi. Bendungan berfungsi menaikkan permukaan air sungai. Turbin air kebanyakan seperti kincir angin. Pentingnya fungsi bendungan ini membuat pembangunannya dilakukan dengan sangat hati-hati. Proses pembangunan bendungan memerlukan sebuah terowongan yang berfungsi untuk mengalihkan aliran air selama proses pembangunan bendungan berlangsung. Terowongan sangat penting dan wajib untuk dibangun guna mendukung pelaksanaan konstruksi agar berjalan dengan lancar. Terowongan dibangun dengan perhitungan untuk dapat memberikan fungsi pelayanan dengan jangka waktu yang ditetapkan.

Dalam proses pembuatan terowongan, sering kita dapati adanya perhitungan elevasi untuk mengetahui beda tinggi kerangka vertikal pada terowongan di project PLTA, kerinci jambi Pada tugas akhir kali ini penulis akan melakukan perhitungan kerangka vertikal di area plta kerinci menggunakan perhitungan bowditch dan untuk mengetahui nilai penutup tinggi dari seksi 1 sampai seksi 4.

### 1.2 Rumusan masalah

1. Menghitung kerangka vertikal di area terowongan di area PLTA kerinci merangin hidro untuk mengetahui salah penutup tinggi pada terowongan.
2. Perhitungan kerangka vertikal ini menggunakan empat seksi yaitu sesi 1 dari titik 1 sampai 14, sesi 2 titik 14 sampai 44, sesi 3 titik 44 sampai 61, dan seksi 4 titik 61 sampai 82.

### **1.3 Maksud**

Adapun maksud dari kegiatan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui selisih kesalahan penutup tinggi pada perhitungan kerangka vertikal.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan kegiatan tugas akhir ini yaitu:

- a. Melakukan perhitungan antara perhitungan bowditch kerangka *vertikal* di area terowongan PLTA kerinci jambi
- b. Mengetahui selisih perhitungan nilai penutup tinggi kerangka *vertikal* di area terowongan menggunakan perhitungan *Bowditch*

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini diharapkan bermanfaat untuk mengetahui nilai kesalahan penutup tinggi yang menggunakan perhitungan bowditch pada kerangka vertikal terowongan proyek PLTA Kerinci Merangin provinsi jambi menggunakan software *Microsoft. Excel 2010*

### **1.6 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini di bagi menjadi 3 bagian yaitu sebagai berikut:

1. Terowongan PLTA Kerinci merupakan terowongan tanah batuan berlokasi di daerah bagian selatan Provinsi Jambi, yaitu di desa Bedeng Limo, Kecamatan Batang Merangin, Kabupaten Keinci, Provinsi Jambi.
2. Perhitungan hasil data bowditch dihitung menggunakan bantuan perangkat lunak *Microsoft Excel 2010*.
3. Hasil tugas akhir ini adalah memberikan selisih nilai kesalahan penutup tinggi perhitungan bowditch kerangka vertikal terowongan PLTA kerinci jambi

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Terowongan

Terowongan adalah bangunan lubang tembusan bawah permukaan yang menembus bantala/*ground* yang terdiri tanah atau batuan dari gunung, sungai, bawah jalan, dan lain-lain dengan fungsi sebagai jalan raya, jalan KA, jalan air, Terowongan didefinisikan sebagai lubang bukaan yang dibuat dengan dua lubang bukaan yang saling berhubungan langsung atau dengan kata lain kedua lubang bukaan tersebut harus menembus bagian kerak bumi, yakni perbukitan, sebagai media transportasi, drainase, penambangan, dan lain-lain. Pembangunan Terowongan PLTA Keinci Merangin Hidro dilakukan dengan cara melubangi atau menggali terowongan dengan mesin *Twin Header*. Sistem menggali terowongan ini yaitu dengan menggali lewat bagian *inlet* dan *outlet* yang nantinya galian terowongan akan bertemu di tengah, kemudian hasil galian akan dibuang ke disposal yang berjarak 1 km dari proyek *inlet* dan 200meter dari proyek *outlet* (Prasetyo, 2017)



Gambar 1 Terowongan PLTA Batang Merangin.  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



### 2.1.1 Tahapan dalam Pembuatan Terowongan

Suatu terowongan terbentuk dari tahapan-tahapan yang dapat dilakukan agar pelaksanaan konstruksi berjalan dengan baik, tahapan-tahapan yang dilakukan antara lain:

#### a. Pekerjaan *Marking*

Pada tahap pekerjaan marking ditentukan titik-titik koordinat dan elevasi struktur sesuai rencana, pengukuran dilakukan dengan acuan bench mark (BM) yang telah ditentukan.



Gambar 2 Pekerjaan Marking  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

#### b. Pekerjaan *Excavation*

Tim survey telah memberikan marking di area batas galian tunnel, maka pekerjaan excavation dapat dilakukan dengan cara menggali area yang telah dimarking sehingga membentuk area tunnel yang sesuai dengan desain.



Gambar 3 Pekerjaan *Excavation*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

c. Pekerjaan *Mucking*

*Mucking* adalah pekerjaan membuang hasil galian yang telah di ekskavasi. Pekerjaan ini dapat dilakukan setelah kondisi galian clear dan rekomendasi geologist menyatakan aman.



Gambar 4 Pekerjaan *Mucking*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

#### d. Pemasangan Penyangga

Pemasangan penyangga terowongan dilakukan dengan tujuan mencegah keruntuhan terowongan akibat galian yang telah dilakukan. Penyangga terowongan dapat berupa *steel rib* atau plat baja, *rockbolt* atau ankur, *wiremesh* atau jaring-jaring kawat, dan *shotcrete* yang dipasangkan sesuai dengan standar yang benar.



Gambar 5 Penyangga *Steel Rib*  
(Sumber: Prasetyo, 2017)

### 2.2 Hitungan Kerangka Dasar Vertikal

Penentuan posisi vertikal titik-titik kerangka dasar dilakukan dengan melakukan pengukuran beda tinggi antara dua titik terhadap bidang referensi (BM).

### 2.3 Kesalahan Sistematik Pada Pengukuran Sipat Datar

Pengukuran sipat datar diklasifikasikan menjadi beberapa kelas di antaranya sebagai berikut :

Tabel 1. Klasifikasi Pengukuran Sipat Datar

Kelas	$E_{(mm)}$
A	0,3
B	1,0
C	3,0
D	10,0
E	30,0

Sumber : Armijon, 2020

Berdasarkan klasifikasi diatas oleh besaran harga  $E$  pada rumus dibawah ini :

$$K = \pm E\sqrt{D}$$

Keterangan :

K = menyatakan harga standar deviasi pengukuran sifat datar antara dua titik

E = Bilangan menyatakan pengukuran kelas

D = Jarak (dalam Km) antara dua titik yang di ukur.

Rumus diatas identic dengan rumus :

$$\sigma = \pm\sigma_{1km}\sqrt{D}$$

Bila dari A ke B di ukur n kali, dari n ukuran ini dapat dihitungn  $\sigma$  dan  $\sigma_{1km}$ .

Bila  $\sigma_{1km} \leq E$  artinya ukuran dapat diklasifikasikan pada kelas tersebut.

Bila  $\sigma_{1km} \geq E$  artinya ukuran tidak dapat diklasifikasikan pada kelas tersebut.

Contoh :

D = 7km, diukur dengan sipat datar kelas D maka harga  $K$  dari kelas tersebut harus mencapai :

$$K = \pm E\sqrt{D} = \pm 10\sqrt{7} = \pm 26mm$$

Bila tidak mencapai  $K = \pm 26mm$  maka pengukurannya tidak dapat diklasifikasikan sebagai kelas D. Bila jarak AB=7km, maka  $K = \pm 10\sqrt{7} = \pm 26mm$ . Dari hasil pengukuran diperoleh  $\sigma_{1km}\sqrt{D} = \pm 15mm$ , maka hasil pengukuran tidak diklasifikasikan sebagai kelas D.

## 2.4 Syarat Geometris

$$H_{akhir} - H_{awal} = \sum \Delta H \pm FH$$

$$T = (10\sqrt{D})_{mm}$$

T = Toleransi kesalahan penutup

D = Jarak antara 2 titik kerangka dasar vertikal (kilo meter)

## 2.5 Hitungan Beda Tinggi

$$\Delta H_{1-2} = Btb - Btm$$

## 2.6 Hitungan Tinggi Titik

$$H_2 = H_1 + \Delta H_{12} + KH$$

H = Tinggi titik

$\Delta H$  = Beda tinggi

Btb = Benang tengah belakang

Btm = Benang tengah muka

FH = Salah penutup beda tinggi

KH = Koreksi beda tinggi  $= \frac{d}{\sum d} FH$

## 2.7 Jaring Kontrol Vertikal

Ruang lingkup standar ini meliputi istilah dan definisi jaring kontrol vertikal, klasifikasi, konvensi, spesifikasi teknis, dan pedoman teknis tentang pendefinisian datum, penerapan kelas dan orde, yang berhubungan dengan pembangunan dan pengembangan jaring kontrol vertikal.

### a. Tinggi Ortometrik

Tinggi terhadap geoid sepanjang garis unting-unting

### b. Tanda Tinggi Geodesi (TTG)

Titik tetap di lapangan yang berbentuk pilar dengan ukuran tertentu, yang menandai nilai tinggi, sebagai bagian dari jaring kontrol vertikal, yang berfungsi sebagai titik kontrol vertikal (TKV).

Keterangan: Tanda tinggi geodesi disebut juga tanda tinggi tetap (bench mark)

### c. Jaring Kontrol Vertikal Nasional

Serangkaian titik kontrol vertikal yang satu sama lainnya diikatkan dengan ukuran beda tinggi ortometrik mengacu pada titik datum

### d. Subjaring Kontrol Vertikal

Jaring kontrol vertikal yang meliputi sebagian wilayah nasional dengan datum vertikal lokal (independen)

### e. Menghitung Kesalahan Penutup Pergi-Pulang (FPP)

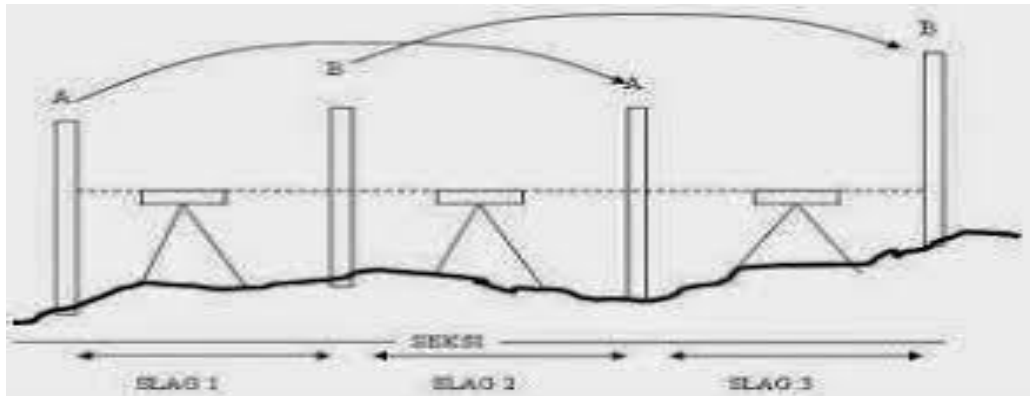


Tiap seksi pengukuran . menghitung jumlah aljabar beda tinggi dalam satu seksi pergi dan pulang ( $\Sigma dh$  dan  $\Sigma dh'$ ) dengan mengambil contoh pada Gambar A.1, maka:

$$\text{Pergi : } \Sigma dh = dh1 + dh2 + dh3 + dh4 + dh5$$

$$\text{Pulang: } \Sigma dh' = dh1' + dh2' + dh3' + dh4' + dh5'$$

$DH$  : beda tinggi tiap slag ;



**Gambar 6. Jaring Sipatdatar Satu Seksi Pengukuran**

(Sumber: *TreeMusketer* 2015)

Menghitung selisih beda tinggi pergi-pulang :

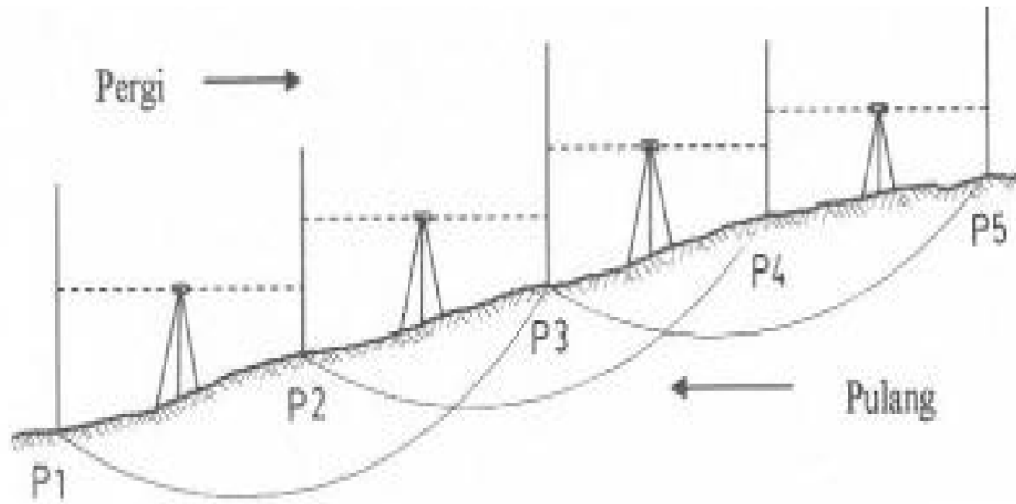
$$Fpp = \Sigma dh - \Sigma dh' ;$$

untuk mengetahui apakah jaring tersebut memenuhi toleransi ketelitian kelas LAA, maka nilai fpp perlu dibandingkan atau diuji dengan batas toleransi sebesar  $2 \sqrt{d}$ .

Bila  $fpp \leq 2 \sqrt{d}$  maka pengukuran untuk kelas LAA.

## 2.8 Perhitungan Bowditch

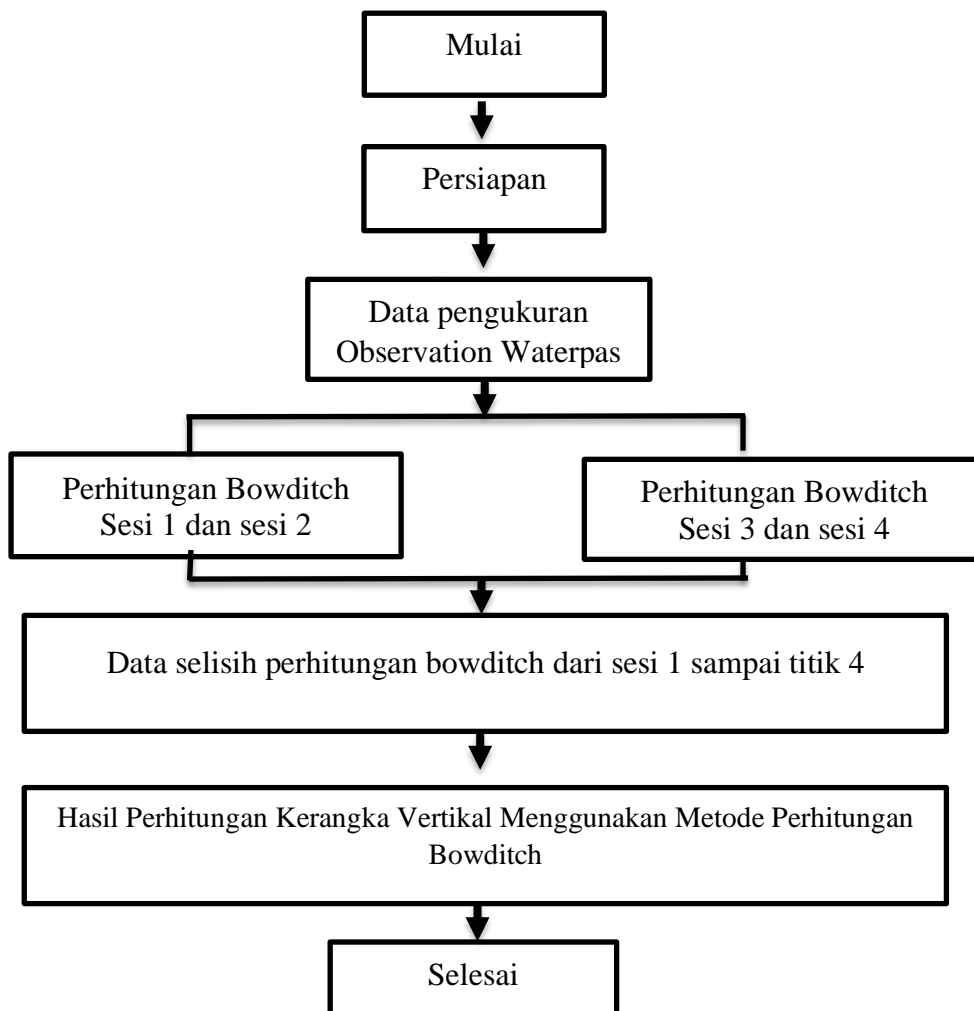
Ketelitian hasil pengukuran kerangka vertikal jika diolah dengan metode bowditch adalah dengan melihat besarnya kesalahan beda tinggi dan kesalahan penutup tinggi. Ketelitian linear dari pengukuran kerangka vertikal dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut: jumlah beda tinggi titik awal ditambah titik akhir maka akan keluar hasil beda tinggi tersebut.



**Gambar 7. Kerangka Vertikal Perhitungan Metode Bowditch**

### III. METODE TUGAS AKHIR

Alur kegiatan tugas akhir merupakan segala bentuk susunan kegiatan/langkah-langkah pelaksanaan kegiatan tugas akhir yang dimulai dari pengumpulan data yaitu data pengukuran kerangka vertikal, lalu memulai proses pengolahan data dengan menggunakan software *microsoft excel 2019*, kemudian melakukan perhitungan data untuk mengetahui nilai penutup tinggi perhitungan bowditch, dan menghasilkan informasi selisih elevasi dan beda tinggi kerangka vertikal di ara terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro.



**Gambar 8. Diagram Alir Pelaksanaan Kegiatan Tugas Akhir**

### 3.1 Wilayah Kajian

Kegiatan tugas akhir ini berada pada proyek PLTA Kerinci Merangin Hidro yang terletak di desa Bedeng Limo, Kecamatan Batang Merangin, Kabupaten Keinci, Provinsi Jambi.



**Gambar 9. Wilayah Kajian Kegiatan Tugas Akhir di PLTA Kerinci Merangin Hidro**

### 3.2 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini dilakukan persiapan alat dan bahan yang digunakan. Peralatan yang digunakan dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. Alat
  - a. 1 unit Laptop Asus 2404 AC
  - b. Printer Epson L120
  - c. *Microsoft Office Word 2010*
  - d. *Microsoft Office Excel 2010*
  - e. *Microsoft Power Point 2010*

## 2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam kegiatan Tugas Akhir ini adalah data yang didapatkan dari pengukuran langsung di lapangan. Data sekunder didapatkan melalui kantor PT. Kerinci Merangin Hidro. Berikut merupakan data yang didapatkan:

1. Data pengukuran observation waterpass area adit-1 pada terowongan PLTA Kerinci Merangin Hidro.
2. Data pengukuran kerangka vertikal PLTA Kerinci Merangin Hidro yang sudah di olah pada kegiatan kerja praktik.
3. Data grafik kerangka vertikal terowongan dan daa water pass terowongan area adit-1 upstream.

### 3.3 Tahap Pengolahan

Setelah tahap pengumpulan data maka tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah tahap pengolahan data. Perhitungan *kerangka vertikal* menggunakan perhitungan bowditch dan perataan parameter secara komputerisasi menggunakan software *Microsoft excel 2019* dengan diawali oleh beberapa tahapan yaitu:

Mempersiapkan data Perhitungan bowditch dan perataan parameter :

Tabel 2. Contoh Data Perhitungan Seksi 1 Metode Bowditch

JARAK 1 S/D 14 =	1139.261 m
JARAK 143 S/D 157 =	993.182 m
JARAK TOTAL =	2132.443 m
JARAK TOTAL KILOMETER =	2,132 Km
$\sqrt{D}$ =	1.460 m
Besar Toleransi 10mm $\sqrt{D(Km)}$ =	0.0175 m
Jumlah Beda Tinggi 1 S/D 14 =	31.821 m
Jumlah Beda Tinggi 143 S/D 157 =	-31.804 m
Salah Penutup Tinggi =	0.0168 m

(Sumber : Olah Data Perhitungan)



Tabel 3. Data selisih perhitungan bowditch dan pertaaan parameter

<b>SEKSI</b>	<b>KESALAHAN (m)</b>	<b>JARAK (Km)</b>
SEKSI 1 =	-0.0080	2,938.487
SEKSI 2 =	0.0028	2,347.941
SEKSI 3 =	0.0052	4,209.487
SEKSI 4 =	0.0168	2,132.443
<b>TOTAL:</b>	<b>0.0168</b>	<b>11,628.358</b>

Tabel 2. Data selisih perhitungan bowditch dan pertaaan parameter

(Sumber : Olah Data Perhitungan)

## V. PENUTUP

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan tabel pengolahan data perhitungan kerangka vertikal pada area terowongan memiliki panjang 5.81418 Km ,dan Jarak Pulang 5.91418 Km dengan jumlah jarak keseluruhan pulang pergi sebanyak 11.62836 Km, dan setiap jarak persesi pulang pergi berjarak 2.132 km. Secara garis besar pada hasil perhitungan dengan metode Bowditch kerangka *vertikal* di area terowongan PLTA kerinci jambi memiliki kesalahan penutup tinggi dari penitikan sesi 1 sampai sesi 4. tapi pada seksi 1 memiliki kesalahan penutup tinggi sebesar 0,0168 dan itu tidak masuk toleransi Selisih perhitungan nilai penutup tinggi kerangka *vertikal* di area terowongan menggunakan perhitungan bowditch yang didapat semua hampir tidak jauh dari Batas Toleransi  $10\text{mm}\sqrt{D(\text{KM})}$

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada tugas akhir ini ialah:

Perlu dilakukannya pengukuran ulang pada seksi 1 dikarenakan dikarenakan nilainya jauh dari besar toleransi  $10\text{mm}\sqrt{D(\text{Km})}$  karena kesalahan dari seksi 1 sebesar 0.0168.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annisaul, H. (2019, Oktober 5). Analisis Pengaruh Penggunaan *kerangka vertikal* Pada Terowongan Notog BH 1440 Menggunakan *Software Phase2*. Notog: Universitas Negeri Semarang. Retrieved Januari 19, 2022, from <http://lib.unnes.ac.id/36253/>
- Armijon. (2020). Dalil-Dalil Perambatan Kesalahan Pada Pengukuran. Teknik Geodesi dan Geomatika. Fakultas Teknik. Universitas Lampung.
- Nugaraha, J. (2020). Mengenal Cara Kerja perhitungan parataan parameter PLTA Beserta Fungsinya untuk Kehidupan Sehari-hari. Jateng: Merdeka.com. Retrieved Januari 24, 2022, from <https://www.godaddy.com>
- Pambudi, L. (1998). Metode Pelaksanaan Pembangunan Terowongan Bangunan Pengelak (*TUNNEL*) pada Proyek Waduk Bendo Ponorogo. Ponorogo: Institut Teknologi Sepuluh November. Retrieved Januari 24, 2022, from [https://repository.its.ac.id/44949/1/3114030070-3114030103-Non\\_Degree.pdf](https://repository.its.ac.id/44949/1/3114030070-3114030103-Non_Degree.pdf)
- Ustianto, A. (2021). Analisis Pengaruh Penggunaan *bowditch*. Purwokerto: Universitas Negeri Semarang. Retrieved Januari 24, 2022, from <http://ejournal.unp.ac.id>