TUGAS AKHIR – RM 184831

ANALISIS PERBANDINGAN PENGUKURAN *CONTROL POINT* PADA TAMBANG BAWAH TANAH DENGAN METODE POLIGON TERTUTUP DAN PENGIKATAN KE BELAKANG (Studi Kasus : *Tujuh Bukit Underground Project*, PT. Bumi Suksesindo, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur)

DONI MUSLIM CAHYA
03311640000062

Dosen Pembimbing
Ir. Yuwono, M.T
Akbar Kurniawan, S.T, M.T

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

TUGAS AKHIR – RM 184831

ANALISIS PERBANDINGAN PENGUKURAN *CONTROL POINT* PADA TAMBANG BAWAH TANAH DENGAN METODE POLIGON TERTUTUP DAN PENGIKATAN KE BELAKANG (Studi Kasus: *Tujuh Bukit Underground Project*, PT. Bumi Suksesindo, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur)

DONI MUSLIM CAHYA
03311640000062

Dosen Pembimbing
Ir. Yuwono, M.T
Akbar Kurniawan, S.T, M.T

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UNDERGRADUATE THESIS - RM 184831

ANALYSIS OF CONTROL POINT MEASURMENT IN UNDERGROUND PROJECT BY CLOSED POLYGON AND RESECTION METHOD (Case Study: Tujuh Bukit Underground Project. PT. Bumi Suksesindo, Banyuwangi, East Java)

DONI MUSLIM CAHYA
03311640000062

Supervisor
Ir. Yuwono, M.T
Akbar Kurniawan, S.T, M.T

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning and Geo Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISIS PERBANDING PENGUKURAN *CONTROL POINT* PADA TAMBANG BAWAH TANAH DENGAN METODE POLIGON TERTUTUP DAN PENGIKATAN KEBELAKANG (Studi Kasus: *Tujuh Bukit Underground Project*, PT. Bumi Suksesindo, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur)

Nama mahasiswa : Doni Muslim Cahya
NRP : 03311640000062
Departemen : Teknik Geomatika FTSPK-ITS
Pembimbing : Ir. Yuwono, M.T
Akbar Kurniawan, S.T, M.T

ABSTRAK

Tambang bawah tanah merupakan salah satu metode dalam eksploitasi hasil tambang. Pengamatan posisi dan arah tambang merupakan kegiatan yang krusial dalam tambang bawah tanah. Metode pengamatan posisi dengan metode pengamatan *Wall Station* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk pengamatan posisi dalam bawah tanah. Dalam penggunakan *Wall Station* akan di letakkan pada dinding jalur tambang sebagai titik kontrol dan acuan dalam poengamatan posisi dalam bawah tanah. Pada pengamatan posisi dengan menggunakan *Wall Station* sangat bergantung dengan faktor eksternal dari *Wall Station*.

Penelitian ini dilakukan di *Underground Minning Project* PT. Bumi Suksesindo Kab. Banyuwangi, Jawa Timur. Pengamatan dan perhitungan pengukuran lapangan menggunakan dua metode yang berbeda yaitu pengamatan poligon tertutup dan pengamatan dengan metode pengikatan kebelakang. Pada penelitian ini pengamatan 6 titik *Wall Station* yang berada didalam tambang bawah tanah yaitu *Wall Station* DC1 18, 20 25, 42, 46,

dan 48. Pengamatan ini akan dibandingkan dengan koordinat acuan yang telah dikoreksi oleh pihak PT. Bumi Suksesindo.

Penelitian ini menghasilkan nilai selisih dan RMSE pada masing masing titik *Wall Station* antara koordinat hasil hitungan dengan menggunakan metode poligon tertutup dan pengikatan kebelakang dengan hasil bahwa metode pengamatan pengukuran Poligoin Tertutup dengan Perhitungan Kuadrat Terkecil pada Poligon *Box Cut* yang mendapatkan hasil nilai *RMSE* pada *Wall Station* DC1-18 dengan nilai error 0,00031 m, DC1-20 dengan nilai *error* 0,00144 m, DC1-25 dengan nilai error 0,00113 m, DC1-42 dengan nilai *error* 0,00315 m, DC1-46 dengan nilai *error* 0,00320 m, DC1-48 dengan nilai *error* 0,00288 m.

Kata Kunci: Tambang Bawah Tanah, *Wall Station,* Poligon Tertutup, Pengikatan Kebelakang.

ANALYSIS OF CONTROL POINT MEASURMENT IN UNDERGROUND PROJECT BY CLOSED POLYGON AND RESECTION METHOD (Case Study: Tujuh Bukit Underground Project. PT. Bumi Suksesindo, Banyuwangi, East Java)

Name	**: Doni Muslim Cahya**
NRP	**: 03311640000062**
Department	**: Teknik Geomatika FTSPK-ITS**
Supervisor	**: Ir. Yuwono, M.T**
	Akbar Kurniawan, S.T, M.T

ABSTRACT

Underground mining is one of the methods in the exploitation of mining products. Observation of the position and direction of the mine is a crucial activity in underground mining. The position observation method with the Wall Station method is one method that can be used for position observation in underground. In using the Wall-Station it will be placed on the wall of the mine lane as a control point and reference in observing the position in the underground. On observation of the position using the Wall Station is very dependent on external factors from the Wall Station.

This research was conducted at the Underground Minning Project of PT. Bumi Suksesindo Banyuwangi Regency, East Java. In field measurements using two different methods, namely closed polygon observations and resection observation methods. In this study, observation of 6 points of the Wall Station inside the underground mine, Wall Station DC1 18, 20 25, 42, 46, and 48. This observation will be compared with the reference coordinates that have been coordinated by PT. Bumi Suksesindo.

In this study, the difference in value and RMSE at each Wall Station point between the coordinates of the calculated results using the closed polygon method and Resection with the result that the observation method of Closed Polygoin measurement with the Least Squares on Box Cut Poligon, Calculation obtained the smallest RMSE values on the Wall Station. In this study it was found that the method of observing the control points with the Wall Station required the existence of periodic check points to get better results and the position in the underground mine can be corrected accordingly

Keywords: Underground Mine, Wall Station, Closed Polygon, Resection.

LEMBAR PENGSAHAN

ANALISIS PERBANDING PENGUKURAN *CONTROL POINT* PADA TAMBANG BAWAH TANAH DENGAN METODE POLIGON TERTUTUP DAN PENGIKATAN KEBELAKANG (Studi Kasus: Tujuh Bukit *Underground Project*, PT. Bumi Suksesindo, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur)

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Sarjana Departemen Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
DONI MUSLIM CAHYA
0331164000062

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Yuwono, M.T (.....)
NIP. 19590124 198502 1 001

Akbar Kurniawan, S.T, M.T (.....)
NIP. 19860518 201212 1 002

SURABAYA, 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "**ANALISIS PERBANDING PENGUKURAN *CONTROL POINT* PADA TAMBANG BAWAH TANAH DENGAN METODE POLIGON TERTUTUP DAN PENGIKATAN KEBELAKANG (Studi Kasus: Tujuh Bukit *Underground Project*, PT. Bumi Suksesindo, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur)"** dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian tugas akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis sehingga dapat terselesaikan laporan tugas akhir ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan do'a, dukungan, motivasi serta kasih sayang kepada penulis untuk kelancaran mengerjakan penelitian tugas akhir ini.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, ST, MT, Ph D selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika ITS
3. Bapak Ir. Yuwono, M.T selaku dosen pembimbing I, atas segala bimbingan dan sarannya.
4. Bapak Akbar Kurniawan, S.T, M.T selaku dosen pembimbing II, atas segala bimbingan dan sarannya
5. Karyawan dan Staff department *Decline* PT. Bumi SuksesIndo Kabupaten Banyuwangi khususnya Bpk. Yudha Hertnandi, Bpk. Urip, mas Irwan dan mas Lucky yang telah menjadi pembantu dan support ilmu dalam penelitian ini.
6. Seluruh bapak-ibu dosen pengajar dan karyawan Teknik Geomatika yang telah banyak membantu penulis selama masa perkuliahan

7. Teman-teman G18, mahasiswa Teknik Geomatika 2016 yang telah banyak membantu dan menemani selama menempuh kuliah di Teknik Geomatika ITS
8. Semua pihak yang telah membantu penulis, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Surabaya, 10 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
ABSTRAK v
ABSTRACT vii
LEMBAR PENGSAHAN ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR LAMPIRAN xxiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan Tugas Akhir 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 PT. Bumi Suksesindo 5
2.2 Tambang Bawah Tanah 6
2.3 Pemetaan Terstris 12
2.3.1 Staking Out 13
2.3.2 Pemetaan Detil Situasi 13
2.3.3 Pengukuran Bawah Tanah 14
2.4 Perhitungan Poligon 19
2.4.2 Poligon Terbuka 21
2.4.3 Poligon Tertutup 21
2.4.4 Poligon Cabang 22
2.4.5 Perhitungan Poligon 23
2.5 *Least Square* 27
2.6 Pengikatan Ke Belakang *(Resection)* 35
2.7 *RMSE (Root Mean Square Error)* 46
2.8 *Total Station* 47
2.9 Penelitian Terdahulu 48
BAB III METODOLOGI 51

3.1 Lokasi Penelitian 51
3.2 Data dan Peralatan 52
3.2.1 Data 52
3.2.2 Peralatan 53
3.3 Metodologi Penelitian 53
3.3.1 Tahapan Pelaksanaan pengambilan data 54
3.3.2 Tahapan Pengolahan Data 57
BAB IV HASIL DAN ANALISA 65
4.1. Hasil 65
4.1.1 Pengambilan Data Pengukuran 65
4.1.2 Data Pengukuran 70
4.1.3 Pengolahan Data 77
4.1.4 Penyajian Data 103
4.2. Analisa 107
4.2.1. Hasil selisih Perhitungan Koordinat *Wall Station* 107
4.2.2. Hasil *Root Mean Square Error* (RMSE) 110
4.2.3 Hasil Perhitungan *Ellips Error* 113
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 123
5.1 Kesimpulan 123
5.2 Saran 124
DAFTAR PUSTAKA 125
LAMPIRAN 129
BIODATA PENULIS 144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem penambangan bawah tanah 6
Gambar 2. 2 Permukaan tambang (PT. Bumi Suksesindo) 8
Gambar 2. 3 Jalan masuk tambang (PT. Bumi Suksesindo) 8
Gambar 2. 4 Lubang *stockpile* sebagai lubang sekunder (PT. Bumi Suksesindo) 9
Gambar 2. 5 Kegiatan *Exploration* pada lubang sekunder (PT. Bumi Suksesindo) 9
Gambar 2. 6 Ventilasi untuk fasilitas pendukung tambang (PT. Bumi Suksesindo) 10
Gambar 2. 7 *Open Stope Methodes* 10
Gambar 2. 8 *Sub Level Caving* 12
Gambar 2. 9 Metode Optik 15
Gambar 2. 10. Metode Segitiga *Weisbach* 16
Gambar 2. 11 *Gryo-Theodolite* 17
Gambar 2. 12. Metode pengukuran *Wall Station* (PT. Bumi Suksesindo) 18
Gambar 2. 13. Poligon Terbuka 21
Gambar 2. 14 Poligon Tertutup 22
Gambar 2. 15 Poligon Bercabang 22
Gambar 2. 16 Perhitungan Sudut Jurusan 23
Gambar 2. 17 Linaerisasi sudut 30
Gambar 2. 18 Linearisasi Sudut poligon 31
Gambar 2. 19 *Error Elips* 34
Gambar 2. 20 Metode Pengikatan Kebelakang 36
Gambar 2. 21 Pengikatan Kebelakang metode Collins 38
Gambar 2. 22 Pengikatan Kebelakang metode Cassini 42
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian 51
Gambar 3. 2 Lokasi Tambang Bawah Tanah 52
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian 54
Gambar 3. 4 Diagram Pengolahan Data 58
Gambar 3. 5 Diagram Pengolahan Data Poligon *Box Cut* 59

Gambar 3. 6 Diagram Pengolahan Data Poligon Parsial 1.....60
Gambar 3. 7 Diagram Pengolahan Data Poligon Parsial 2.....61
Gambar 3. 8 Diagram Pengolahan Pengikatan Kebelakang.....62
Gambar 4. 1 Gambar *Drive Exploration* Pt. Bumi Suksesindo...65
Gambar 4. 2 Peta pengamatan Poligon *Box Cut*.....66
Gambar 4. 3 Peta pengamatan Poligon Parsial 1.....67
Gambar 4. 4 Peta pengamatan Poligon Parsial 2.....68
Gambar 4. 5 Desain Poligon *Box Cu*t.....78
Gambar 4. 6 Plotting Poligon Parsial 1 86
Gambar 4. 7 Ploting Poligon Parsial 2 91
Gambar 4. 8 Plot Hasil *Elips Error* pada poligon Box Cut.....115
Gambar 4. 9 Plot Hasil *Elips Error* pada poligon Parsial 1 119
Gambar 4. 10 Plot Hasil *Elips Error* pada poligon Parsial 2 121

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Data Pengukuran Sudut Poligon *Box Cut*.....71
Tabel 4. 2 Data Pengukuran Jarak Poligon *Box Cut* 72
Tabel 4. 3 Data Pengukuran Sudut Poligon Parsial 1.....73
Tabel 4. 4 Data Pengukuran Jarak Poligon Parsial 1.....73
Tabel 4. 5 Data Pengukuran Sudut Poligon Parsial 2.....74
Tabel 4. 6 Data Pengukuran Jarak Poligon Parsial 2.....74
Tabel 4. 7 Data pengukuran sudut & jarak *Wall Station* dalam metode Pengikatan Kebelakang (Resection).....75
Tabel 4. 8 Data pengukuran sudut & jarak *Wall Station* dalam metode Pengikatan Kebelakang (*Resection*) 75
Tabel 4. 9 Data pengukuran sudut & jarak *Wall Station* dalam metode Pengikatan Kebelakang (*Resection*) 76
Tabel 4. 10 Data Koordinat *Wall Station* Acuan.....76
Tabel 4. 11 Nilai Koreksi Sudut Poligon *Box Cut*.....78
Tabel 4. 12 Koreksi Linier Poligon *Box Cut* 79
Tabel 4. 13 Nilai Sudut Dalam. Koreksi sudut dalam dan Nilai Azimuth Poligon *Box Cut*.....79
Tabel 4. 14 Nilai Koordinat *Wall Station* hasil perhitungan *Bowditch* poligon *Box Cut*.....80
Tabel 4. 15 Koordinat Titik Poligon Iterasi 1 Metode *Least Square*.....81
Tabel 4. 16 Tabel Matriks Parameter X iterasi 1.....81
Tabel 4. 17 Koordinat Titik Poligon Iterasi 2 Metode *Least Square*.....82
Tabel 4. 18 Tabel Matriks Parameter X iterasi 2.....83
Tabel 4. 19 Koordinat Titik Poligon Iterasi 3 Metode *Least Square*.....84
Tabel 4. 20 Tabel Matriks Parameter X iterasi 3.....84
Tabel 4. 21 Tabel Koordinat *Wall Station* dari Perhitungan *Least Square* Poligon *Box Cut* 85

Tabel 4. 22 Tabel Koreksi sudut dan toleransi sudut Perhitungan *Bowditch* Poligin Parsial 1 87
Tabel 4. 23 Tabel hasil Koreksi Linier perhitungan *Bowditch* Poligon Parsial 1.....87
Tabel 4. 24 Nilai Sudut dalam, koreksi sudut dalam dan Azimuth Poligon Parsial 1.....88
Tabel 4. 25 Koordinat Tititik Poligon Parsial 1 dengan perhitungan *Bowditch*.....88
Tabel 4. 26 Koordinat *Wall Station* DC1 18, 20, 25 metode *Bowditch* pada Poligon Parsial 1.....89
Tabel 4. 27 Matrik X Poligon Parsial 1 iterasi 1 89
Tabel 4. 28 Koordinat titik Poligon Iterasi ke 1 Poligon Parsial 1 90
Tabel 4. 29 Matrik X Poligon Parsial 1 iterasi 2 90
Tabel 4. 30 Koordinat titik Poligon Iterasi ke 2 Poligon Parsial 1 90
Tabel 4. 31 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 metode *Least Square*.....91
Tabel 4. 32 Toleransi Sudut perhitungan *Bowdicth* Poligon Parsial 2.....92
Tabel 4. 33 Koreksi Sudut perhitungan *Bowditch* poligon Parsial 2.....92
Tabel 4. 34 Nilai Sudut Dalam, Koreksi Sudut dalam dan Azimuth Poligon Parsial 2.....93
Tabel 4. 35 Nilai titik poligon perihtungan *Bowdicth* poligon Parsial 2.....93
Tabel 4. 36 Koordinat *Wall Station* Pehirungan *Bowdicth* poligon Parsial 2.....94
Tabel 4. 37 Nilai Matriks X iterasi 1 poligon Parsial 2.....95
Tabel 4. 38 Koordinat titik Poligon Parsial 2 Iterasi ke 1 95
Tabel 4. 39 Nilai Matriks X iterasi 2 poligon Parsial 2.....95
Tabel 4. 40 Koordinat titik Poligon Parsial 2 Iterasi ke 2 96

Tabel 4. 41 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 2 perhitungan *Least Square* Iterasi ke 2 96
Tabel 4. 42 Koordinat *Wall Station* Pengikatan Kebelakang DC1 18, 20, 25 97
Tabel 4. 43 Koordinat *Wall Statio*n DC1 38, 39 dan 40 97
Tabel 4. 44 Koordinat Titik Hasil Pengikatan Kebelakang 98
Tabel 4. 45 Parameter residu x perataan *Resection* 98
Tabel 4. 46 Koordinat Titik Hasil Pengikatan Kebelakang dengan perataan 99
Tabel 4. 47 Data Pengukuran perhitungan DC1 42 Pada Pengikatan Kebelakang 99
Tabel 4. 48 Koordinat Wall Station DC1 40, 39 dan 42 99
Tabel 4. 49 Koordinat Hasil perhitungan Pengikatan Kebelakang 100
Tabel 4. 50 Matriks X residu Perataan *Resection* 100
Tabel 4. 51 Koordinat Titik Hasil Pengikatan Kebelakang dengan perataan 100
Tabel 4. 52 Data Pengukuran perhitungan DC1 46 Pada Pengikatan Kebelakang 101
Tabel 4. 53 Koordinat *Wall Station* DC1 39, 42 dan 46 101
Tabel 4. 54 Koordinat Hasil Perhitungan Pengikatan Kebelakang 102
Tabel 4. 55 Matriks X residu Perataan *Resection* 102
Tabel 4. 56 Koordinat Titik Hasil Pengikatan Kebelakang dengan perataan 102
Tabel 4. 57 Data Pengukuran pehitungan DC1 48 Pada Pengikatan Kebelakang 103
Tabel 4. 58 Data Koordinat *Wall Station* DC1 42, 46, dan 48 . 103
Tabel 4. 59 Koordinat *Wall Station* Acuan 104
Tabel 4. 60 Koordinat *Wall Station* Poligon *Box Cut* Perhitungan *Bowditc*h 104
Tabel 4. 61 Koordinat *Wall Station* Poligon *Box Cut* perhtiungan *Least Square* 104

Tabel 4. 62 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 Perhitungan *Bowdicth* 105
Tabel 4. 63 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 perhitungan *Least Square* 105
Tabel 4. 64 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 2 Perhitungan *Bowditch* 106
Tabel 4. 65 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 2 Perhitungan *Least Square* 106
Tabel 4. 66 Koordinat Pehitungan Metode Pengikatan Kebelakang Resection 106
Tabel 4. 67 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon *Box Cut* perhitungan *Bowditch* dengan Koordinat *Wall Station* Acuan 107
Tabel 4. 68 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon *Box Cut* perhitungan *Least Square* dengan Koordinat *Wall Station* Acuan 107
Tabel 4. 69 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 perhitungan *Bowditch* dengan Koordinat *Wall Station* Acuan 108
Tabel 4. 70 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 Perhitungan *Least Square* dengan Koordinat Acuan 108
Tabel 4. 71 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 2 Perhitungan *Bowditch* dengan Koordinat Acuan 109
Tabel 4. 72 Nilai Selisih Koordina*t Wall Station* Poligon Parsial 2 Perhitungan *Least Square* dngan Koordinat Acuan 109
Tabel 4. 73 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Perhitungan Pengikatan Kebelakang dengan Koordinat Acuan .. 109
Tabel 4. 74 Nilai RMSE Poligon *Box Cut* perhitungan *Bowditch* dengan Nilai Acuan 110
Tabel 4. 75 Nilai RMSE Poligon *Box Cut* perhitungan *Least Square* dengan Nilai Acuan..... 111

Tabel 4. 76 Nilai RMSE Poligon Parsial 1 perhitungan *Bowditch* dengan Nilai Acuan 111
Tabel 4. 77 Nilai RMSE Poligon Parsial 1 perhitungan *Least Square* dengan Nilai Acuan 111
Tabel 4. 78 Nilai RMSE Poligon Parsial 2 perhitungan *Bowditch* dengan Nilai Acuan 112
Tabel 4. 79 Nilai RMSE Poligon Parsial 1 perhitungan *Least Square* dengan Nilai Acuan 112
Tabel 4. 80 Nilai RMSE perhitungan Pengikatan Kebelakang dengan Nilai Acuan 112
Tabel 4. 81 Perhitungan RMSE keseluruhan Metode perhitungan 113
Tabel 4. 82 Hasil Perhitungan *Ellips Error* Poligon *Box Cut* ... 114
Tabel 4. 83 Plot e*rror elip*s setiap titik Poligon *Box Cu*t 115
Tabel 4. 84 Hasil Perhitungan *Elips Error* Poligon Parsial 1.... 119
Tabel 4. 85 Plot e*rror elip*s setiap titik Poligon Parsial 1 120
Tabel 4. 86 Hasil Perhitungan *Ellips Error* Poligon Parsial 2... 121
Tabel 4. 87 Plot e*rror elip*s setiap titik Poligon Parsial 2 122

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengambilan data Lapangan 129
Lampiran 2 Wall Station.....130
Lampiran 3 Peralatan yang digunakan 131
Lampiran 4 *Calibration Certificate* Instrument PT. Bumi Suksesindo 132
Lampiran 5 Perhitungan Bowditch Poligon *Box Cu*t 134
Lampiran 6. Matriks Perhitungan *Least Square* Poligon *Box Cut***.** 135
Lampiran 7 Perhitungan *Bowditch* Poligon Parsial 1 138
Lampiran 8. Matriks Perhitungan Least Square Poligon Parsial 1 139
Lampiran 9. Perhitungan *Bowditch* poligon parsial 2 141
Lampiran 10. Matriks Perhitungan *Least Square* poligon parsial 2 142

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertambangan merupakan salah satu elemen penting dalam pertumbuhan perekonomian Negara Indonesia (Hidayat 2014). Kegiatan pertambangan dapat dirasakan langsung oleh masyarakat Indonesia serta warga sekitar daerah lokasi pertambangan, yaitu peningkatan infrasruktur dan ekonomi warga setempat. Dengan dikuasai oleh Negara, maka kekayaan sumber daya alam yang kita miliki, seluruhnya adalah untuk kepentingan seluruh rakyat (Asshiddiqie 2010). Selain itu kegiatan pertambangan sangat penting dilakukan untuk memenuhi kebutuhan serta keberlangsungan hidup manusia dalam era yang serba modern.

Pertambangan terdiri dari beberapa tahapan, salah satunya yaitu tahap ekploitasi. Eksploitasi pertambangan secara umum dibagi menjadi 2 jenis yaitu tambang terbuka (*Open Pit)* dan tambang bawah tanah *(Underground Mine).* Eksploitasi adalah segala bentuk upaya atau kegiatan yang dilakukan untuk mengambil sumber daya potensi yang terdapat pada wilayah tersebut. Pada pertambangan, eksploitasi dilakukan untuk mendapatkan hasil tambang, karena proses penggalian ini pada area pertambangan selalu terjadi perubahan topografi. Perubahan ini berlangsung terus – menerus seiring dengan berjalannya eksploitasi. Oleh karena itu diperlukan pengukuran yang berkala untuk memastikan ketersedian data topografi tersebut.

Dalam memperoleh data topografi, dilakukan kegiatan survei pemetaan topografi, Survei topografi merupakan pemetaan permukaan bumi fisik dan kenampakan hasil budaya manusia (Basuki 2011), yang merupakan pekerjaan utama dalam tambang bawah tanah. Kegiatan eksploitasi dan eksplorasi dilakukan di bawah

tanah, sehingga diperlukan data topografi bawah tanah untuk membantu keberlangsungan kegiatan pertambangan.

Dalam pengamatan posisi di dalam bawah tanah, penentuan titik kontrol dan detil situasi adalah kunci dari kegiatan survei topografi dan data topografi didapatkan. Penentuan titik kontrol pada survei topografi didapatkan dengan berbagai metode dan tahapan, seperti metode unting unting *Wall Station* gantung dan *Wall Station* dinding. Penggunaan metode *Wall Station* memiliki kestabilan posisi yang cukup baik karena bertempat pada dinding *Decline (*Terowongan bawah tanah), dan pada metode ini alat ukur tidak dapat berdiri pada titik *Wall Station* dan harus menggunakan metode yang lain untuk perhitungan koordinat. Pada tambang bawah tanah penentuan posisi ini dapat dilakukan dengan penarikan dari titik kontrol yang ada di permukaan tambang ke titik kontrol yang ada di bawah tanah.

PT. Bumi Suksesindo merupakan suatu perusahaan pertambangan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) dengan konsesi utama di Tujuh Bukit Operation. Dalam pengelolaan *minesite,* PT. Bumi Suksesindo menggunakan metode *Undeground Project* / tambang bawah tanah. Yang dimana penentuan posisi dan pendapatan titik kontrol, dilakukan dengan metode Pengikatan Kebelakang, dengan menggunakan bantuan alat *Total Station* dan *Wall Station.* Kegiatan pengamatan titik kontrol ini akan dilakukan dengan koreksi secara rutin dengan menggunakan metode poligon kecil (dari titik kontrol sebelumnya ke kontrol titik yang baru) hal ini dikarenakan kegiatan validasi ini dilakukan untuk efisiensi kegiatan dan waktu yang dibutuhkan, oleh karena itu diperlukan pengamatan poligon besar (Satu kali *Loop* dari titik kontrol utama hingga titik kontrol yang baru). Kegiatan pengamatan titik kontrol dengan menggunakan poligon besar dilakukan untuk

mengurangi kesalahan pengamatan yang dilakukan oleh pengukuran poligon kecil dan metode pengikatan kebelakang.

Metode pengikatan ke belakang dilakukan dengan mendapatkan satu titik yang tidak diketahui koordinatnya dari tiga titik kontrol yang telah diketahui koordinatnya. Pada pengukuran poligon tertutup dilakukan penentuan posisi suatu titik dari titik yang diketahui dan kembali ke titik tersebut. Oleh karena itu hasil koordinat posisi dari metode pengikatan ke belakang ini akan dibandingkan dengan hasil pengukuran poligon yang akan memperoleh perbandingan kesalahan dan perbedaan antara kedua metode tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan hasil koordinat titik kontrol dengan menggunakan poligon tertutup dan metode pengikatan ke belakang?
2. Apakah ada perbedaan nilai koordinat antara titik kontrol dengan kedua metode tersebut?
3. Apakah faktor yang mempengaruhi perbedaan antara kedua metode tersebut?
4. Bagaimana analisis hasil perbedaan kedua metode pada pengukuran titik control bawah tanah?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi titik kontrol yang digunakan pada bawah tanah dengan menggunakan dua metode pengukuran yaitu dengan metode poligon dan metode pengikatan ke belakang.

2. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat yaitu total stasion dan bantuan prisma dan *Wall Stasiun Prisma*.
3. Perbandingan hasil titik kontrol (X, Y) tambang bawah tanah dengan menggunakan metode poligon tertutup dan meode pengikatan ke belakang.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Untuk mendapatkan nilai dengan kesalahan terkecil dalam mendapatkan titik kontrol pada pemetaan survei bawah tanah.
2. Untuk mengetahui kesalahan apa saja yang mempengaruhi antara kedua metode tersebut.
3. Untuk mengidentifikasi ketelitian dan hasil perbandingan antara kedua metode tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah dapat diketahui metode apakah yang lebih baik digunakan dalam survey tambang bawah tanah dan berapa kesalahan yang akan terjadi antara kedua metode tersebut.

.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PT. Bumi Suksesindo

Menurut website resmi PT Bumi Suksesindo (2017), PT Bumi Suksesindo (BSI) merupakan perusahaan pertambangan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN), yang berdasarkan Keputusan Bupati Banyuwangi No. 188/547/KEP/429.011/2012 tanggal 9 Juli 2012 BSI telah memiliki Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi (IUP OP) seluas 4.998 ha. Terletak di Desa Sumberagung, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur dengan kegiatan utama saat ini terfokus pada unit bisnis produksi emas dan tembaga di Tujuh Bukit Operation atau yang lebih dikenal dengan sebutan Tumpang Pitu. Kualitas sumber daya mineral pada Tujuh Bukit Operation diakui negara sebagai aset dengan nilai sangat strategis. BSI kemudian ditetapkan sebagai Obyek Vital Nasional (Obvitnas) pada tanggal 26 Februari 2016.

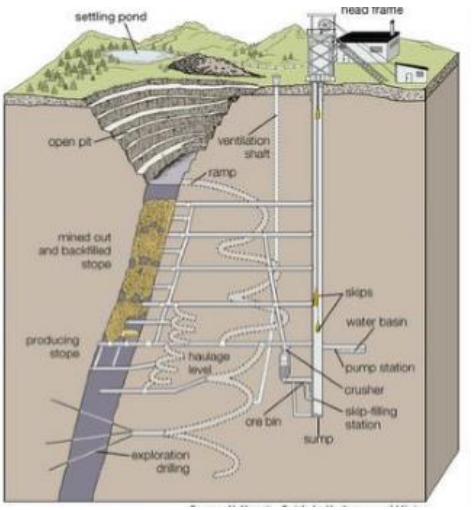
Sebagai wujud komitmen untuk senantiasa melibatkan Pemerintah Kabupaten Banyuwangi dalam keberlanjutan perusahaan, BSI memberikan kepemilikan dengan hibah saham tanpa beban apapun kepada mereka sejak tahun 2013 sebesar 10%, yang kemudian mengalami penyesuaian setelah penutupan Penawaran Umum Perdana Saham (IPO) pada 19 Juni 2015 menjadi sebesar 6,42%. Ini merupakan satu-satunya saham hibah yang diberikan oleh perusahaan tambang emas kepada pemerintah daerah dimana lokasi tambang berada (website resmi Pt. Bumi Suksesindo, diakses pada 9 februari 2020 pukul 15.45 WIB).

BSI memulai produksi pada lapisan oksida dengan penambangan bijih (*ore*) perdana per tanggal 1 Desember 2016, sekaligus menandai peralihan kegiatan perusahaan dari tahap pembangunan (konstruksi) ke tahap produksi (operasi).

Pada kuartal pertama (17 Maret 2017) *Tujuh Bukit Operatio*berhasil memproduksi sebesar 25.063 oz emas dan 6.420 oz perak. Menerapkan konsep *green mining, s*emua aktivitas di tambang emas Tujuh Bukit sangat terbuka untuk kepentingan publik sesuai batasan peraturan perundang-undangan. Pelaksanaan aktivitas teknikal, operasional, administratif dan hubungan eksternal lainnya dilakukan oleh BSI dengan melibatkan sekitar 1.500 karyawan dimana 99% adalah WNI dan hampir 62% merupakan anak-anak muda Kabupaten Banyuwangi.

2.2 Tambang Bawah Tanah

Menurut Supratman (2018) mengatakan bahwa, Tambang bawah tanah (*underground mining*) adalah metode penambangan yang segala kegiatan atau aktivitas penambangannya dilakukan di bawah permukaan bumi dan tempat kerjanya tidak langsung berhubungan dengan udara luar.



Gambar 2. 1 Sistem penambangan bawah tanah
(Hamrins 1980)

Pemilihan metode penambangan pada awalnya didasarkan pada letak endapan relatif terhadap permukaan dangkal/dalam dan setelahnya mengacu pada keuntungan terbesar yang akan diperoleh serta mempunyai perolehan tambang yang terbaik dengan memperhatikan karakteristik unik di daerah yang akan ditambang (meliputi: alam, geologi, lingkungan, dll).

Syarat-syarat penerapan tambang bawah tanah, prinsip pokok eksploitasi tambang bawah tanah adalah memilih metode penambangan yang paling cocok dengan keunikan karakter (sifat alamiah, geologi, lingkungan, dll) endapan mineral dan batuan yang akan ditambang, dengan memperhatikan batasan tentang keamanan, teknologi dan ekonomi. Batasan keekonomian berarti bahwa dengan biaya produksi yang rendah tetapi diperoleh keuntungan pengembalian yang maksimum (*return the maximum profit* ataupun *rate of return ROR*) serta lingkungan.

Untuk menentukan tambang bawah tanah harus memperhatikan:

1. Karakteristik penyebaran deposit atau geometri deposit (*massive, vein, disseminated, tabular, platy, sill, etc*)
2. Karakteristik geologi dan hidrologi (patahan, sesar, air tanah, permeabilitas)
3. Karakteristik geoteknik (kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kohesi, *Rock Mass Rating, Q-System*, dll)
4. Faktor-faktor teknologi (hadirnya teknologi baru, penguasaan teknologi, Sumber Daya Manusia, dll)
5. Faktor lingkungan (limbah pencucian, tailing, amblesan, sedimentasi, dll).

Jenis-jenis pekerjaan pada tambang bawah anah antara lain:

1. Penyiapan sarana dan prasarana di permukaan

Gambar 2. 2 Permukaan tambang
(PT. Bumi Suksesindo)

2. Penyiapan sarana dan pekerjaan bawah tanah, meliputi:
   a. Pembuatan jalan masuk utama (*main acces pada primary development*)

Gambar 2. 3 Jalan masuk tambang
(PT. Bumi Suksesindo)

   b. Pembuatan lubang-lubang sekunder dan tersier (*secondary development dan tertiary development*)

Gambar 2. 4 Lubang *stockpile* sebagai lubang sekunder (PT. Bumi Suksesindo)

3. Kegiatan eksploitasi: *breaking (loosening)* dengan pemboran dan peledakan, pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling*, *transporting*)

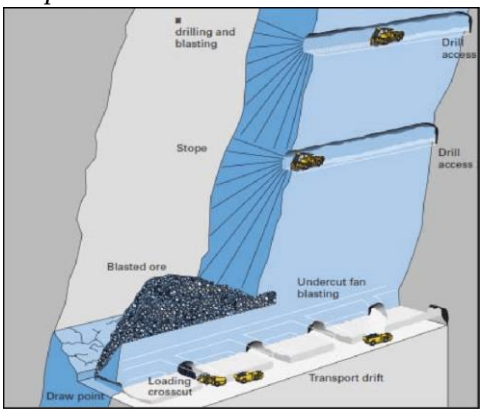
Gambar 2. 5 Kegiatan *Exploration* pada lubang sekunder (PT. Bumi Suksesindo)

4. Penanganan dan operasi pendukung: penyanggaan, penerangan, ventilasi, keselamatan kerja, dll.

Gambar 2. 6 Ventilasi untuk fasilitas pendukung tambang
(PT. Bumi Suksesindo)

Menurut (Supratman 2018) metode tambang bawah tanah terbagi mejadi beberapa metode sebagai berikut:

1. *Open Stope Methodes*



Gambar 2. 7 *Open Stope Methodes*
(Atlas Copco 2007)

Open Stope Methodes adalah sistem tambang bawah tanah dengan ciri-ciri:

- Sedikit memakai penyangga, atau hampir tidak ada.

- Umumnya merupakan cara penambangan sederhana, atau tradisional.
- Bisa menggunakan buruh-buruh yang tidak terlatih.
- Cocok untuk endapan bijih.
- Endapan bijih dan batuan induk relatif keras, sehingga tidak mudah runtuh.

2. *Supported Stope Methodes*

   Supported Stope Methodes adalah metode penambangan bawah tanah yang menggunakan penyangga dalam proses penambangannya. Secara umum ciri-ciri *Supported Stope Methodes* antara lain: Cocok untuk endapan bijih serta batuan induk yang lunak.& cara penambangannya secara sistematik (Supratman 2018).

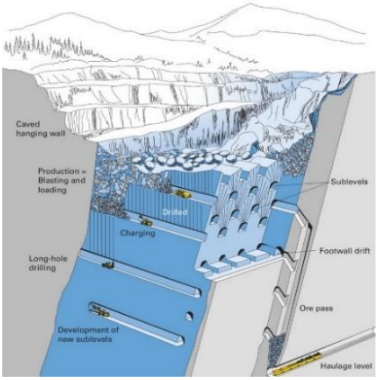
3. *Caving Methodes*

   Caving method disebut juga metode ambrukan, yang dibagi menjadi:

   a. *Top Slicing*

      Suatu penambangan untuk endapan-endapan bijih dan lapisan penutup (*overburden*) yang lemah atau mudah runtuh.

   b. *Sub Level Caving*



Gambar 2. 8 *Sub Level Caving*
(Atlas Copco 2007)

Merupakan suatu cara penambangan yang mirip *top slicing* tetapi penambangan dari sub level, artinya penambangan dari atas ke bawah dan setiap penambangan pada suatu level dilakukan lateral atau meliputi seluruh ketebalan bijih (Supratman 2018).

Berdasarkan pembagian metode penambangan di atas, dapat kita ketahui bahwa penambangan metode penambangan batubara dipisahkan dari metode-metode yang lain.

2.3 Pemetaan Terestris

Pengukuran terestris di dalam pemetaan topografi cara terestris, titik-titik di muka bumi dikelompokan menjadi dua kelompok besar yaitu kelompok titik-titik kerangka dasar dan kelompok titik-titik detail. Titik-titik kerangka dasar adalah sejumlah titik yang dibuat dan dipasang di lapangan (dengan tanda pengenal patok kayu dan pilar beton) yang merupakan kerangka dasar pemetaan dengan fungsi sebagai titik pengikat pengukuran titik-titik detail, serta pengontrol pengukuran titik-titik lainnya (Basuki 2006). Titik-titik detail adalah titik-titik yang ada di lapangan yang merupakan antara lain titik-titik pojok bangunan, titik-titik batas tanah, titik-titik sepanjang pinggiran jalan serta titik-titik lain yang letak dan kerapatannya ditentukan untuk menggambarkan bentuk dari permukaan tanah (Nurjati 2004).

Pemetaan Terestris atau biasa disebut ilmu ukur tanah secara praktis mempunyai tujuan menggambarkan bayangan sebagian atau seluruh permukaan bumi kedalam suatu kertas yang disebut peta. Secara ilmiah, ilmu ukur tanah mempunyai tujuan menentukan bentuk bumi (Nurjati 2004).

2.3.1 Staking Out

Pekerjaan *staking out* adalah pekerjaan memindahkan/ mentransfer titik-titik yang ada di peta perencanaan ke lapangan (permukaan bumi) berdasarkan data yang ada pada desain kontruksi dan perencanaan dengan menggunakan alat Theodolit / *Total Station* / GPS. (Hendriatiningsih 1979).

2.3.2 Pemetaan Detil Situasi

Topografi Pemetaan Topografi adalah pemetaan permukaan bumi fisik dan kenampakan hasil budaya manusia. Unsur relief disajikan dalam bentuk garis kontur. Skala peta berkisar antara 1: 500 sampai 1: 250.000 dengan interval garis kontur antara 0,25 samapai 125 meter (Purwohardjo 1986).

Pemetaan Situasi Detil *Tachymetri* adalah pemetaan untuk titik-titik detil. Detil adalah segala obyek yang ada di lapangan, baik yang bersifat alamiah seperti: sungai, lembah, bukit alur, rawa, dll, maupun hasil budaya manusia seperti: jalan, jembatan, gedung, lapangan, stasiun, selokan, dll yang akan dijadikan isi dari peta yang akan dibuat. Pemilihan detil dan teknik pengukurannya dalam pemetaan sangat tergantung dari tujuan peta itu dibuat. Misal untuk peta teknik, maka yang diperlukan adalah unsur-unsur topografinya serta detil alamiah maupun hasil budaya manusia yang kongkrit di lapangan (Purwohardjo 1986).

Metode ini merupakan cara yang paling banyak digunakan dalam praktik pengukuran detil situasi, terutama untuk pemetaan daerah yang luas dan untuk detil – detil yang bentuknya tidak beraturan. Dengan cara ini pun, bentuk permukaan tanah dapat dengan mudah dipetakan. Data yang harus diamati dari tempat berdiri alat ke titik bidik

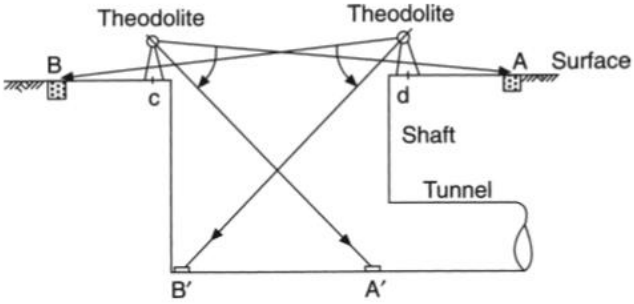
menggunakan peralatan ini meliputi: azimuth magnet, benang atas, tengah dan bawah pada rambu yang berdiri di atas titik bidik, sudut miring, dan tinggi alat ukur di atas titik tempat berdiri alat sehingga didapatkan unsur jarak mendatar dan beda tinggi.

2.3.3 Pengukuran Bawah Tanah

Masalah penting dalam survei bawah tanah adalah bahwa dari orientasi survei bawah tanah untuk survei permukaan, prosedur yang terlibat disebut korelasi. Dalam sistem angkutan bawah tanah, misalnya, terowongan didorong untuk menghubungkan poros miring atau vertikal (titik masuk permukaan ke sistem transportasi) yang lokasi relatifnya ditetapkan oleh survei permukaan.

Dengan demikian jaringan kontrol bawah tanah harus terhubung dan berorientasi ke sistem koordinat yang sama dengan jaringan permukaan. Koordinat setidaknya satu stasiun kontrol bawah tanah dan bantalan setidaknya satu baris jaringan bawah tanah, relatif terhadap jaringan permukaan. Jika masuk ke sistem terowongan bawah tanah adalah melalui poros miring, maka survei permukaan hanya dapat diperpanjang dan terus turun poros itu dan ke dalam terowongan, biasanya dengan metode *traversing* (Schofield W, M Breach 2007).

- Metode Optik



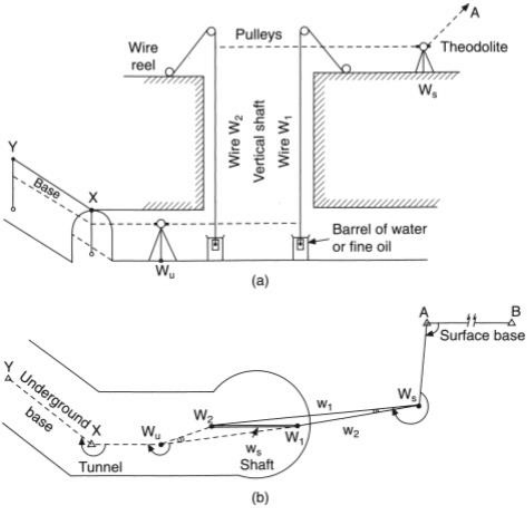
Gambar 2. 9 Metode Optik
(Schofield W, M Breach 2007)

Merupakan metode yang digunakan dengan dimana poros dangkal dan diameter yang relatif besar bantalan permukaan garis mungkin ditransfer ke bawah poros oleh *instrument* pengukuran/ *Theodolite*. Stasiun permukaan A dan B adalah bagian dari sistem kontrol dan mewakili arah terowongan. Stasiun bantu c dan d didirikan sejajar dengan A dan B menggunakan Theodolite pada kedua permukaan dan dengan memperhatikan semua sumber kesalahan. Titik A dan B kemudian ditransfer ke AB di bawah poros dengan pengamatan langsung. Sekali lagi pengamatan ini harus dilakukan pada kedua titik dengan acuan pengukuran tidak dilakukan terlalu curam. Jika koordinat d diketahui maka koordinat B bisa diperbaiki dengan mengukur sudut vertikal dan jarak ke reflektor pada B (Schofield W, M Breach 2007).

- Metode Mekanis

  Konsep dasar adalah bahwa kabel yang menggantung bebas dalam poros akan menempati posisi yang sama bawah tanah yang mereka lakukan di permukaan, dan karenanya bantalan dari bidang kawat akan tetap konstan di seluruh poros (Schofield W, M Breach 2007).

- Metode segitiga *Weisbach*



Gambar 2. 10. Metode Segitiga *Weisbach*
(Schofield W, M Breach 2007)

Prinsipnya adalah untuk mendapatkan bantalan dan koordinat dari dasar kawat relatif terhadap dasar permukaan. Nilai ini kemudian dapat ditransfer ke pangkalan bawah tanah. Dalam rangka untuk menetapkan bantalan dari dasar kawat di permukaan, perlu untuk

menghitung sudut Ws W2 W1 dalam segitiga (Schofield W, M Breach 2007).

- *Gyro theodolite*

Gambar 2. 11 Gryo-Theodolite
(Schofield W, M Breach 2007)

Sebuah alternatif untuk penggunaan metode *Wire* adalah *Gyro-Theodolite*. Ini adalah giroskop mencari Utara terintegrasi dengan *theodolite*, dan dapat digunakan untuk berorientasi garis dasar bawah tanah relatif ke utara benar. *Theodolite* adalah instrumen yang memungkinkan pengguna untuk mengamati perbedaan dalam bantalan, yaitu sudut, antara dua stasiun yang jauh. Meskipun sudut diamati, sering bantalan (relatif terhadap grid Utara) atau azimuth (relatif ke utara benar) yang sebenarnya diperlukan. Giroskop ditangguhkan adalah perangkat yang dapat dilampirkan ke sebuah Theodolite untuk memungkinkan pengamatan dari azimuth daripada sudut, yang akan diambil, misalnya, untuk memeriksa

melewati melintasi di pertambangan atau tunneling bekerja. *Agyroscopic azimuth* adalah azimuth yang ditentukan dengan *gyrotheodolite*. Jika *gyrotheodolite* telah dikalibrasi pada garis *azimuth Astronomic* yang dikenal maka *azimuth gyroscopic* secara efektif sama seperti *azimuth Astronomic* karena astronomis dan Utara *gyroscopic* keduanya didefinisikan dalam hal sumbu rotasi bumi vertikal dan seketika (Schofield W, M Breach 2007).

- Pengamatan posisi dengan *Wall Station*

Gambar 2. 12. Metode pengukuran *Wall Station*
(PT. Bumi Suksesindo)

Yaitu metode yang digunakan dengan menggunakan bantuan *Reflektor portable/* yang ada didalam tambang bawah tanah, dan dapat dipindahkan dari 1 titik ke titik yang lain dengan penempatan posisi dilakukan pada dinding tambang bawah tanah. Penempatan posisi *Wall Station* ini dilakukan dengan

menggunakan metode secara terestris dari titik yang diketahui di luar tambang dan akan ditempatkan pada diding tambang yang diperlukan (PT. Bumi Suksesindo).

2.4 Metode Poligon

Metode Poligon adalah metode penentuan posisi lebih dari satu titik dipermukaan bumi, yang terletak memanjang sehingga membentuk segi banyak (Wongsotjitro 1977). Pemilihan metode pengukuran berpengaruh pada ketepatan hasil pengukuran. Dalam ilmu ukur wilayah salah satu metode yang dapat digunakan adalah melalui metode pengukuran poligon (Tribhuwana 2018). Poligon adalah segi banyak yang sering digunakan dalam pengadaan kerangka dasar pemetaan karena sifatnya yang fleksibel dan kesederhanaan hitungannya. Fleksibel dalam arti bahwa pengukuran poligon dapat mengikuti berbagai bentuk medan pengukuran, mulai dari yang paling sederhana; misalnya berupa segitiga; sampai bentuk kompleks, misalnya segi n dengan variasi *loop* (n adalah jumlah sisi poligon yang tak terbatas).

Menurut Amir (1998) Pengukuran Poligon tertutup adalah pengukuran deretan titik-titiknya terikat kepada satu titik tetap yang berfungsi sebagai titik awal dan akhiran. Artinya, pengukuran yang mempunyai titik awal dan akhir yang sama. Poligon tertutup ini, adalah poligon sempurna yang mebentuk geometrik tertutup. Dengan demikian hasil pengukuran dapat dikontrol dan diketahui kesalahannya

Menurut Wongsoetjitro (2008) menggunakan istilah poligon pada pembahasannya tentang penentuan koordinat titik-titik suatu tempat dengan cara membuat segi banyak yang panjang dan terhubung satu sama lain. Menggunakan istilah poligon dan membaginya secara lebih rinci menjadi berbagai

jenis: terikat, lepas, poligon utama, dan poligon cabang (Frick 1979). (Brinker, Wolf, Elfick, & Fryer 1984) mendefinisikan poligon secara lebih tegas sebagai serangkaian garis berurutan yang panjang dan arahnya telah ditentukan dari pengukuran. Menurutnya, pengukuran poligon merupakan pekerjaan menetapkan stasiun-stasiun poligon, dan membuat pengukuran-pengukuran yang perlu, dan merupakan cara yang paling dasar dan paling banyak dilakukan untuk menentukan letak titik-titik.

Untuk perhitungan poligon lima model dasar perataan poligon yaitu (1) metode sembarang, (2) aturan transit, (3) aturan *Bowditch*, (4) metode *Crandall*, (5) Aturan Kuadrat Terkecil (Brinker, Wolf 1984).

1. Metode sembarang
   Metode pertaan ini dilakukan untuk memberikan bobot pertaan yang sesuai dengan pengukuran berdasarkan ketelitian yang diharapkan dari masing masing pengukuran yang dilakukan. (Brinker, Wolf 1984).
2. Aturan Transit
   Metode yang digunakan dengan pengukuran sudut akan diukur dengan ketelitian lebih tinggi daripada pengukuran jarak (Brinker, Wolf 1984).
3. Aturan *Bowditch*
   Nama lain adalah aturan Kompas, yang dimana pengukuran jarak dan sudut diukur dengan keseksamaan yang sama. Pada penggunaan metode ini kesalahan pengukuran akan dibagi secara merata pada seluruh jumlag titik poligon, sehingga menghasilkan kesalahan penutup yang sempurna (Brinker, Wolf 1984).
4. Metode *Crandall*

Yaitu aturan yang dilakukan dengan meratakan kesalahan penutup sudut didistribusikan pada seluruh titik poligon dan diratakan dan kemudian dianggap sudah pasti (Brinker, Wolf 1984).

5. Aturan Kuadrat Terkecil
   Yaitu aturan perhitungan poligon dengan mertakan pengukuran pengukuran sudut dan linier untuk membuat jumlah kuadrat residualnya bernilai minimum (Brinker, Wolf 1984)

Pada pembahasan perhitungan poligon dibawah akan dijelaskan dengan metode *Bowditch* dan metode Kuadrat Terkecil

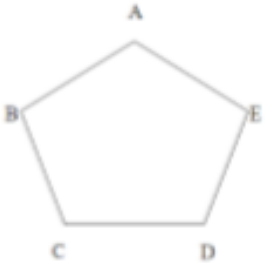
2.4.2 Poligon Terbuka

Poligon terbuka adalah suatu poligon yang titik awalnya dan titik akhirnya merupakan titik yang berlainan (tidak bertemu pada suatu titik).

Gambar 2. 13. Poligon Terbuka
(Nurjati 2004)

2.4.3 Poligon Tertutup

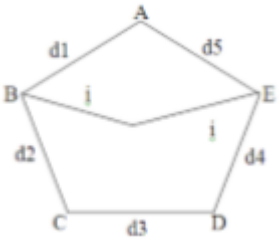
Poligon tertutup adalah suatu poligon yang titik awalnya dan titik akhirnya bertemu pada satu titik yang sama. Pada poligon tertutup, koreksi sudut dan koreksi koordinat tetap dapat dilakukan karena titik awal dan titik akhir pada titik yang sama.



Gambar 2. 14 Poligon Tertutup
(Nurjati 2004)

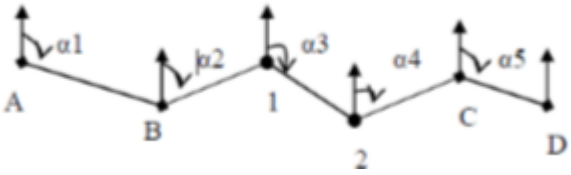
2.4.4 Poligon Cabang

Poligon bercabang adalah suatu poligon yang dapat mempunyai satu simpul atau lebih titik simpul, yaitu titik dimana cabang itu terjadi. Cabang ini dapat berbentuk cabang terbuka ataupun cabang tertutup.



Gambar 2. 15 Poligon Bercabang
(Nurjati 2004)

2.4.5 Perhitungan Poligon



Gambar 2. 16 Perhitungan Sudut Jurusan
(Nurjati, 2004)

Menghitung Jarak:

$$\boldsymbol{dAB} = \sqrt{(\mathbf{XB} - \mathbf{XA})^{\mathbf{2}} + (\mathbf{YB} - \mathbf{YA})^{\mathbf{2}}} \quad (2.1)$$

Menghitung Sudut Jurusan:

$$\boldsymbol{aAB} = \boldsymbol{arc\ tan}\frac{\mathbf{XB}-\mathbf{XA}}{\mathbf{YB}-\mathbf{YA}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\boldsymbol{dAB}$	: Jarak antara titik A ke B
$\boldsymbol{aAB}$	: Sudut Azinuth A Ke B
XA	: Koordinat absis titik A
XB	: Koordinat absis titik B
YA	: Koordinat ordinat titik A
YB	: Koordinat ordinat titik B

Untuk rumus di atas digunakan apabila koordinatnya diketahui. Biasanya untuk menentukan nilai azimuth awal dan akhir berdasarkan titik ikat yang telah diketahui.

2.4.4.1 Poligon Tertutup Terikat Sempurna

1. Perhitungan koreksi sudut masing-masing

- Syarat penutup sudut (sudut dalam)
  $$\Sigma\beta = (n-2)180^{o} \quad (2.3)$$
- Koreksi sudut (sudut dalam)
  $$\Sigma\beta = (n-2)180^{o} + f\beta \quad (2.4)$$
- Syarat penutup sudut (sudut luar)
  $$\Sigma\beta = (n+2)180^{o} \quad (2.5)$$
- Koreksi sudut (sudut luar)
  $$\Sigma\beta = (n+2)180^{o} + f\beta \quad (2.6)$$

  Keterangan:
  $\Sigma\beta$ = Jumlah sudut pengukuran
  n = Jumlah titik pengukuran
  $f\beta$ = koreksi penutup sudut

2. Perhitungan sudut arah (azimuth)
   Setelah didapatkan koreksi sudut ($f\beta$), kemudian ditambahkan atau direduksikan ke masing-masing titik pengukuran hal ini dilakukan dengan membagi hasil ($f\beta$) dengan jumlah titik poligon, maka diperoleh sudut yang telah terkoreksi (β'). Perhitungan azimuth masing-masing arah dengan rumus:

   $$\alpha_{nn} = \alpha_{nn+1} \pm 180^{o} \pm \beta' \quad (2.7)$$

   Keterangan:
   α_n = Azimuth dari n ke n
   α_{n+1} = Azimuth dari n ke n+1
   β' = Sudut β terkoreksi

3. Perhitungan selisih absis (Δx) dan selisih ordinat (Δy)

- Selisih absis:
$$(\Delta \boldsymbol{x}) = \boldsymbol{d} \sin \boldsymbol{\alpha} \quad (2.8)$$
- Selisih ordinat:
$$(\Delta \boldsymbol{y}) = \boldsymbol{d} \cos \boldsymbol{\alpha} \quad (2.9)$$
- Syarat Absis
$$\sum(\Delta \boldsymbol{x}) = 0 \quad (2.10)$$
- Koreksi Absis
$$fx = \sum(\Delta \boldsymbol{x}) \quad (2.11)$$
- Syarat Ordinat
$$\sum(\Delta y) = 0 \quad (2.12)$$
- Koreksi Ordinat
$$fy = \sum(\Delta \boldsymbol{y}) \quad (2.13)$$

Keterangan:

d	= jarak antara 2 titik
$\boldsymbol{\alpha}$	= Azimuth dua titik
fx	= jumlah selisih absis
fy	= jumlah selisih ordinat

4. Perhitungan kesalahan penutup absis dan penutup ordinat

$$(\Delta \boldsymbol{x}') = \Delta \boldsymbol{x} - \left(\left(\frac{d}{\sum d}\right) . fx\right) \quad (2.14)$$

$$(\Delta y') = \Delta y - \left(\left(\frac{d}{\sum d}\right) . fy\right) \quad (2.15)$$

Keterangan:

d	= Jarak antara 2 titik
$\sum$d	= Jumlah jarak poligon
fx	= Jumlah selisih absis
fy	= Jumlah selisih ordinat

5. Perhitungan koordinat titik:

$$X_n = X + \Delta x' \quad (2.16)$$
$$Y_n = Y + \Delta y' \quad (2.17)$$

Keterangan:

X_n = Absis yang dicari
X = Absis yang diketahui
Y_n = Absis yang dicari
Y = Ordinat yang diketahui
Δx = Selisih Absis
Δy = Selisih Ordinat

2.4.4.2 Toleransi Pengukuran

Disamping menentukan koordinat x dan y, turut diperhatikan pula toleransi dalam pengukuran, baik toleransi sudut maupun jarak. Toleransi pengukuran sudut (Nurjati 2004):

$$\mathbf{f\beta \leq i\sqrt{n}} \qquad (2.18)$$

Keterangan:

fβ = Salah penutup sudut
i = Bacaan ketelitian alat
n = Jumlah titik poligon

Toleransi pengukuran jarak:

$$\frac{\sqrt{\mathbf{fx^2+fy^2}}}{\mathbf{\sum d}} \leq \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{20000}} \qquad (2.19)$$

Keterangan:

$\sqrt{fx^2 + fy^2}$ = Kesalahan linier
Σd = Jumlah jarak antar titik sudut

2.5 ***Least Square***

Hitung perataan merupakan suatu metode untuk menentukan nilai koreksi yang harus diberikan pada hasil pengukuran, sehingga hasil pengukuran tersebut memenuhi syarat geometri (Wolf 2002). Syarat geometri ini harus terpenuhi dari hubungan suatu pengukuran dengan pengukuran lain. Sifat statistik dari pengukuran dianalisis berdasarkan pembahasan dari stokastik dan model matematis dan hukum varian kovarian perambatan variabel acak (Leick, 2004). Hitung kuadrat terkecil bertujuan agar jumlah kuadrat residualnya minimum, dan tidak mungkin ada nilai hasil hitungan lain yang jumlah kuadrat residualnya lebih kecil. Hitung kuadrat terkecil berhubungan erat dengan dua komponen penting, yaitu model matematik. Matriks varian kovarian yang berisi tentang ketelitian observasi merupakan komponen ketelitian yang berasal dari kalibrasi *instrument*. Model matematis menunjukkan hubungan antara parameter (u) dan hasil observasi (n), untuk model matematis secara umum sebagai berikut (Leick 2004):

$$\mathbf{La = f(Xa)} \tag{2.20}$$

Dimana:

La : matriks nilai observasi

f(Xa) : fungsi dari parameter

konsep dari perhitungan kuadrat terkecil dilakukan dengan cara mencari nilai hasil penjumlahan kuadrat residunya minimum

$$(V^T PV) = \text{minimum} \tag{2.21}$$

V : Matriks Residu

V^T : Matriks Transpose dari Matriks Residu
P : Matriks Bobot

Hitung perataan metode parameter terkendala minimum (*minimum constraint*). Salah satu metode hitung kuadrat terkecil adalah metode parameter. Suatu matriks yang memiliki kekurangan rank (*rank deficiency*) akan menyebabkan matriks tersebut singular sehingga terdapat perataan dengan persyaratan minimal sesuai kekurangan ranknya, yaitu metode parameter *minimum constraint* (Soeta'at 1994).

Tujuan dari hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter adalah untuk mendapatkan nilai koordinat estimasi terbaik. Metode parameter memiliki syarat pengukuran lebih, atau hasil observasinya melebihi jumlah parameter yang dicari (redundan), karena terdapat pengukuran yang lebih sehingga terdapat suatu derajat kebebasan (r). Derajat kebebasan dinyatakan sebagai berikut:

$$r = n - u \tag{2.22}$$

dimana:
r: jumlah derajat kebebasan
n: jumlah pengukuran
u: jumlah parameter yang dicari

Hitung perataan *minimum constraint* merupakan suatu penyelesaian hitung perataan dengan penetapan titik yang dianggap referensi (besaran *fixed*) sebanyak kekurangan rank-nya (*rank defect)* (Soeta'at 1994). Suatu pengukuran mengalami kekurangan rank karena belum terdapat titik yang terdefinisi, hal ini akan menyebabkan matriks $(A^TPA)^{-1}$ tidak dapat diinverskan karena merupakan matriks singular. Pengukuran secara triangulaterasi terdapat kekurangan *rank* minimal sebanyak 4, sehingga hasil ukuran yang berupa sudut

dan jarak akan terdefinisi dengan menentukan satu titik referensi / acuan (koordinatnya), satu azimuth dan satu jarak dari titik referensi ke titik yang akan dihitung koordinatnya sehingga perlu adanya dua titik sebagai titik referensinya. Model matematis hitung perataan metode *minimum constraint* yang digunakan sebagai berikut (Leick 2004). Model *non linier* sebagai berikut:

Penentuan nilai estimasi residu terbaik menggunakan persamaan sebagai berikut (Leick 2004):

$$V = AX - F \tag{2.23}$$

Dalam hal ini:

V : Matriks vektor residu pengamatan (V_1, V_2,V_3,…,Vn), dimensi matriksnya (nx1)

A : matriks desain yang elemennya merupakan turunan pertama ukuran terhadap parameter, dimensi matriks A yaitu (nxu)

X : matriks parameter dengan dimensi (nx1)

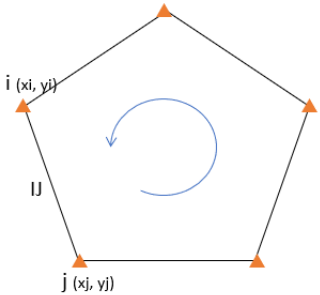
F : matriks sisa pengurangan nilai pendekatan dengan ukuran (nx1)

Pada penentuan nilai matriks pengamatan dilakukan Linearisasi, pada pembuatan matrisk pengamatan (A) dilakukan dengan komponen linearisasi jarak dan sudut sesuai dengan jumlah pengamatan dan parameter perhitungan.

Pada penyusunan linearisasi sudut dan jarak pada matriks pengamatan (A) berikut ini, linearisasi jarak dibantuk telebih dahulu pada matriks pengamatan dan akan dilanjutkan pada pembentukan linearisasi sudut pda matriks pengamatan.

Linearisasi dilakukan pada azimuth, sudut dan jarak pada penentuan matriks berikut:

Linearisasi Jarak



Gambar 2. 17 Linaerisasi sudut

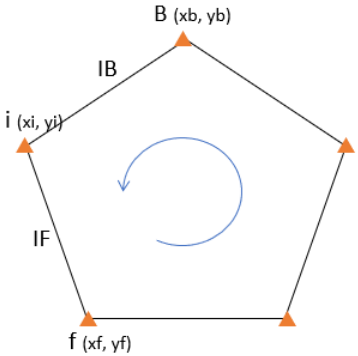
$$dxi = \frac{Xi - Xj}{IJ} \quad ;dyi = \frac{Yi - Yj}{IJ} \tag{2.24}$$

$$dxj = \frac{Xj - Xi}{IJ} \quad ;dyj = \frac{Yj - Yi}{IJ} \tag{2.25}$$

Keterangan:

dxi = Lineraisi parameter x pada posisi berdiri alat
dyi = Lineraisi parameter y pada posisi berdiri alat
dxi = Lineraisi parameter x pada posisi target
dyi = Lineraisi parameter y pada posisi target
Xi = Koordinat x titik posisi berdiri alat
Yi = Koordinat y titik posisi berdiri alat
Xj = Koordinat x titik posisi target
Yj = Koordinat y titik posisi target
IJ = jarak antara posisi alat dan target

Linearisasi sudut



Gambar 2. 18 Linearisasi Sudut poligon

$$dx_f = \frac{Yf-Yi}{IF^2}\ ; \qquad dyf = \frac{Xf-Xi}{IF^2} \qquad (2.26)$$

$$dx_b = \frac{Yi-Yb}{IB^2} \qquad ; \qquad dyi = \frac{Xi-Xb}{IB^2} \qquad (2.27)$$

$$dx_i = \frac{Yb-Yi}{IB^2} - \frac{Yf-Yi}{IF^2} \quad ; dyi = \frac{Xi-Xb}{IB^2} - \frac{Xi-Xf}{IF^2} \qquad (2.28)$$

Keterangan:

dxf = Lineraisi parameter x pada posisi berdiri alat
dyf = Lineraisi parameter y pada posisi berdiri alat
dxb = Lineraisi parameter x pada posisi target backsight
dyb = Lineraisi parameter y pada posisi target backsight
dxf = Lineraisi parameter x pada posisi berdiri alat forsight
dyf = Lineraisi parameter y pada posisi berdiri alat forsight
Xi = Koordinat x titik posisi berdiri alat
Yi = Koordinat y titik posisi berdiri alat

Xf = Koordinat x titik posisi target forsight
Yf = Koordinat y titik posisi target forsight
Xb = Koordinat x titik posisi target backsight
Yb= Koordinat y titik posisi target backsight
IF^2= Jarak Kuadrat posisi alat dan posisi forsight
IB^2 = Jarak Kuadrat posisi alat dan posisi backsight

Linearisasi Azimuth.

$$\boldsymbol{Z_{ij} + V_{zij} = Z^{\circ}_{ij} - \frac{\Delta x^{\circ}_{ij}\Delta Z^{\circ}_{ij}}{L^{\circ}_{ij}(S^{\circ}_{ij})^2}\delta x_i - \frac{\Delta y^{\circ}_{ij}\Delta Z^{\circ}_{ij}}{L^{\circ}_{ij}(S^{\circ}_{ij})^2}\delta y_i + - \frac{L^{\circ}_{ij}}{(S^{\circ}_{ij})^2}\delta z_i + \frac{\Delta x^{\circ}_{ij}\Delta Z^{\circ}_{ij}}{L^{\circ}_{ij}(S^{\circ}_{ij})^2}\delta x_j + \frac{\Delta y^{\circ}_{ij}\Delta Z^{\circ}_{ij}}{L^{\circ}_{ij}(S^{\circ}_{ij})^2}\delta y_j - \frac{L^{\circ}_{ij}}{(S^{\circ}_{ij})^2}\delta z_j} \quad (2.29)$$

Keterangan:

Z_{ij} : nilai pengamatan jarak zenith
V_{Zij} : Koreksi pengamatan jarak zenith
$\boldsymbol{Z^{\circ}_{ij}}$ **:** nilai pendekatan zenith
$\boldsymbol{L^{\circ}_{ij}}$ **:** Jarak koordinat i dan j
$\boldsymbol{S^{\circ}_{ij}}$ **:** standard deviasi titik koordinat x, y, z
$\Delta x0ij = x^0j - x^0i$; $\Delta y^0ij = y^0j - y^0i$; $\Delta z^0ij = z^0j - z^0i$

Penentuan nilai estimasi parameter terbaik menggunakan persamaan sebagai berikut (Leick 2004):

$$N = A^T P A \quad (2.30)$$
$$U = A^T P F \quad (2.31)$$
$$X = -N^{-1}U \quad (2.32)$$
$$X = A^T P A^{-1} A^T P F \quad (2.33)$$

- Iterasi:

  Iterasi adalah suatu proses komputasi yang dilakukan secara berulang-ulang untuk memperbaiki nilai pendekatan parameter dengan prosedur tertentu. jika penentuan nilai pendekatan x10 terlalu besar (jauh) dari nilai sebenarnya akan membutuhkan iterasi yang sangat banyak. Proses iterasi dapat dihentikan bila:

$$|x_{i+1} - x_i| < \varepsilon \quad \text{(Terhadap nilai tertentu)} \quad (2.34)$$

$$|x_{i+1} - x_i|/x_i < \varepsilon \quad \text{(Terhadap relatif)} \quad (2.35)$$

Dalam hal ini:

$$P = \sigma_o{}^2 \sum_{lb}{}^{-1} \quad (2.36)$$

$\sigma_o{}^2$: varian apoteori
P : matriks bobot pengamatan, dimensi matriks bobot (nxn)
$\sum_{lb}$: matriks varian kovarian pengukuran

Penentuan nilai varian aposteori terbaik menggunakan persamaan sebagai berikut (Leick 2004):

$$\sigma_o{}^2 = V^T PV/n - u \quad (2.37)$$

$$S_0 = \sqrt{\frac{V^T V}{n-u}} \quad (2.38)$$

Dalam hal ini:
$\sigma_o{}^2$: varian aposteori (m)
S_0 : Standard Deviasi
V : matriks residu pengukuran
P : matriks bobot

n : jumlah pengamatan
u : jumlah parameter yang dicari

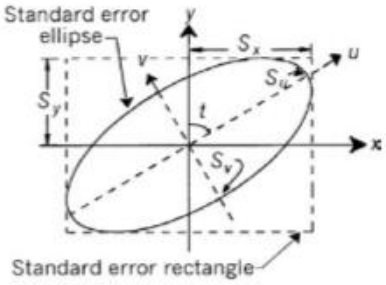
Persamaan (24) digunakan untuk menentukan nilai varian kovarian parameter sebagai berikut (Leick 2004):

$$\sum xx = \hat{\sigma_o}^2 (\mathrm{N})^{-1} \quad (2.39)$$
$$\sum xx = \hat{\sigma_o}^2 (A^T P A)^{-1} \quad (2.40)$$

Dalam hal ini:
$\sum xx$: matriks varian kovarian parameter
σ_o^2 : varian aposteori (m)

Dimana diagonal dari matriks ini ($\sum xx$) merupakan varian parameter. Akar dari diagonal matriksnya merupakan ketelitian dari parameter estimasi. Matriks ketelitian residu disusun dengan persamaan sebagai berikut:

- *Error Elips*



Gambar 2. 19 *Error Elips*
(Ghilani 2010)

Error elips memebrikan penggambaran secara 2 dimensi dari ketidak pastian hasil perataan terhadap koordinat yang ditentukan melalui metode perataan kuadrat terkecil.
Dimana:

$$\tan 2t = \frac{2q_{xy}}{q_{yy} - q_{xx}} \quad (2.41)$$

(Ghilani 2010)

Persamaan diatas merupakan persamaan dari sudut rotasi dengan mengambil elemen diagonal dari hasil perkalian antara aposteori varian dengan matriks kofaktor parameter.

$$\begin{pmatrix} q_{xx} & q_{xy} \\ q_{xy} & q_{yy} \end{pmatrix}$$

Matriks varians kovarians parameter

$q_{uu} = q_{xx} \sin^2(t) + 2q_{xy} \cos(t) \sin(t) + q_{yy} \cos^2(t)$ (2.42)

$q_{vv} = q_{xx} \cos^2(t) - 2q_{xy} \cos(t) \sin(t) + q_{yy} \sin^2(t)$ (2.43)

$S_u = S_0 \sqrt{q_{uu}}$ (2.44)

$S_v = S_0 \sqrt{q_{vv}}$ (2.45)

$Sx = S_0 \sqrt{q_{xx}}$ (2.46)

$Sy = S_0 \sqrt{q_{yy}}$ (2.47)

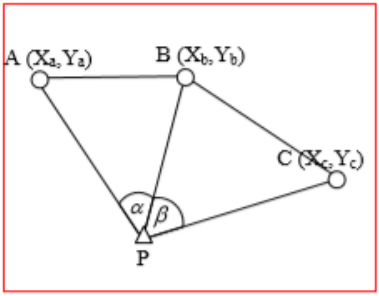
2.6 Pengikatan Ke Belakang *(Resection)*

Menurut Muda (2008) Perbedaan cara pengikatan ke muka dan ke belakang dalam menentukan suatu titik koordinat adalah data awal yang tersedia, prosedur pengukuran di lapangan serta keadaan lapangan yang menentukan cara mana yang cocok digunakan.

Pada pengikatan ke muka dapat dilakukan apabila kondisi lapangan memungkinkan untuk berpindah posisi pengukuran yaitu pada daerah-daerah yang mudah seperti pada dataran rendah yang mempunyai permukaan datar, sehingga keadaan lapangan tersebut dapat memungkinkan dilakukan pengikatan ke muka.

Pada pengikatan ke belakang, harus terdapat tiga titik awal yang diketahui, misalnya titik-titik tersebut adalah A, B, dan C. Prosedur pengukuran di lapangan alat *theodolite* hanya

diletakan di titik yang akan dicari koordinatnya, misalnya titik tersebut adalah titik P kemudian diukur sudut-sudut mendatar yang dibentuk oleh tiga titik koordinat yang telah diketahui yaitu sudut D dan E seperti pada gambar.



Gambar 2. 20 Metode Pengikatan Kebelakang
(Muda 2008)

Terdapat 2 macam cara yang dapat dipakai dalam menentukan titik koordinat dengan cara pengikatan ke belakang, yaitu cara pengikatan ke belakang metode Collins dan cara pengikatan ke belakang metode Cassini.

Cara pengikatan ke belakang metode Collins merupakan cara perhitungan dengan menggunakan logaritma, karena pada saat munculnya teori ini belum terdapat mesin hitung atau kalkulator tetapi pada saat ini pada proses perhitungannya dapat pula dihitung dengan bantuan kalkulator. Cara pengikatan ke belakang metode Cassini muncul pada tahun 1979, pada saat itu teknologi mesin hitung sudah mulai berkembang, sehingga dalam proses perhitungannya lebih praktis, karena telah dibantu dengan menggunakan mesin hitung

Perkembangan penentuan posisi titik dengan satelit (*Satelite Positioning*), mulai dari sistem Doppler ke GPS (*Global positioning System*). Penentuan posisi dilakukan

dengan satelit dan penerima sinyal yang dipancarkan oleh satelit atau *Georeceiver* yang ditempatkan di titik yang akan ditentukan posisinya. Penentuan posisi ini menggunakan prinsip pengingkatan ke belakang yang biasa dipakai pada pengukuran terestris (Sinaga 1991).

2.6.1 Metode *Collins*

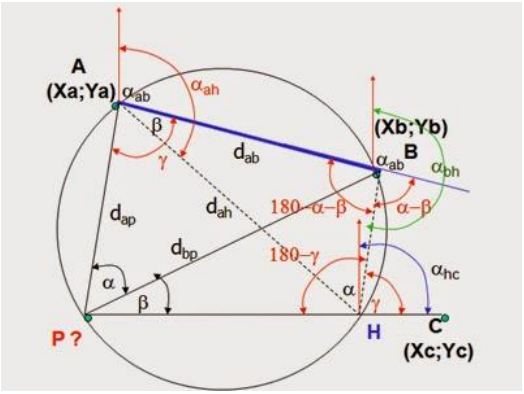
Metode pengukuran *Collins* dan *Cassini* merupakan salah satu metode dalam pengukuran kerangka dasar horizontal untuk menentukan koordinat titik - titik yang diukur dengan cara mengikat ke belakang pada titik tertentu dan yang diukur adalah sudut - sudut yang berada di titik yang akan ditentukan koordinatnya. Pada era mengikat ke belakang ada dua metode hitungan yaitu dengan cara *Collins* dan *Cassini* (Mulkan 1980).

Adapun perbedaan pada kedua metode di atas terletak pada cara perhitungannya, cara *Collins* menggunakan era perhitungan logaritma. Adapun pada metode *Cassini* menggunakan mesin hitung. Sebelum alat hitung berkembang dengan baik, seperti masa kini maka perhitungan umumnya dilakukan dengan bantuan daftar logaritma. Adapun metode *Cassini* menggunakan alat hitung karena teori ini muncul pada saat adanya alat hitung yang sudah mulai berkembang. Pengikatan kebelakang metode *Collins* merupakan model perhitungan yang berfungsi untuk mengetahui suatu letak titik koordinat, yang diukur melalui titik-titik koordinat lain yang sudah diketahui.

Pada pengukuran pengikatan ke belakang metode *Collins*, alat *theodolite* ditegakkan di atas titik yang ingin atau belum diketahui koordinatnya. Misalkan titik itu diberi nama titik P. Titik P ini akan diukur melalui titik-titik lain yang koordinatnya

sudah diketahui terlebih dahulu. Misalkan titik lainnya itu titik A, B, dan titik C. Pertama titik P diikatkan pada dua buah titik lain yang telah diketahui koordinatnya, yaitu diikat pada titik A dan titik B. Ketiga titik tersebut dihubungkan oleh suatu lingkaran dengan jari - jari tertentu, sehingga titik C berada di luar lingkaran (Irvine 1974).

Kemudian tariklah titik P terhadap titik C. Dari hasil penarikan garis P terhadap G akan memotong tali busur lingkaran, dan potongannya akan berupa titik hasil dari pertemuan persilangan garis dan tali busur. Titik itu diberi nama titik H, dimana titik H ini merupakan titik penolong *Collins*. Sehingga dari informasi koordinat titik A, B, dan G serta sudut-sudut yang dibentuknya, maka koordinat titik P akan dapat diketahui titik A, B ,dan C merupakan titik koordinat yang sudah diketahui titik P adalah titik yang akan dicari koordinatnya. Titik H adalah titik penolong *collins* yang dibentuk oleh garis P terhadap C dengan lingkaran yang dibentuk oleh titik-titik A, B, dan P.



Gambar 2. 21 Pengikatan Kebelakang metode *Collins* (Mulkan 1980)

1. **Buatlah sebuah Lingkaran**
   Melalui titik ABP (seperti gambar), lingkaran ini akan memotong garis PC di titik H (Titik ini disebut sebagai titik penolong Collins).

2. **Mencari Sudut Jurusan α_{ab} dan jarak d_{ab}**

$$Tg\alpha ab = \frac{Xb - Xa}{Yb - Ya} \quad (2.48)$$

$$dab1 = \frac{Xb - Xa}{Sin\ \alpha ab} \qquad dab2 = \frac{Yb - Ya}{cos\ \alpha ab} \quad (2.49)$$

$$dab = \frac{dab1 + dab2}{2} \quad (2.50)$$

3. **Mencari Koordinat Titik H** (Titik Penolong Collins)
   a. Dari titik A

$$\text{Cari } \alpha_{ah} = \alpha_{ab} + \beta \quad (2.51)$$

Dengan rumus sinus menentukan d_{ah}

$$\frac{dab}{Sin\ \alpha} = \frac{dah}{Sin\ 180 - \alpha - \beta} \quad (2.52)$$

$$Xh_1 = Xa + d_{ah}\ Sin\ \alpha_{ah} \quad (2.53)$$
$$Yh_1 = Ya + d_{ah}\ Cos\ \alpha_{ah} \quad (2.54)$$

   b. Dari Titik B

$$\text{Cari } \alpha_{ah} = \alpha_{ab} + (\alpha + \beta) \quad (2.55)$$

Dengan rumus sinus menentukan d_{bh}

$$\frac{dbh}{\text{Sin}\beta} = \frac{dab}{\text{Sin}\,\alpha} \quad (2.56)$$

$$Xh_2 = Xa + d_{bh}\,\text{Sin}\,\alpha_{bh} \quad (2.57)$$

$$Yh_2 = Ya + d_{bh}\,\text{Cos}\,\alpha_{bh} \quad (2.58)$$

$$Xh = \frac{Xh1+Xh2}{2} \quad (2.59)$$

$$Yh = \frac{Yh1+Yh2}{2} \quad (2.60)$$

4. Mencari α_{hc} dan γ

$$Tg\alpha hc = \frac{Xc-Xh}{Yc-Yh} \quad (2.61)$$

$$\gamma = \alpha_{hc} - \alpha_{hb}$$
$$= \alpha_{hc} + 180 - \alpha_{hb} \quad (2.62)$$

5. Mencari Titik P

a. Dari titik A

Cari $\alpha_{ap} = \alpha_{ab} - \gamma$ (2.63)

Mencari *dap*

$$\frac{dab}{\text{Sin}\,\alpha} = \frac{dap}{\text{Sin}\,180-(\alpha+\gamma)} \quad (2.64)$$

$$Xp_1 = Xa + d_{ap}\,\text{Sin}\,\alpha_{ap} \quad (2.65)$$

$$Yp_1 = Ya + d_{ap}\,\text{Cos}\,\alpha_{ap} \quad (2.66)$$

b. Dari titik B

Cari $\alpha_{bp} = \alpha_{ab} + \alpha + \gamma$ (2.67)

Mencari *dbp*

$$\frac{dab}{\text{Sin}\,\alpha} = \frac{dbp}{\text{Sin}\,\gamma} \quad (2.68)$$

$$Xp_2 = Xb + d_{bp} \sin \alpha_{bp} \quad (2.69)$$

$$Yp_2 = Yab + d_{bp} \cos \alpha_{bp} \quad (2.70)$$

$$Xp = \frac{Xp1+Xp2}{2} \quad (2.71)$$

$$Yp = \frac{Yp1+Yp2}{2} \quad (2.72)$$

2.6.2 Metode *Cassini*

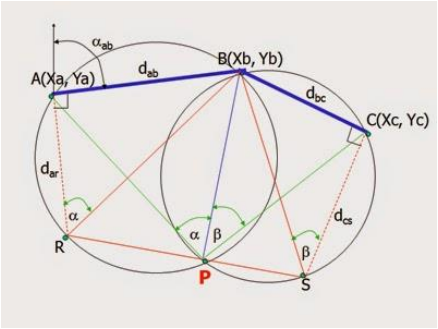
Sedangkan Metode *Cassini* adalah cara pengikatan kebelakang yang menggunakan mesin hitung atau kalkulator. Pada cara ini theodolit diletakkan diatas titik yang belum diketahui koordinatnya (Mulkan 1980).

Pada cara perhitungan *Cassini* memerlukan dua tempat kedudukan untuk menentukan suatu titik yaitu titik P. Lalu titik P diikat pada titik - titik A, B dan C. Kemudian Cassini membuat garis yang melalui titik A dan tegak lurus terhadap garis AB serta memotong tempat kedudukan yang melalui A dan B, titik tersebut diberi nama titik R. Sama halnya *Cassini* pula membuat garis lurus yang melalui titik C dan tegak lurus terhadap garis BC serta memotong tempat kedudukan yang melalui B dan C, titik tersebut diberi nama titik S (Irvine 1974).

Sekarang hubungkan R dengan P dan S dengan P. Karena 4 BAR = 90^o, maka garis BR merupakan garis tengah lingkaran, sehingga 4 BPR = 90^o. Karena ABCS= 90^o maka garis BS merupakan garis tengah lingkaran, sehinggga BPR = r. Maka titik R, P dan S terletak di satu garus lurus. Titik R dan S merupakan titik penolong *Cassini*. Untuk mencari koordinat titik P, lebih

dahulu dicari koordinat - koordinat titik - titik penolong R dan S, supaya dapat dihitung sudut jurusan garis RS, karena PB 1 RS, maka didapatlah sudut jurusan PB, dan kemudian sudut jurusan BP untuk dapat menghitung koordinat-koordinat titik P sendiri dari koordinat - koordinat titik B.

Metode *Cassini* dapat digunakan untuk metode penentuan posisi titik menggunakan dua buah *sextant.* Tujuannya untuk menetapkan suatu penentuan posisi titik perum menggunakan dua buah sextant, termasuk. Membahas tentang ketentuan - ketentuan dan tahapan pelaksanaan pengukuran penentuan posisi titik perum. Metode penentuan ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pengukuran penentuan posisi titik - titik pengukuran di perairan pantai, sungai, danau dan muara. *Sextant* adalah alat pengukur sudut dari dua titik bidik terhadap posisi alat tersebut, posisi titik ukur perum adalah titik - titik yang mempunyai koordinat berdasarkan hasil pengukuran.



Gambar 2. 22 Pengikatan Kebelakang metode *Cassini* (Mulkan, 1980)

Langkah Langkah:

1. Menghitung Titik R

Xr = Xa + (Yb-Ya) Cotg α (2.73)

Yr = Ya - (Xb-Xa) Cotg α (2.74)

2. Meghitung Titik S

Xs = Xc + (Yc-Yb) Cotg β (2.75)

Ys = Yc - (Xc-Xb) Cotg β (2.76)

3. Menghitung Sudut Jurusan α**rs**

$$\boldsymbol{Tg}\alpha rs = \frac{\mathbf{Xs-Xr}}{\mathbf{Ys-Yr}} \quad (2.77)$$

4. Hitung nilai N

$$\mathbf{N = n+1/n} \quad (2.78)$$

5. **Menghitung Koordinat Titik P**

Dari Titik R

$$\boldsymbol{Xp1} = \frac{\mathbf{nXb+\ \frac{1}{n}Xr+Yb-Yr}}{\boldsymbol{N}} \quad (2.79)$$

$$\boldsymbol{Yp1} = \frac{\mathbf{\frac{1}{n}Yb+nYr+\ Xb-Xr}}{\boldsymbol{N}} \quad (2.80)$$

Dari Titik S

$$\boldsymbol{Xp2} = \frac{\mathbf{nXb+\ \frac{1}{n}Xs+Yb-Ys}}{\boldsymbol{N}} \quad (2.81)$$

$$\boldsymbol{Yp2} = \frac{\mathbf{\frac{1}{n}Yb+nYs+\ Xb-Xs}}{\boldsymbol{N}} \quad (2.82)$$

$$\boldsymbol{Xp} = \frac{\boldsymbol{Xp1+Xp2}}{\mathbf{2}} \quad (2.83)$$

$$\boldsymbol{Yp} = \frac{\boldsymbol{Yp1+Yp2}}{\mathbf{2}} \quad (2.84)$$

2.6.3 Perataan Pengikatan Kebelakang (*Resection)*

Menurut (Deakin 2005) dalam kasus empat atau lebih arah yang diobservasi ke titik-titik yang diketahui,

metode kuadrat terkecil (penyesuaian kuadrat terkecil dari pengamatan tidak langsung) dapat digunakan untuk mendapatkan estimasi terbaik dari koordinat dari titik yang dipilih. Teknik ini membutuhkan pembentukan seperangkat persamaan pengamatan yang menghasilkan "persamaan normal" yang diselesaikan untuk estimasi terbaik dari koordinat titik yang dipilih. Karena sifat persamaan pengamatan, yang merupakan pendekatan linier, proses solusi kuadrat-terkecil adalah iteratif. Artinya, nilai perkiraan diasumsikan, koreksi dihitung dan nilai perkiraan diperbarui; dengan proses diulangi sampai koreksi ke nilai perkiraan menjadi diabaikan. Teknik kuadrat-terkecil ini sering disebut Variasi Koordinat. Metode kuadrat terkecil dapat digunakan untuk mendapatkan estimasi terbaik dari koordinat titik yang dipilih. Teknik ini membutuhkan pembentukan seperangkat persamaan pengamatan;

Dalam penyesuaian kuadrat-terkecil, setiap pengukuran (atau pengamatan) memiliki presisi terkait (varian) dan ukuran koneksi dengan setiap pengukuran lain (kovarian). Statistik ini terkandung dalam matriks kovarian Σ. Elemen-elemen dari matriks kovarians adalah statistik populasi dan dalam praktiknya, matriks kovarians diestimasi secara apriori oleh matriks Q. Matriks kovarian dan matriks kofaktor dihubungkan oleh $\Sigma=\sigma_0^2$ Q dimana σ_0^2 adalah faktor varians. Perkiraan faktor varians σ_0^2 mungkindihitung setelah penyesuaian. Dalam teori kuadrat-terkecil, sering berguna untuk menyatakan ketelitian relatif dari pengamatan dalam hal bobot, di mana berat didefinisikan sebagai berbanding terbalik dengan varian, ini mengarah pada definisi matriks bobot sebagai kebalikan dari matriks kofaktor, yaitu Matriks bobot,

matriks kovarian, dan matriks kofaktor berbentuk persegi dan simetris.

Menerapkan prinsip kuadrat-terkecil ke persamaan dengan prasyarat pengamatan yang diestimasi oleh matriks bobot mengarah ke sekumpulan persamaan normal bentuk (Deakin 2005):

$$(B^T W B)x = B^T W f \quad (2.85)$$

$$N\,x = t \quad (2.86)$$

$$x = N^{-1}.t \quad (2.87)$$

Keterangan:

B = matriks koefisien yang berisi koefisien arah dan sudut. (nxu)

W = matriks bobot (nxn)

f = adalah vector (nx1) istilah numerik yang "sudut azimuth hitungan – sudut azimth pengamatan"

x = parameter residual (nx1)

Pada pembentukan matriks B, W, f, x, dibentuk dengan parameter dan komponen sebagai berikut (Deakin 2005):

$$B = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & 1 \\ a_2 & b_2 & 1 \\ a_n & b_n & 1 \end{bmatrix}; \quad (2.88)$$

$$W = \begin{bmatrix} 1/{S_1}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 1/{S_2}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 1/{S_n}^2 \end{bmatrix}; \quad (2.89)$$

$$f = \begin{bmatrix} \varphi 1 - (\alpha 1 + z°) \\ \varphi 2 - (\alpha 2 + z°) \\ \varphi n - (\alpha n + z°) \end{bmatrix}; \quad (2.90)$$

$$x = \begin{bmatrix} \Delta E \\ \Delta N \\ \Delta z \end{bmatrix}; \quad (2.91)$$

$$a_1 = \frac{-(Ek-Ep)}{Sk^2}; \qquad b_1 = \frac{Nk-Np}{Sk^2} \quad (2.92)$$

Dimana:

E_k = Koordinat *Easting* posisi yang diketahui
E_p = Koordinat *Easting* posisi koordinat bantuan *resection*
N_k = Koordinat *Norhting* posisi yang diketahui
N_p = Koordinat *Norhtin* posisi koordinat bantuan *resection*
φ = sudut *azimuth* terhadap titik resection.
S_k = Jarak antara kedua titik (m)

2.7 ***RMSE (Root Mean Square Error)***

RMSE (*Root Mean Square Error*) atau dikenal juga dengan RMS residual adalah nilai perbedaan antara nilai sebenarnya dengan nilai hasil ukuran. Semakin besar nilai RMSE, maka semakin besar pula kesalahan hasil ukuran terhadap kondisi yang sebenarnya. RMSE didapatkan dari proses pembagian antara nilai akar kuadrat total selisih ukuran kuadrat dengan jumlah ukuran yang digunakan (Harvey 2006). Rumus menghitung RMSE disajikan pada persamaan

$$RMSE = \frac{\sqrt{\Sigma(R-R1)^2}}{n} \quad (2.93)$$

Dimana:

RMSE : *Root Mean Square Error*
R : Nilai yang dianggap benar
R1 : Nilai hasil ukuran

N : Banyak ukuran yang digunakan

$$\text{RMSE}= \frac{\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2}}{n} \quad (2.94)$$

Dimana:

RMSE: *Root Mean Square Error*

X : Nilai koordinat X yang dianggap benar (m)

X1 : Nilai koordinat X hasil ukuran (m)

Y : Nilai koordinat Y yang dianggap benar (m)

Y1 : Nilai koordinat Y hasil ukuran (m)

N : Jumlah point

2.8 ***Total Station***

Menurut Paul R. Wolf& Charles D. Ghilani (2002) Total station adalah alat untuk mengukur jarak dan sudut, menampilkan hasil secara otomatis dan menyimpan data secara otomatis dalam memori. *Instrument* ini juga dapat mengukur sudut horizontal, vertikal, menetapkan /menentukan titik dan elevasi titik. Total station merupakan gabungan EDM, Theodolit, kalkulator dan media rekaman yang dijadikan satu (*compacted*). *Total Station* merupakan alat ukur jarak pendek yang dirancang untuk pengukuran teliti dengan menggunakan sinar inframerah sebagai gelombang pembawa dimana dapat langsung dikoreksi terhadap pengaruh kondisi atmosfer (Burnside 1987). Alat ini juga dapat menampilkan dua hasil pengukuran dalam satu tampilan, antara lain kombinasi sudut horisontal dengan sudut vertikal, jarak dengan sudut, dan lain-lain. Prinsip utama pengukuran jarak dengan alat ini adalah mendapatkan harga beda fase antar sinyal utama dengan sinyal data. Faktor frekuensi merupakan faktor pokok dalam penentuan ketelitian hasil pengukuran.

Electronic Total Station (ETS) adalah suatu alat yang merupakan kombinasi theodolit elektronik, *Electronic*

Distance Meter (EDM) dan perangkat lunak yang berfungsi sebagai kolektor data. Data yang diperoleh dari pengukuran menggunakan *Electronic Total Station* berupa sudut dan jarak, kemudian dengan menggunakan persamaan trigonometri dapat diperoleh koordinat suatu titik relatif terhadap titik tertentu (Hendriatiningsih 1979). EDM dan ETS menggunakan radiasi inframerah (panjang gelombang $\lambda = 915$ *nm*) sebagai gelombang 'pembawa' (*carrier wave).*

2.9 Penelitian Terdahulu

Tugas Akhir ini merupakan penelitian pertama dalam pengamatan titik kontrol *Wall Station* yang ada di tambang bawah tanah dengan menggunakan 2 metode pengamatan yaitu poligon tertutup dan pengikatan kebelakang. Pada bagian bab ini berisikan penelitian yang serupa atau penjelasan lebih lanjut mengenai pembahasan yang terkait pada pengamatan dan perhitungan penelitian ini.

1. Penelitian tentang analisis kesalahan linier kerangka kontrol horizontal menggunakan perngkat lunak Visual Basic 6.0 pada tahun 2009 oleh Rizaldy Pradana. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kerangka kontrol horizontal (posisi X dan Y), dengan menggunakan metode poligon terbuka terikat tidak sempurna. Tujuan penelitian ini adalah mencari besar kesalahan linier dalam pengukuran poligon atau kerangka kontrol horizontal dengan menggunakan metode pendekatan pada masing masing poligon. Pada penelitian ini poligon dilakuakn dengan menggunakan 3 jalur yang berbeda sehingga didapatkan koreksi koordinat masing masing titik disetiap jalur kerangka kontrol horizontal. Pada penelitian ini dilakukan koreksi kesalahan linier pada masing masing kerangka dengan hasil kersalahan linier

rata rata di koordinat x sebesar -0,081 m dan kesalahan linier pada koordinat y adalah 0.066 m.

Pada perhitungan koreksi linier dan perhitungan poligon pada penlitian (1) dapat dijadikan refrensi pada perhitungan dan pembuatan penelitian ini oleh penulis.

2. Penelitian tentang pembuatan program perataan kerangka horizontal dengan menggunakan metode parameter pada tahun 2009 oleh Akbar Kurniawan. Pada penelitian ini dilakaukan perbandingan antara pengukuran kerangka kontrol horizontal dengan metode perhitungan parameter tujuan dari penelitian ini adalah pembuatan program untuk perataan kerangka horizontal dengan metode perataan, dengan mendapat nilai yang tepat dan akurat. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dan diaplikasikan dengan mengguanakan *software* Waftor77. Dan pada perhitungan yang didapatkan pada hasil perataan di penelitian ini menghasilkan nilai yang memenuhi nilai toleransi dengan standard deviasi selisih antara hitungan manual dan hitungan program adalah 0.

Pada penelitian (2) ini, penulis mendapat refrensi untuk menghitung hasil pengukuran poligon dengan menggunakan metode hitungan perataan dan analisis pada penelitian (2) dapat dijadikan refrensi perhitungan *Error Elips* pada penelitian ini

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III
METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian
Sumber: website PT. Bumi Suksesindo

Lokasi penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada *Tujuh Bukit Underground Project* pada PT. Bumi Suksesindo. Secara geografis terletak pada 8° 33’ 21.50” – 8° 37’ 27.59” LS & 113° 59’ 19.06”- 108° 4’ 42.53”BT. Secara administratif konsesi penambangan PT. Bumi Suksesindo merupakan Entitas anak *Merdeka Copper Gold*, sebuah perusahaan pertambangan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) dengan konsesi utama di Tujuh Bukit *Operation*, Desa Sumberagung, Kecamatan Pesanggaraan, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Dengan koordinat jarak antara daerah penambangan dengan Kota Banyuwangi ± 70 km dengan waktu tempuh ± 2-3 jam.

Gambar 3. 2 Lokasi Tambang Bawah Tanah
(Underground Mining Project Pt. Bumi Suksesindo)

Untuk lokasi titik poligon dan lokasi pengamatan penlitian berada di pit *underground Project/ Decline Project* yang merupakan projek pertambangan bawah tanah yang ada di PT. Bumi Suksesindo.

3.2 Data dan Peralatan

Untuk menunjang penelitian yang akan dilaksanakan, peneliti menggunakan data dan peralatan sebagai berikut.

3.2.1 Data

Pada penelitian ini, dibutuhkan beberapa data untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Berikut adalah data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

a. Data Titik Kontrol *Wall Station*, point DC1-18, 20, 25, 42, 46, 48, sebagai data acuan.
b. Data koordinat titik ikat koordinat *Box Cut TB 7 dan TB 9*
c. Data primer pengukuran Poligon dan pengamatan titik *Wall Station.*

d. Data sekunder pengukuran poligon dengan pengamatanW*all Station* pada tahun tahun sebelumnya.
e. Data Pengukuran dengan metode Pengikatan Kebelakang

3.2.2 Peralatan

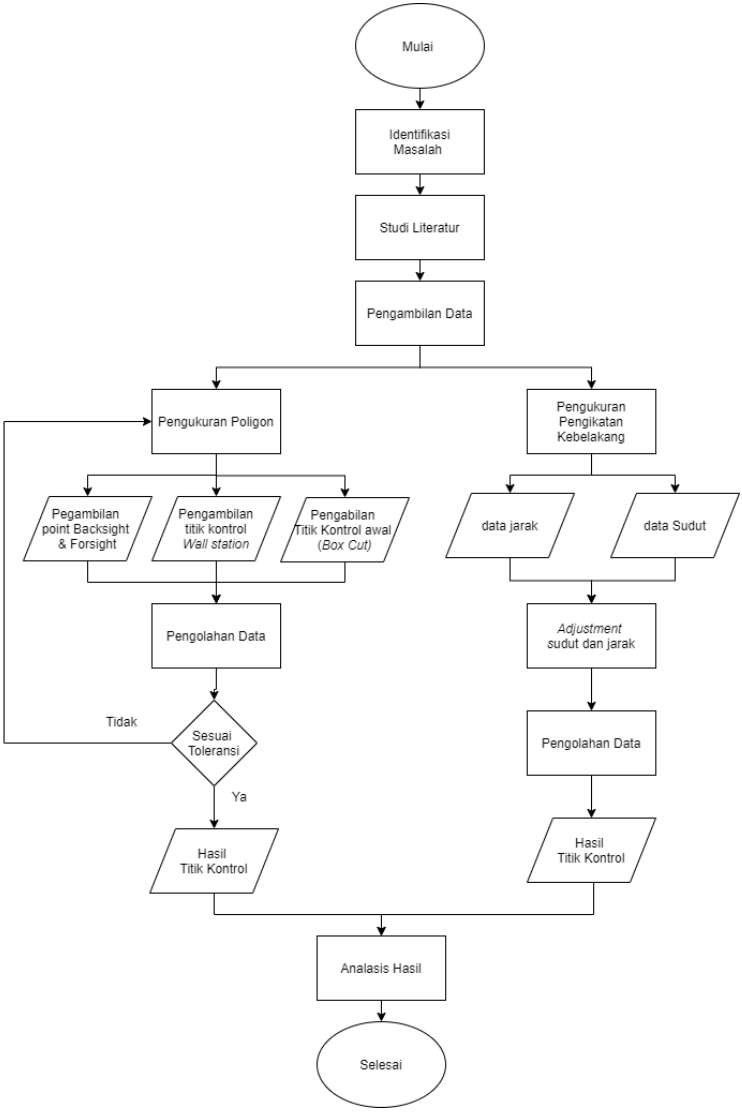
Ada beberapa peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, baik software maupun hardware adalah sebagai berikut:

a. Total Stasion Leica TS15
b. Total Station Leica TS16
c. Prisma Poligon Leica
d. Statif
e. Prisma *Wall Station* Leica
f. Microsoft Excel
g. Surpac 10.6

3.3 Metodologi Penelitian

Pada bagian ini dibahas mengenai diagram alir metodologi yang akan dilaksanakan pada penelitian ini:

3.3.1 Tahapan Pelaksanaan pengambilan data



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari diagram pengambilan data tersebut:

1. Identifikasi masalah

   Tahap identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah Langkah kerja dalam identifikasi fokusan masalah yang diambil dan akan menjadi hasil dalam penelitian ini, tujuan pada penelitian ini yaitu Analisa perbandingan hasil titik kontrol 2D di tambang bawah tanah dengan hasil menggunakan poligon tertutup dan metode pengikatan kebelakang.

2. Studi Literatur

   Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan refrensi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan, literatur yang digunakan meliputi tambang bawah tanah, pengukuran poligon, metode pengikatan kebelakang, serta analisis kesalahan perhitungan titik kontrol.

3. Pengambilan Data

   Pada tahap ini dilakukan pengambilan data *primer* dan data *sekunder* yang diperlukan dalam penelitian ini. Data ini didapatkan langsung di *Site* Tujuh Bukit *Underground Minning Project* pada PT. Bumi Suksesindo yang bertempat di Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur. Dengan menggunakan alat *Total Station* sebagai alat ukur, *Wall Station* dan Prisma Poligon sebagai target dan Titik *Box Cut* sebagai titik ikat dalam Tambang Bawah tanah tersebut.

   a. Teknis pengukuran Poligon dalam pengamatan *Wall Station*

      Pengamatan dilakukan dengan menggunakan 2 titik ikat awal yaitu pada TB 9 dan TB 7. Pada pengamatan pada tamabang bawah tanah ini titik titik poligon

tidak menggunakan *Benchmark* atau titik berdiri alat. Berdiri alat dilakuakn sesuai dengan lokasi tempat dan jarak pengamatan masing masing titik poligon, akan tetapi pada titik awal berdiri alat atau T1 Statif sengaja dibiarkan dan tidak boleh ada perubahan posisi (hal ini yang digunakan untuk pengikatan poligon).

Titik poligon akan tersebat sesuai dengan panjang pengamatan dan pada pengamatan titik kontrol *Wall Station* dilakukan dengan prinsip seperti metode detil situasi. Pada satu titik poligon mampu merekam titik *Wall Station* sesuai dengan jangkauan dan posisi *Wall Station.*

b. Teknis Pengukuran Pengikatan Kebelakang

Pada pengamatan ini dilakukan dengan penempatan titik berdiri alat pada titik dimana titik tersebut menjangkau 3 titik ikat *Wall Station* yang diasumsikan terdapat koordinat dan 1 objek target *Wall Station* yang tidak diketahui koordinatnya. Lalu pada pengamatan titik objek target *Wall Station* yang tidak diketahui koordinatnya akan ditarik dari titik kontrol *Wall Station* dengan jarak yang terjauh.

4. Pengolahan Data

Dalam penelitian ini, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan teori pengukuran titik dengan metode poligon tertutup dan pengikatan kebelakang. Pada metode poligon, dilakukannya 2 poligon yaitu poligon Parsial dan poligon penuh. Pengolahan data ini dilakukan dengan perhitungan *bowditch* dan *least square*. Yang dijelaskan pada tabel betikutnya.

5. Koreksi Hasil

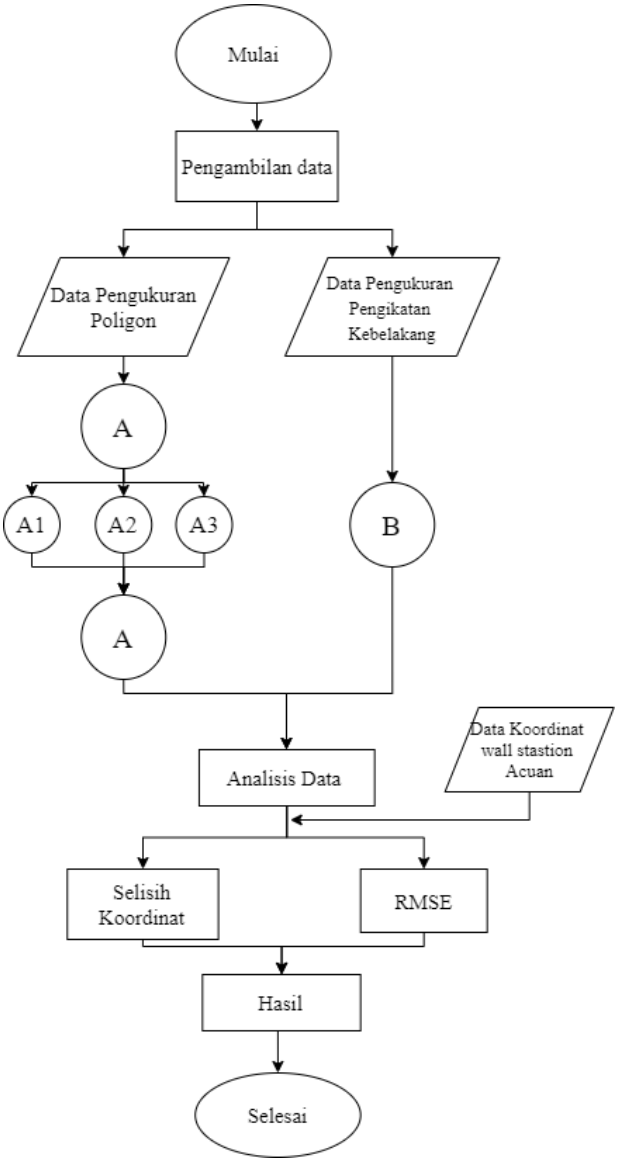
   Pada hasil yang telah dihitung dan didapatkan maka anak dilakukan cek koreksi sesuai dengan toleransi yang didapatkan. Pehitungan toleransi didapatkan pada perhitungan metode poligon baik dalam penutup sudut koordinat ataupun linear.

6. Analisis Hasil Pengolahan

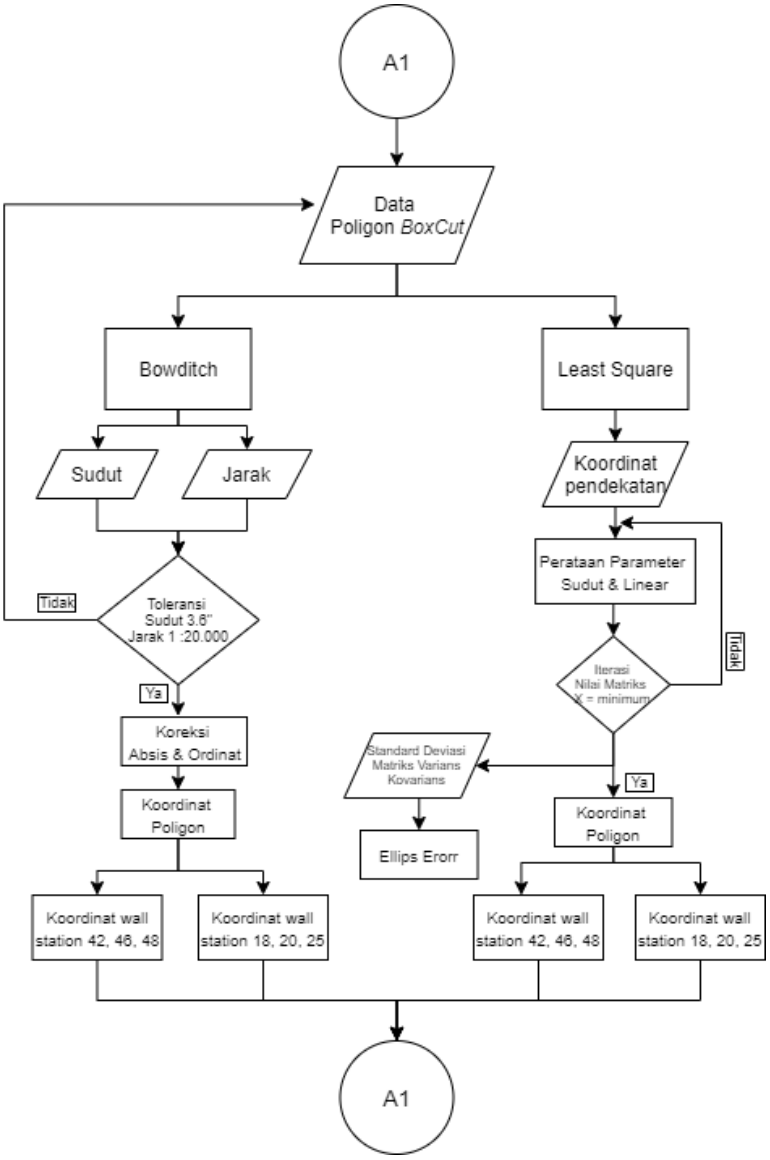
   Setelah data penelitian ini selesai. Koordinat anatar kedua metode perhitungan ersebut akan dibandingan, dihitung selesih dan kesalahan yang ada serta faktor apa saja yang memperngaruhi kedua metode tersebut.

3.3.2 Tahapan Pengolahan Data

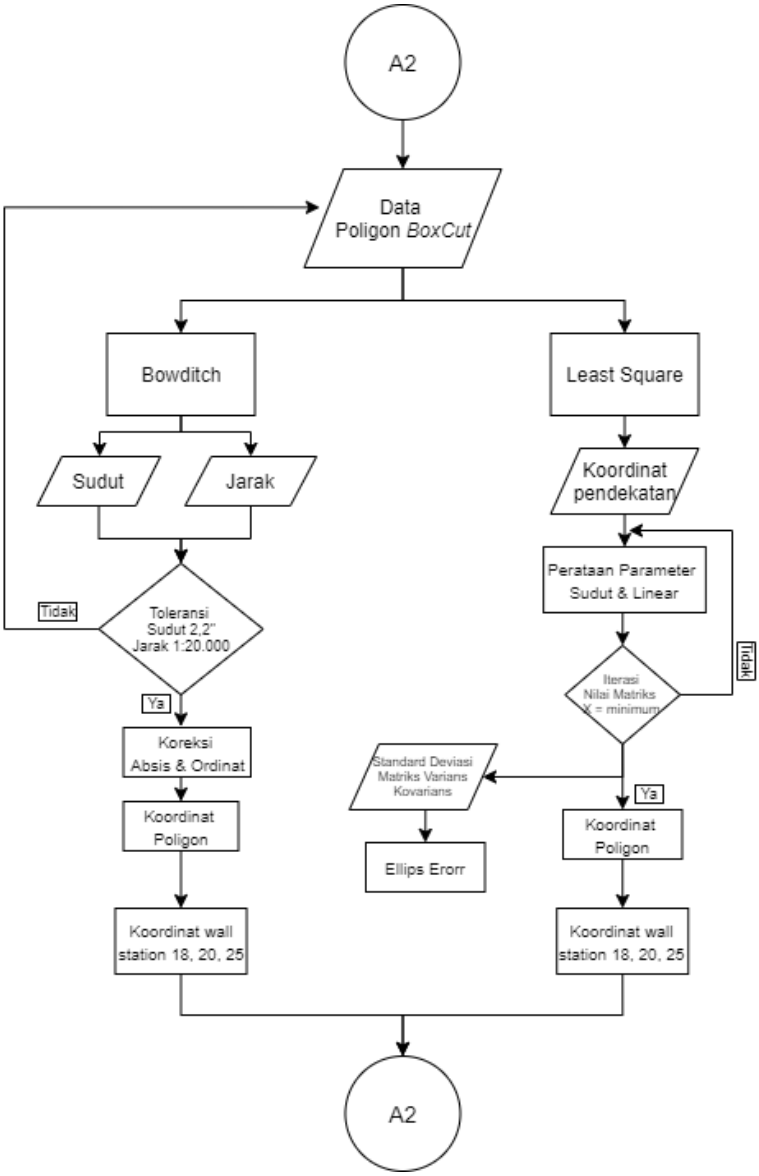
Tahap pengolahan data dalam penelitian ini ditunjukan dalam diagram alir berikut:



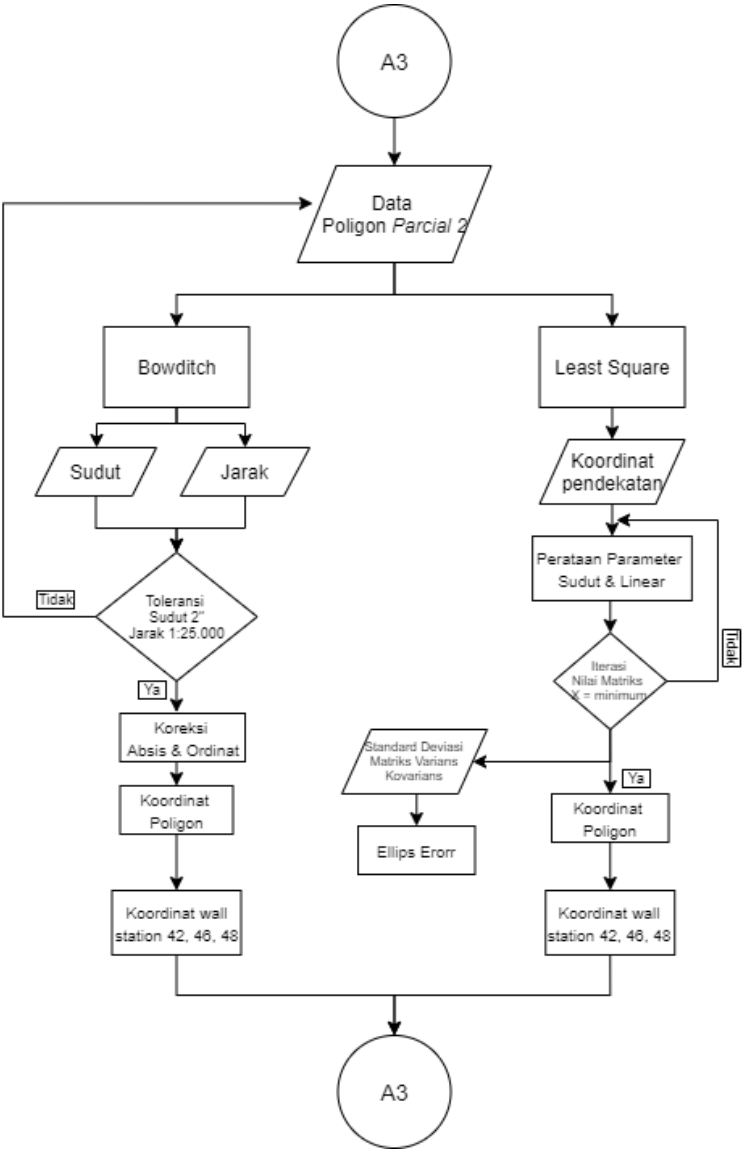
Gambar 3. 4 Diagram Pengolahan Data



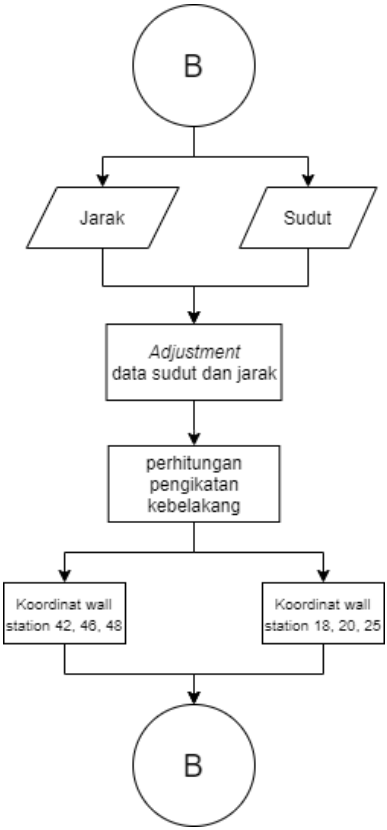
Gambar 3. 5 Diagram Pengolahan Data Poligon Box Cut



Gambar 3. 6 Diagram Pengolahan Data Poligon Parsial 1



Gambar 3. 7 Diagram Pengolahan Data Poligon Parsial 2



Gambar 3. 8 Diagram Pengolahan Pengikatan Kebelakang

Penjelasan Diagram Alir:

1. Pengambilan data

   Pada tahap ini dilakukan pengambilan data primer yang diperlukan dalam penelitian ini.pengambilan data pada Tujuh Bukit *Underground Project*, PT. Bumi Suksesindo, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur. Dengan menggunakan alat *Total Station* sebagai alat ukur, *Wall Station* sebagai objek target dan titik

Box Cut sebagai titik ikat pada pintu tambang. Pengambilan data travers dilakukan dengan 3 data yg berbeda yaitu, data travers poligon dari *box cut*, data poligon parsial 1, dan data poligon parsial 2.

Data Pengikatan Kebelakang dengan menggunakan alat total staion dan data koordinat *fix Wall Station* adalah data yang telah dipakai oleh pihak PT. Bumi SuksesIndo

2. Data tarvers

   Pengolahan data travers dilakukan dengan 2 cara yaitu, *bowditch* dan perataan terkecil (*least square*). Pada perhitungan data travers poligon dengan menggunakan metode *bowditch* masing masing akan dikoreksi penutup sudut dan koreksi linier. Pada penutup sudut dan penutup linier dengan nilai 1: 25.000.

   Pada metode *least square* dilakukan hingga pendekatan koreksi paling minimum, dan melakukan hitungan *variansi koovarinasi* pada masing masing data poligon.

3. Data Pengikatan Kebelakang (*Resection)*

   Tahap dengan mengolah data jarak dan sudut pada pengambilan metode Pengikatan Kebelakang (*resection)* dengan menggunakan total station dan prisma *Wall Station*. Data ini dari 3 data koordinat *Wall Station* yang diketahui dan akan dihitung koordinat berdiri alat, lalu akan menembak point *Wall Station* yang akan diteliti yaitu point 42, 46 dan 48

4. Data koordinat *Wall Station*

   Yaitu datat yang koordinat yang telah digunakan oleh PT, Bumi SuksesIndo dalam pekerjaan yang akan menjadi acuan dan data yang dianggap benar.

5. Analisis Data

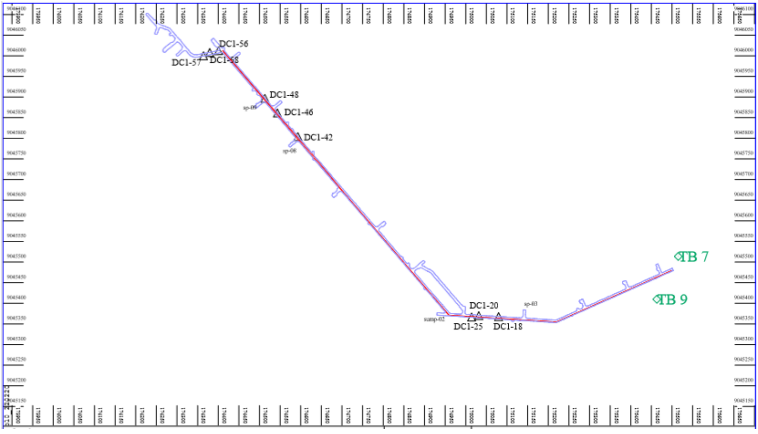
   Tahap dimana akan dilakukan analisi natara data hitungan data *travers* poligon, data Pengikatan Kebelakang dan juga data koordinat *wall station* yang telah dianggap benar. Pada tahap ini dilakukan pehitungan RMSE antara ketiga data tersebut. Dan faktor apasaja yang mmepengaruhi adanya perbedaan anatara ketiga data tersebut.

BAB IV
HASIL DAN ANALISA

Dalam Penelitian ini hal yang harus dilakukan pertama kali adalah melakukan pengolahan data baik data poligon ataupun data pengikatan kebelakang (*Resection)*. Disini akan dijabarkan hasil koordinat dari pengolehan dengan menggukan metode poligon yang berada di 6 lokasi yang telah ditentukan, yaitu pada titik *Wall Statio*n DC1 18, DC1 20 DC1 25, DC1 42, DC1 46, dan DC1 48. Yang berada di area tambang bawah tanah (*Undergroundminning Project)* yang ada di PT. Bumi SuksesIndo, Desa Sumberagung, Kecamatan Pesanggaraan, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur, Indonesia.

4.1. Hasil

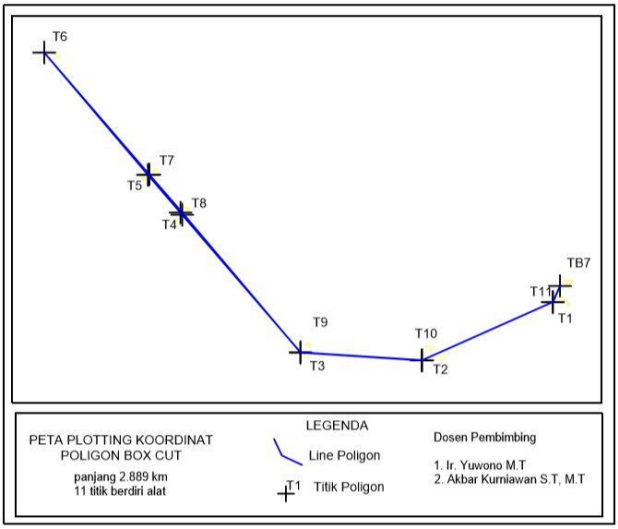
4.1.1 Pengambilan Data Pengukuran



Gambar 4. 1 Gambar *Drive Exploration* Pt. Bumi Suksesindo

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder yaitu dengan 3 pengamatan poligon dan 1 pengamatan metode pengikatan kebelakang. Untuk pengambilan data tersebut dilakukan di dalam jalur *drive exploration* PT. Bumi Suksesindo dengan penjelasan dibawah ini.

- **Poligon Box Cut**



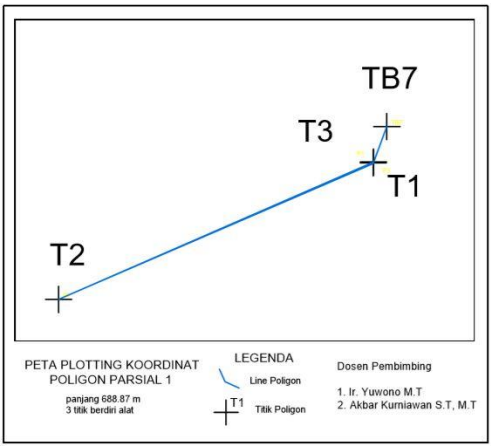
Gambar 4. 2 Peta pengamatan Poligon *Box Cut*

Akuisisi data menggunakan *Total Station* Leica TS15 dan prisma poligon Leica dengan metode kerangka poligon tertutup. Pada akuisisi data poligon ini dilakukan 13 berdiri alat sebagai kerangka utama dan 6 titik *Wall Station* yang dibidik dari akuisisi pada titik kerangka poligon tersebut. Pengambilan data dilakukan dengan 3 set perekaman data pada satu titik kerangka. Dilakukan untuk memiliki nilai ukuran lebih dalam pengamatan pengukuran poligon tersebut Pada poligon ini dibentuk dan didapatkan dari penarikan titik

kontrol yang ada di portal/pintu masuk (*Box Cut*) hingga ±1.5 Km kedalam *Underground Minning Project* PT. Bumi Suksesindo.

Pada pehitungan poligon ini dilakukan dengan mengunakan 2 prinsip hitungan yaitu *Bowditch* dan *Least Square*, yang akan menghasilkan koordinat *WallSation.* Berikut adalah hasil dari koreksi dan koordinat dari perhitungan koreksi *Bowditch* dan perhitungan *Least Square.*

- **Poligon Parsial 1**



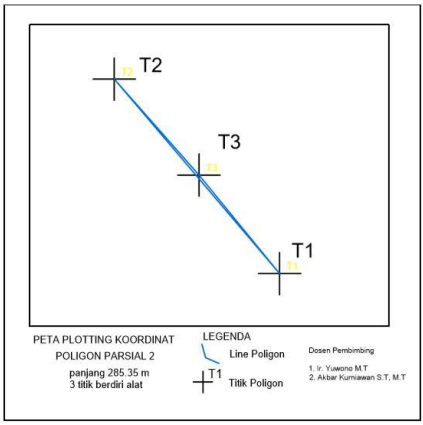
Gambar 4. 3 Peta pengamatan Poligon Parsial 1

Poligon parsial 1 merupakan poligon yang dilakukan untuk mendapatkan koordinat titik kontrol (*Wall Station*) pada point DC1 18, 20, 25. hal ini dilakukan dengan menggunakan kerangka poligon tertutup dengan 3 titik berdiri alat dari *box cut* hingga ke titik *wall station* DC1 18, 20, 25, dengan jarak ±500 meter.

Data ini merupakan data sekunder yang diambil pada tanggal 30 Oktober 2018, pada *Underground Minning Project* pada PT. Bumi Suksesindo.

Pada pehitungan poligon ini dilakukan dengan mengunakan 2 prinsip hitungan yaitu *Bowditch* dan *Least Square,* yang akan menghasilkan koordinat *Wall Sation.* Berikut adalah hasil dari koreksi dan koordinat dari perhitungan koreksi *Bowditch* dan perhitungan *Least Square.*

- **Poligon Parsial 2**



Gambar 4. 4 Peta pengamatan Poligon Parsial 2

Poligon Parsial 2 merupakan poligon yang dilakukan untuk mendapatkan koordinat titik kontrol (*Wall Station*) pada point DC1 42, 46, 48. Hal ini dilakukan dengan menggunakan kerangka poligon tertutup dengan 3 titik berdiri alat dari *box cut* hingga ke titik *Wall Station* DC1 42, 46, 48, dengan jarak ± 300 meter.

Data ini merupakan data sekunder yang diambil pada tanggal 19 September 2019, pada *Underground Minning Project* pada PT. Bumi Suksesindo.

Pada pehitungan poligon ini dilakukan dengan mengunakan 2 prinsip hitungan yaitu *Bowditch* dan *Least Square,* yang akan menghasilkan koordinat *Wall Sation.* Berikut adalah hasil dari koreksi dan koordinat dari perhitungan koreksi *Bowditch* dan perhitungan *Least Square.*

- **Pengikatan Kebelakang *(Resection)***

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *Total Station TS16* dengan prinsip pengikatan kebelakang, pada koordinat titik kontrol *Wall Station* yang akan dicari dengan titik kontrol yang telah ada.

Pada pengambilan data titik *Wall Station* DC1 42, 46, 48 digunakannya 3 titik kooordinat yang diketahui koordinatnya yaitu titik *Wall Station* DC1 38,39 dan 40. Untuk data koordinat titik *Wall Station DC1 18, 20, 25,* didapatkan dari data sebelumnya atau data yg sudah ada. Berikut merupakan data koordinat dari pengamatan dan perhitungan metode pengikatan kebelakang.

Pada hasil koordinat *Wall Station* pada titik DC1 42, 46 dan 48 dilakukan pengambilan data primer dan pengolahan dengan prinsip, 3 titik *Wall station* DC1 38, 39, dan 40 sebagai titik yang telah diketahui koordinatnya, untuk mencari titik koordinat DC1 42.

Pada pengkuran titik DC1 46 digunakan titik koordinat *Wall Station* DC1 39 40 dan 42 sebagai koordinat dengan nilai yang diketahui, hal ini ditujukan untuk mencari koordnat titik 46.

Sama dengan tahap sebelumnya bahwa pada pengukuran Koordinat *Wall Station* DC1 46 ini akan digunakan sebagai koordinat yang diketahui untuk pengukuran selanjutnya. Pada pengkuran titik DC1 48 digunakan titik koordinat *Wall Station* DC1 39 42 dan 46 sebagai koordinat dengan nilai yang diketahui, hal ini ditujukan untuk mencari koordnat titik 48. Berikut Koordinat DC1 39 42 dan 46 sebagai koordinat yang telah diketahui.

- **Data BM Box Cut**

  Pada data BM *Box Cut* ini merupakan data yang telah digunakan dalam pengukuran pada *Underground Minning.* BM *Box Cut* ini didapatkan dari perhitungan poligon kerangka Tambang yang ada di PT. Bumi Suksesindo. Pada titik BM *Box Cut* ini digunakan adalah titik TB7 dan TB9 dalam pengikatan dalam proses poligon.

4.1.2 Data Pengukuran

Berikut adalah data hasil pengukuran yang berupa data primer ataupun data sekunder, yaitu data yang didapatkan dari pengukuran lapangan dan data yang merupakan data telah diketahui atau data yang telah diambil sebelumnya oleh pihak PT. Bumi SuksesIndo.

- **Data pengukuran Poligon *Box Cut***

  Pengukuran Poligon ini merupakan data Primer yang dimana pangambilan data dilakukan langsung. Pengambilan data poligon ini dilakukan dengan melakukan 13 berdiri alat dan 2 titik BM *Box Cut* sebagai titik ikat poligon terssebut. Berikut adalah hasil data pengukuran poligon *Box Cut*:

Tabel 4. 1 Tabel Data Pengukuran Sudut Poligon *Box Cut*

POSISI ALAT	TARGET	BACAAN HORIZONTAL			BACAAN VERTIKAL		
		°	'	"	°	'	"
TB7	TB9	206	35	18			
	T1	204	16	33	108	58	17
T1	TB7	24	16	30			
	T2	245	56	27	97	59	59
T2	T1	65	56	25			
	T3	273	37	2	98	11	22
T3	T2	93	36	43			
	T4	319	20	54	98	7	1
T4	T3	139	21	9			
	T5	319	10	28	95	7	6
T5	T4	139	10	31			
	T6	319	43	36	98	5	48
T6	T5	139	43	24			
	T7	139	12	21	81	55	44
T7	T6	319	12	28			
	T8	140	50	57	85	4	40
T8	T7	320	50	57			
	T9	139	19	33	81	52	11
T9	T8	319	19	41			
	T10	93	39	24	81	51	55
T10	T9	273	39	10			
	T11	65	59	26	81	59	7
T11	T10	245	59	31			
	TB7	24	12	41	70	53	6

TB7	T11	204	12	44			
	TB9	206	35	12	79	39	10

Tabel 4. 2 Data Pengukuran Jarak Poligon *Box Cut*

POSISI ALAT	**TARGET**	**Jarak (m)**	**Jarak (m)**
		(Miring)	(Horizontal)
TB7	T1	39,786	37,62487
T1	T2	308,869	305,8633
T2	T3	264,486	261,7889
T3	T4	392,148	388,2194
T4	T5	113,293	112,8413
T5	T6	346,528	343,0738
T6	T7	348,055	344,6074
T7	T8	105,482	105,093
T8	T9	399,184	395,1718
T9	T10	262,102	259,4648
T10	T11	310,742	307,7068
T11	TB7	39,732	37,54131

- **Data Pengukuran Poligon Parsial 1**

  Data pengukuran ini merupakan data yang telah ada atau data Sekunder. pada pengambilan data ini dilakukan dengan 4 kali berdiri alat dari titik ikat *Box Cut* hingga titik *Wall Station* DC1 18. 20, dan 25 dapat terambil. Pengambilan data ini dilakukan pada tanggal 30 Oktober 2018, pada *Underground Minning Project* pada PT. Bumi Suksesindo.

Tabel 4. 3 Data Pengukuran Sudut Poligon Parsial 1

Posisi Alat	Target	Bacaan Horizontal			Bacaan Vertikal		
		°	'	"	°	'	"
TB7	TB9	206	35	19			
	P1	200	34	21	110	10	10
P1	TB7	20	34	23			
	P2	246	31	44	97	55	35
P2	P1	66	31	46			
	P3	66	23	28	82	4	3
P3	P2	246	23	29			
	TB7	20	53	10	69	26	31
TB7	P3	200	53	9			
	TB9	206	35	25	79	38	43

Tabel 4. 4 Data Pengukuran Jarak Poligon Parsial 1

POSISI ALAT	TARGET	Jarak (m)	Jarak (m)
		(Miring)	(Horizontal)
TB7	P1	37,296	35,0089
P1	P2	312,611	309,6243
P2	P3	313,078	310,0823
P3	TB7	36,473	34,15028

- **Data Pengukuran Poligon Parsial 2**

  Data pengukuran ini meruakan data yang telah ada atau data Sekunder. pada pengambilan data ini dilakukan dengan 3 kali berdiri alat dari titik *Wall Station* DC1 32 dan 34 hingga titik *Wall Station* DC1

42, 46, dan 48 dapat terambil. Pengambilan data ini dilakukan pada tanggal 19 September 2019, pada *Underground Minning Project* pada PT. Bumi Suksesindo.

Tabel 4. 5 Data Pengukuran Sudut Poligon Parsial 2

POSISI ALAT	TARGET	BACAAN HORIZONTAL			BACAAN VERTIKAL		
		°	'	"	°	'	"
T1	DC132	137	58	8			
	T2	319	40	5	95	46	30
T2	T1	139	40	1			
	T3	138	34	42	86	40	3
T3	T2	318	34	42			
	T1	140	45	30	81	47	45
T1	T3	320	45	29			
	DC132	137	57	57	81	32	45

Tabel 4. 6 Data Pengukuran Jarak Poligon Parsial 2

POSISI ALAT	TARGET	Jarak (m)	Jarak (m)
		(Miring)	(Horizontal)
T1	T2	143.391	142.6632
T2	T3	71.655	71.53383
T3	T1	71.892	71.15625

- **Data Pengukuran Pengikatan Kebelakang**

  Pada pengukuran Pengikatan Kebelakang dilakukan pada titik DC1 42, 46, dan 48 pada titik ini digunkan titik *Wall Station* baru yaitu DC1 38, 39 dan 40. Berikut

data pengukuran untuk pengukuran Pengikatan Kebelakang (*Resection)* DC1 42. 46 dan 48.

Tabel 4. 7 Data pengukuran sudut & jarak *Wall Station* dalam metode Pengikatan Kebelakang *(*Resection)

Nama Titik	Sudut Horizontal			Sudut Vertikal			Jarak (m)	Jarak (m)
	°	'	"	°	'	"	(Miring)	(Horizontal)
DC1-38	135	42	44,86	86	46	37,91	65,305	65,201
DC1-40	119	36	24,57	82	55	23,82	13,937	13,830
DC1-39	314	42	44,98	96	27	6,76	9,982	9,918
DC1-42	322	58	45,34	97	59	58	72,665	71,957

Untuk pengukuran data koordinat DC1-46, data koordinat yang digunakan adalah data DC1-39, 40 dan 42. Berikut adalah data pengukuran Pengikatan Kebelakang (*Resection)* DC1-46

Tabel 4. 8 Data pengukuran sudut & jarak *Wall Station* dalam metode Pengikatan Kebelakang *(*Resection)

Nama Titik	Sudut Horizontal			Sudut Vertikal			Jarak (m)	Jarak (m)
	°	'	"	°	'	"	bacaan	datar
DC1-40	135	34	6,37	81	27	19,1	69,559	68,786
DC1-39	140	33	45,79	80	41	29,81	46,354	45,743
DC1-42	334	37	7,39	95	4	47,53	16,843	16,776
DC1-46	321	56	57,31	97	48	13,67	92,64	91,782

Untuk pengukuran data koordinat DC1-48, data koordinat yang digunakan adalah data DC1-39, 42 dan 46. Berikut adalah data pengukuran Pengikatan Kebelakang (*Resection)* DC1-48:

Tabel 4. 9 Data pengukuran sudut & jarak *Wall Station* dalam metode Pengikatan Kebelakang *(*Resection)

Nama Titik	Sudut Horizontal			Sudut Vertikal			Jarak (m)	Jarak (m)
	°	'	"	°	'	"	(Miring)	(Horizontal)
DC1-39	140	44	58,05	81	22	9,63	82,814	81,876
DC1-42	129	42	19,34	80	20	48,15	20,506	20,216
DC1-46	322	34	31,54	97	49	26,77	56,181	55,658
DC1-48	321	5	56,95	97	49	18,16	103,494	102,531

- **Data Koordinat *Wall Station***

  Koordinat *Wall Station* merupakan nilai koordinat yang digunakan oleh PT. Bumi Suksesindo atau data yang dianggap benar. Dalam penentuan dan perolehan titik koordinat ini dilakukan dengan metode poligon dengan pengolahan data dengan menggunakan *software MOVE3*. Berikut merupakan hasil dari koordinat yang didapatkan dengan pengolahan data *MOVE3*.

  Pada koordinat *Wall Station* ini digunakan sebagai nilai yang dianggap benar dan sebagai nilai koordinat acuan dalam penelitian ini.

Tabel 4. 10 Data Koordinat Wall Station Acuan

Titik *Wall Station*	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1-18	175079,612	9045367,811
DC1-20	175031,582	9045370,098
DC1-25	175014,156	9045366,673
DC1-42	174592,914	9045804,126

DC1-46	174543,532	9045861,241
DC1-48	174512,947	9045896,861

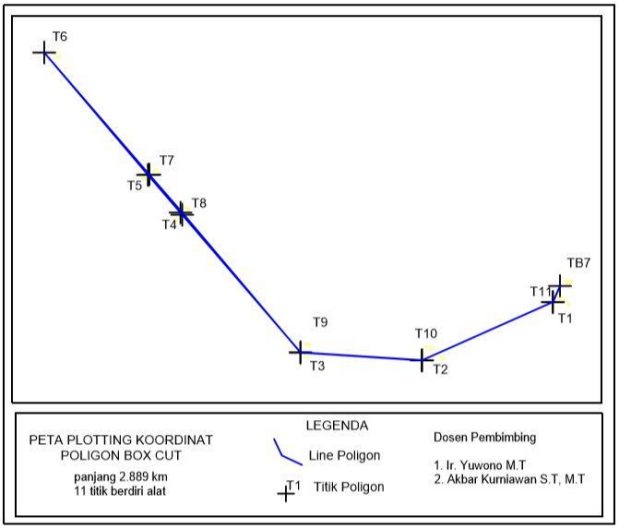
Koordinat *Wall Station* ini merupakan sebaran titik yang ada dalam *Underground Project*, titik ini digunakan sebagai acuan posisi yang ada didalam bawah tanah sebgai kontrol utama acuan posisi yang signifikan digunakan saat ini. Berikut adalah hasil plotingan dari titik *Wall station* diatas.

4.1.3 Pengolahan Data

Pengolahan pada masing masing pengukura dilakukan dengan perhitungan yang sesuai dengan data yang didapatkan. Pada pengukuran Poligon dilakukan pehritungan dengan metode *Bowditch* dan *Least Square* pada masing masing poligon, dan pada pengukuran data Pengikatan Kebelakang (*Resection)* data dilakukan dengan perhitungan pengikatan kebelakang. Berikut hasil pengolahan data pengukuran yang telah diambil sebelumnya.

- **Koordinat Poligon Portal *Box Cut***

  Berikut merupakan ploting untuk bentuk poligon pada pengamatan poligon *Box Cut* pada penelitian ini.



Gambar 4. 5 Desain Poligon *Box Cut*

- **Perhitungan *Bowditch***

Perhitungan *Bowditch* pada perhitungan poligon ini dilakukan dengan syarat dan koreksi sesuai dengan rumus perhitungan *bowditch* sebelumnya. Pada perhitungan ini didapatkan nilai koordinat dari poligon kerangka utama dan nilai koordinat *Wall Station.*

Pada perhitungan nilai *Bowditch* didapatkan koreksi sudut dan koreksi linier yang memiliki nilai toleransi sebagai berikut.

Tabel 4. 11 Nilai Koreksi Sudut Poligon *Box Cut*

∑β (Total sudut dalam)			**∑β' (Total sudut dalam terkoreksi)**		
2520	0	3	2159	56	22,53846

fβ					
0	0	-3			
Toleransi Sudut		3,605551275			
Keterangan		Memenuhi Toleransi			

Pada perhitungan tersebut, data rekam yang ke 2 yang digunakan. Yaitu bacaan biasa pada hasil pengamatan yang ke 2. Didpatkan nilai koreksi sudut -3” dengan koreksi penutup sudut yaitu 3.6” pada kerangka poligon tersebut.

Tabel 4. 12 Koreksi Linier Poligon *Box Cut*

∑**d**	**fx**	**fy**
	0,0100865	0,0157089
	fL	
2898.99653	0,00001	
	Toleransi Linier	0,00004
	Keterangan	Memenuhi Toleransi

Pada koreksi linear didatkan nilai koreksi linear yaitu 0.00001 dengan toleransi linier yaitu 0.00004 atau sebesar 1: 25.000 dalam kerangka poligon tersebut. sehingga koreksi linear pada kerangka poligon tersebut memenuhi toleransi.

Tabel 4. 13 Nilai Sudut Dalam. Koreksi sudut dalam dan Nilai Azimuth Poligon *Box Cut*

Posisi Titik	**β**			**β'**			**ϕ**		
	°	'	"	°	'	"	°	'	"
TB9-TB7							206	35	18
TB7	357	41	15	357	41	14.7	204	16	33

T1	221	39	57	221	39	56.7	245	56	27
T2	207	40	37	207	40	36.7	273	37	2
T3	225	44	11	225	44	10.7	319	20	54
T4	179	49	19	179	49	18.7	319	10	28
T5	180	33	5	180	33	4.7	319	43	36
T6	359	28	57	359	28	56.7	139	12	21
T7	181	38	29	181	38	28.7	140	50	57
T8	178	28	36	178	28	35.7	139	19	33
T9	134	19	43	134	19	42.7	93	39	24
T10	152	20	16	152	20	15.76923	65	59	26
T11	138	13	10	138	13	9.769231	24	12	41
TB7	2	22	28	2	22	27.76923	206	35	12

Didapatkan nilai koordinat yang dihasilkan dari perhitungan *bowditch* yang telah diinput dengan koreksi sudut dan koreksi linier pada perhitungan sebelumnya. Maka didapatkan koordinat titik *Wall Station* DC1 42, 46 48 pada kerangka poligon ke 5. Dan DC1 18, 20 25 pada kerangka poligon ke 9.

Tabel 4. 14 Nilai Koordinat *Wall Station* hasil perhitungan Bowditch poligon *Box Cut*

Titik	***Easting (m)***	***Nothing (m)***
DC1 42	174592,915	9045804,142
DC1 46	174543,531	9045861,255
DC1 48	174512,948	9045896,875
DC1 18	175079,613	9045367,808
DC1 20	175031,583	9045370,099
DC1 25	175014,156	9045366,673

- **Perhitungan *Least Square***

  Perhitungan *Least Square* atau perhitungan Kuadrat terkecil merupakan perhitungan titik koordinat dengan koreksi paling minimum dan Dilakukan iterasi sehingga didapatkan nilai error paling terkecil. Berikut merupakan perhitungan dari perhitungan *Least Square*.

  Pada perhitungan ini dilakukan dan didapatkan dari hasil iterasi yang ke 3. Dengan hasil koordinat kerangka poligon seperti berikut,

Tabel 4. 15 Koordinat Titik Poligon Iterasi 1 Metode *Least Square*

KOORDINAT ITERASI 1		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*
T1	175499,7327	9045479,3351
T2	175220,4394	9045354,6457
T3	174959,1725	9045371,1740
T4	174706,2913	9045665,7341
T5	174632,5215	9045751,1214
T6	174410,7517	9046012,8800
T7	174635,8759	9045751,9725
T8	174702,2245	9045670,4723
T9	174959,7758	9045370,7610
T10	175218,7122	9045354,2096
T11	175499,8045	9045479,3949

Tabel 4. 16 Tabel Matriks Parameter X iterasi 1

X	**0,000**
	0,000

	0,003
	-0,002
	0,004
	0,001
	0,002
	0,000
	0,002
	0,000
	0,003
	0,001
	-0,001
	0,000
	-0,002
	0,000
	-0,003
	0,002
	-0,003
	-0,001
	0,000
	0,000

Tabel 4. 17 Koordinat Titik Poligon Iterasi 2 *Metode Least Square*

KOORDINAT ITERASI 2		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*
T1	175499,7327	9045479,3351
T2	175220,4394	9045354,6457
T3	174959,1725	9045371,1740
T4	174706,2913	9045665,7341

T5	174632,5215	9045751,1214
T6	174410,7517	9046012,8800
T7	174635,8759	9045751,9725
T8	174702,2245	9045670,4723
T9	174959,7758	9045370,7610
T10	175218,7122	9045354,2096
T11	175499,8045	9045479,3949

Tabel 4. 18 Tabel Matriks Parameter X iterasi 2

	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
X	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000

	0,000
	0,000
	0,000

Tabel 4. 19 Koordinat Titik Poligon Iterasi 3 Metode *Least Square*

KOORDINAT ITERASI 3		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*
T1	175499,7327	9045479,3351
T2	175220,4394	9045354,6457
T3	174959,1725	9045371,1740
T4	174706,2913	9045665,7341
T5	174632,5215	9045751,1214
T6	174410,7517	9046012,8800
T7	174635,8759	9045751,9725
T8	174702,2245	9045670,4723
T9	174959,7758	9045370,7610
T10	175218,7122	9045354,2096
T11	175499,8045	9045479,3949

Dengan didapatkan nilai matriks parameter dengan dimensi 24x1. Pada matriks parameter ini didpatkan selisih atau *error* pada sudut dan jarak pengamatan.

Tabel 4. 20 Tabel Matriks Parameter X iterasi 3

X	**0,000**
	0,000
	0,000
	0,000

	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000
	0,000

Dan pada perhitungan iterasi ke 3 nilai parameter residu menunjukan nilai minimum dan nilai parameter terlihat konstan dan stabil dari perhitungan sebelumnya. Sehingga pada iterasi ke 3 ini yang digunakan. Selanjutnya akan menghasilkan nilai koordinat dari *Wall station* sebagai berikut:

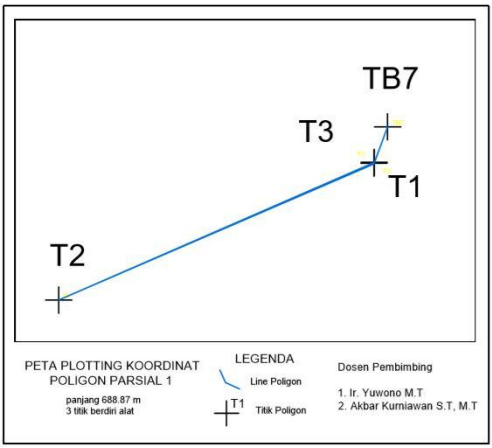
Tabel 4. 21 Tabel Koordinat *Wall Station* dari Perhitungan *Least Square* Poligon *Box Cut*

Koordinat *Wall Station*		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*

DC1 42	174592,92	9045804,14
DC1 46	174543,53	9045861,25
DC1 48	174512,95	9045896,88
DC1 18	175079,610	9045367,810
DC1 20	175031,580	9045370,101
DC1 25	175014,154	9045366,675

- **Koordinat Poligon *Parsial 1***

Berikut merupakan ploting untuk bentuk poligon pada pengamatan poligon Parsial 1 pada penelitian ini.



Gambar 4. 6 Plotting Poligon Parsial 1

- **Perhitungan *Bowditch***

Perhitungan *Bowditch* pada perhitungan poligon ini dilakukan dengan syarat dan koreksi sesuai dengan rumus perhitungan poligon *Bowditch*. Pada perhitungan ini didapatkan nilai koordinat dari poligon kerangka utama dan nilai koordinat *Wall Station.*

Pada perhitungan nilai *Bowditch* didapatkan koreksi sudut dan koreksi linier yang memiliki nilai toleransi sebagai berikut.

Tabel 4. 22 Tabel Koreksi sudut dan toleransi sudut Perhitungan *Bowditch* Poligin Parsial 1

∑β			∑β'		
1080	0	2	1080	0	0
fβ					
0	0	-2			
Toleransi Sudut		2,2			
Keterangan		Memenuhi Toleransi			

Pada perhitungan tersebut, data rekam yang ke 2 yang digunakan. Yaitu bacaan biasa pada hasil pengamatan yang ke 2. Didapatkan nilai koreksi sudut -2” dengan koreksi penutup sudut yaitu 2.2” pada kerangka poligon tersebut

Tabel 4. 23 Tabel hasil Koreksi Linier perhitungan *Bowditch* Poligon Parsial 1

∑d	fx	fy
688,87	-0,0046	-0,0040
	fL	
	0,00001	
Toleransi Linier		0,00004
Keterangan		Memenuhi Toleransi

Pada koreksi linear didapatkan nilai koreksi linear yaitu 0,00001 dengan toleransi linier yaitu 0,00004 atau sebesar 1: 25.000 dalam kerangka

poligon tersebut. sehingga koreksi liear pada kerangka poligon tersebut memenuhi toleransi.

Pada perhitungan sudut didapatkan hasil pengamatan sudut dan koreksi sudut sebagai berikut.

Tabel 4. 24 Nilai Sudut dalam, koreksi sudut dalam dan Azimuth Poligon Parsial 1

Posisi Titik	**β**			**β'**			**ϕ**		
	°	'	"	°	'	"	°	'	"
TB9 - TB7							206	35	19
TB7	353	59	2	353	59	1.6	200	34	21
T1	225	57	21	225	57	20.6	246	31	44
T2	359	51	42	359	51	41.6	66	23	28
T3	134	29	41	134	29	40.6	20	53	10
TB7	5	42	16	5	42	15.6	206	35	25

Koordinat penempatan kerangka horizontal didapatkan dari hasil perhitungan bowditch sebagai berikut,

Tabel 4. 25 Koordinat Tititik Poligon Parsial 1 dengan perhitungan *Bowditch*

Titik	***Easting (m)***	***Northing (M)***
P1	175502,9004	9045480,857
P2	175218,8961	9045357,539
P3	175503,0268	9045481,726
TB7	175515,202	9045513,633

Pada pegukuran kerangka poligon parsial 1 ini titik *Wall Station* yang diamati yaitu titik DC1 18, 20, 25. Maka koordinat didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4. 26 Koordinat *Wall Station* DC1 18, 20, 25 metode *Bowditch* pada Poligon Parsial 1

Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1 18	175079,613	9045367,786
DC1 20	175031,585	9045370,073
DC1 25	175014,157	9045366,638

- **Perhitungan *Least Square***

Perhitungan Least Square atau perhitungan Kuadrat terkecil merupakan perhitungan titik koordinat dengan koreksi paling minimum dan Dilakukan iterasi sehingga didapatkan nilai error paling terkecil. Berikut merupakan perhitungan dari perhitungan *Least Square.*

Pada perhitungan koordinat dengan menggunakan metode ini didapatkan dari hasil iterasi *Least Square* yang ke 2.

Tabel 4. 27 Matrik X Poligon Parsial 1 iterasi 1

X	**0,0000**
	0,0000
	0,0000
	0,0000
	0,0000
	0,0000

Tabel 4. 28 Koordinat titik Poligon Iterasi ke 1 Poligon Parsial 1

Koordinat Iterasi 1		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*
T1	175502,9001	9045480,8567
T2	175218,8938	9045357,5374
T3	175503,0224	9045481,7227

Tabel 4. 29 Matrik X Poligon Parsial 1 iterasi 2

X	**0,0000**
	0,0000
	0,0000
	0,0000
	0,0000
	0,0000

Dan pada perhitungan iterasi ke 2 nilai parameter residu menunjukan nilai minimum dan nilai parameter terlihat konstan dan stabil dari perhitungan sebelumnya. Sehingga pada iterasi ke 2 ini yang digunakan. Berikut merupakan hasil koordinat kerangka poligon dari koreksi hasil perhitungan dari metode *Least Square.*

Tabel 4. 30 Koordinat titik Poligon Iterasi ke 2 Poligon Parsial 1

Koordinat Iterasi 2		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*
T1	175502,9001	9045480,8567

T2	175218,8938	9045357,5374
T3	175503,0224	9045481,7227

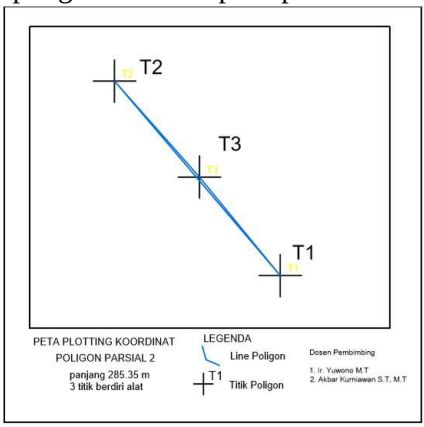
Pengukuran titik *Wall Station* didapatkan dari pengamatan di titik T2 pada kerangka poligon.

Tabel 4. 31 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 metode *Least Square*

Point	Easting (m)	Northing (m)
DC1 18	175079,610	9045367,783
DC1 20	175031,581	9045370,070
DC1 25	175014,153	9045366,635

- **Koordinat Poligon Portal *Parsial 2***

Berikut merupakan ploting untuk bentuk poligon pada pengamatan poligon Parsial 1 pada penelitian ini.



Gambar 4. 7 Ploting Poligon Parsial 2

- **Perhitungan *Bowditch***

Perhitungan *Bowditch* pada perhitungan poligon ini dilakukan dengan syarat dan koreksi

sesuai dengan rumus perhitungan poligon. Pada perhitungan ini didapatkan nilai koordinat dari poligon kerangka utama dan nilai koordinat *Wall Station.*

Pada perhitungan nilai *Bowditch* didapatkan koreksi sudut dan koreksi linier yang memiliki nilai toleransi sebagai berikut.

Tabel 4. 32 Toleransi Sudut perhitungan *Bowdicth* Poligon Parsial 2

∑β			∑β'		
900	0	1,0	900	0	0
fβ					
0	0	-1			
Toleransi Sudut		2,0			
Keterangan		Memenuhi Toleransi			

Pada perhitungan tersebut, data rekam digunakan dengan perhitungan dengan standard deviasi yang paling kecil. Yaitu semua bacaan pada hasil pengamatan. Didapatkan nilai koreksi sudut -1” dengan koreksi penutup sudut yaitu 2” pada kerangka poligon tersebut. maka dalam pengamatan pengukuran poligon ini memenuhi syarat penutup sudut.

Tabel 4. 33 Koreksi Sudut perhitungan *Bowditch* poligon Parsial 2

∑d	fx	fy
285.353	0,0022	0,0005
	fL	

	0,00001
Toleransi Linier	0,00004
Keterangan	Memenuhi Toleransi

Pada koreksi linear didapatkan nilai koreksi linear yaitu 0.00001 dengan toleransi linier yaitu 0.00004 atau sebesar 1: 25.000 dalam kerangka poligon tersebut. sehingga koreksi liear pada kerangka poligon tersebut memenuhi toleransi.

Pada perhitungan sudut didapatkan hasil pengamatan sudut dan koreksi sudut sebagai berikut.

Tabel 4. 34 Nilai Sudut Dalam, Koreksi Sudut dalam dan Azimuth Poligon Parsial 2

POSISI SUDUT	β			β'			φ		
	°	'	"	°	'	"	°	'	"
DC132-T1							137	58	8
T1	181	41	57	181	41	56.75	319	40	5
T2	358	54	44	358	54	43.75	138	34	45
T3	182	10	48	182	10	47.75	140	45	30
T1	177	12	32	177	12	31.75	137	57	58

Koordinat penempatan kerangka horizontal didapatkan dari hasil perhitungan bowditch sebagai berikut,

Tabel 4. 35 Nilai titik poligon perihtungan *Bowdicth* poligon Parsial 2

Koordinat		
Posisi titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*

T1 -32	174733,6000	9045635,293
T2	174641,2636	9045744.,447
T3	174688,5887	9045690,034
T1	174733,6000	9045635,2930

Pada pegukuran kerngka poligon parsial 1 ini titik *Wall Station* yang diamati yaitu titik DC1 42, 46, 48. Maka koordinat didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4. 36 Koordinat *Wall Station* Pehirungan *Bowdicth* poligon Parsial 2

Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1 42	174592,917	9045804,126
DC1 46	174543,537	9045861,240
DC1 48	174512,954	9045896,864

- **Perhitungan *Least Square***

  Perhitungan Least Square atau perhitungan Kuadrat terkecil merupakan perhitungan titik koordinat dengan koreksi paling minimum dan Dilakukan iterasi sehingga didapatkan nilai error paling terkecil. Berikut merupakan perhitungan dari perhitungan *Least Square.*

  Pada perhitungan koordinat dengan menggunakan metode ini didapatkan dari hasil iterasi *Least Square* yang ke 2. Berikut merupakan hasil matriks parameter yang didapatakan dari hasil iterasi pengolahan data.

Tabel 4. 37 Nilai Matriks X iterasi 1 poligon Parsial 2

X	**0,00000**
	0,00000
	0,00000
	0,00000

Tabel 4. 38 Koordinat titik Poligon Parsial 2 Iterasi ke 1

KOORDINAT ITERASI		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*
T2	174641,265	9045744,045
T3	174688,590	9045690,404
DC1 32	174807,895	9045552,872
T1	174733,600	9045635,293

Tabel 4. 39 Nilai Matriks X iterasi 2 poligon Parsial 2

X	**0,00000**
	0,00000
	0,00000
	0,00000

Dan pada perhitungan iterasi ke 2 nilai parameter residu menunjukan nilai minimum dan nilai parameter terlihat konstan dan stabil dari perhitungan sebelumnya. Sehingga pada iterasi ke 2 ini yang digunakan. Berikut merupakan hasil koordinat kerangka poligon dari koreksi hasil perhitungan dari metode *Least Square.*

Tabel 4. 40 Koordinat titik Poligon Parsial 2 Iterasi ke 2

KOORDINAT ITERASI		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*
T2	174641,265	9045744,045
T3	174688,590	9045690,404
DC132	174807,895	9045552,872
T1	174733,600	9045635,293

Pengukuran titik *Wall Station* didapatkan dari pengamatan di titik T2 pada kerangka poligon.

Tabel 4. 41 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 2 perhitungan *Least Square* Iterasi ke 2

Point	***Easting (m)***	***Northing (m)***
DC1 42	174592,9172	9045804,1257
DC1 46	174543,5369	9045861,2399
DC1 48	174512,9541	9045896,8639

- **Koordinat Metode Pengikatan Kebelakang (*Resection)***

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *Total Station TS16* dengan prinsip pengikatan kebelakang, pada koordinat titik kontrol *Wall Station* yang akan dicari dengan titik kontrol yang telah ada.

Pada pengambilan data titik *Wall Station* DC1 42, 46, 48 digunakannya 3 titik kooordinat yang diketahui koordinatnya yaitu titik *Wall Station* DC1 38,39 dan 40. Untuk data koordinat titik *Wall Station DC1 18, 20, 25,* didapatkan dari data sebelumnya atau data yg sudah ada. Berikut merupakan data koordinat dari pengamatan dan perhitungan metode pengikatan kebelakang.

Berikut hasil koordinat *Wall Station* pada titik DC1 18, 20, 25 yang dimana tidak dilakukan pengamatan akan tetapi telah ada data yang didapatkan dari PT. Bumi Suksesindo.

Tabel 4. 42 Koordinat *Wall Station* Pengikatan Kebelakang DC1 18, 20, 25

Koordinat *Wall Station*		
Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1-18	175079,608	9045367,790
DC1-20	175031,577	9045370,083
DC1-25	175014,150	9045366,649

Pada hasil koordinat *Wall Station* pada titik DC1 42, 46 dan 48 dilakukan pengambilan data primer dan pengolahan dengan prinsip, 3 titik *Wall ststion* DC1 38, 39, dan 40 sebagai titik yang telah diketahui koordinatnya.

Pada DC1 42 koordinat akan ditentukan dari berdiri alat yg pertama (koordinat A) pada acuan titik DC1 38, 39 dan 40. Pada penentuan koordinat A kita melalkukan hitungan dengan prinsip pengikatan ke belekang *(Resection)*. Pada titik koordinat A, selanjutnya akan melakukan pengamatana ke titik koordinat *Wall Station* DC1 42. Dengan pengamatan koordinat sudut dan jarak.

Tabel 4. 43 Koordinat *Wall Station* DC1 38, 39 dan 40

Wall Station	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*
DC1 38	174681,7670	9045700,0090
DC1 40	174648,2645	9045739,8502
DC1 39	174629,1682	9045753,6401

Pada koordinat yang telah diketahui atau sebagai acuan tersebut didapatkan dari data perusahaan yang telah dikoreksi dan telah dijadikan acuan saat menjadi pengukuran selanjutnya.

Pada ketiga titik tersebut dilakukan untuk mencari koordinat Ttik A (titik berdiri alat). Yang nantinya dari koordinat titik A ini akan dihitung titik koordinat *Wall Station* DC1 42.

Tabel 4. 44 Koordinat Titik Hasil Pengikatan Kebelakang

Nama	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*
Titik A	174636,2391	9045746,683

Pada perhitungan ini akan dilakukan pertaan pengikatan kebelakang dengan menggunakan data dan koordinat hasil olahan koordinat. Pada perataan ni dihasilkan nilai parameter x sebagai matriks residu sebagai berikut:

Tabel 4. 45 Parameter residu x perataan *Resection*

x	0,0011
	0,0009
	-0,4957

Perataan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil pada pengikatan kebelakang ini akan diakumulasikan pada koordinat titik B, lalu titik A maka perhitungan titik *Wall Station* 42 dapat dilakukan, dan berikut hasil pengukuran sudut dan jarak koordinat DC1 42, berikut hasil perataan koordinat A dan hasil yang didapatkan dari pengolahan koordinat DC1 42.

Tabel 4. 46 Koordinat Titik Hasil Pengikatan Kebelakang dengan perataan

Nama	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*
Titik A	174636,2391	9045746,683

Tabel 4. 47 Data Pengukuran perhitungan DC1 42 Pada Pengikatan Kebelakang

Titik	**Jarak**	**Bacaan Biasa**			**KOORDINAT**	
	m	°	'	"	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1 42	71,94	322	58	45,75	174592,919	9045804,128

Untuk pengukuran Koordinat Wall Station DC1 42 ini akan digunakan sebagai koordinat yang diketahui untuk pengukuran selanjutnya. Pada pengkuran titik DC1 46 digunakan titik koordinat Wall Station DC1 39 40 dan 42 sebagai koordinat dengan nilai yang diketahui, hal ini ditujukan untuk mencari koordnat titik 46.

Tabel 4. 48 Koordinat *Wall Station* DC1 40, 39 dan 42

Wall Station	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*
DC1 40	174648,265	9045739,850
DC1 39	174629,168	9045753,640
DC1 42	174592,919	9045804,128

Data tersebut didapatkan dari data sebelumnya. Dan pada DC1 42 didapatkan dari perhitungan koordinat dengan metode *Pengikatan Kebelakang* (*Resection)* sebelumnya.

Pada ketiga titik tersebut maka akan didapatkan koordinat titik B sebagai data koordinat yang dihitung dengan metode *Resection.* Pada titik B tersebut selanjutnya akan didapatkan nilai koordinat *Wall Station* DC1 46.

Tabel 4. 49 Koordinat Hasil perhitungan Pengikatan Kebelakang

Nama	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*
Titik B	174600,110	9045788,970

Pada perhitungan ini akan dilakukan pertaan pengikatan kebelakang dengan menggunakan data dan koordinat hasil olahan koordinat. Pada perataan ini dihasilkan nilai parameter x sebagai matriks residu sebagai berikut:

Tabel 4. 50 Matriks X residu Perataan *Resection*

x	-0,0368210
	-0,0208740
	-31,397037

Pertaan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil pada pengikatan kebelakang ini akan diakumulasikan pada koordinat titik B, lalu perhitungan titik *Wall Station* 46 dapat dilakukan, dan berikut hasil pengukuran sudut dan jarak koordinat DC1 46, berikut hasil perataan koordinat B dan didapatkan pengolahan koordinat DC1 46.

Tabel 4. 51 Koordinat Titik Hasil Pengikatan Kebelakang dengan perataan

Nama	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*

Titik B	174600,10953	9045788,96979

Tabel 4. 52 Data Pengukuran perhitungan DC1 46 Pada Pengikatan Kebelakang

Titik	**JARAK**	**BACAAN BIASA**			**KOORDINAT**	
	m	°	'	"	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1 46	91,782	321	56	57,31	174543,538	9045861,245

Sama dengan tahap sebelumnya bahwa pada pengukuran Koordinat *Wall Station* DC1 46 ini akan digunakan sebagai koordinat yang diketahui untuk pengukuran selanjutnya. Pada pengkuran titik DC1 48 digunakan titik koordinat *Wall Station* DC1 39,42 dan 46 sebagai koordinat dengan nilai yang diketahui, hal ini ditujukan untuk mencari koordinat titik 48. Berikut Koordinat DC1 39,42 dan 46 sebagai koordinat yang telah diketahui.

Tabel 4. 53 Koordinat *Wall Station* DC1 39, 42 dan 46

Wall Station	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*
DC1 39	174629,168	9045753,640
DC1 42	174592,919	9045804,128
DC1 46	174543,539	9045861,245

Data tersebut didapatkan dari data sebelumnya. Dan pada DC1 42 didapatkan dari perhitungan koordinat dengan metode Pengikatan Kebelakang (*Resection)* sebelumnya.

Pada ketiga titik tersebut maka akan didapatkan koordinat titik C sebagai data koordinat yang dihitung

dengan metode Pengikatan Kebelakang *(Resection).* Pada titik C tersebut selanjutnya akan didapatkan nilai koordinat *Wall Station* DC1 48.

Tabel 4. 54 Koordinat Hasil Perhitungan Pengikatan Kebelakang

Nama	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*
C	174577,3636	9045817,0439

Pada perhitungan ini akan dilakukan pertaan pengikatan kebelakang dengan menggunakan data dan koordinat hasil olahan koordinat. Pada perataan ini dihasilkan nilai parameter x sebagai matriks residu sebagai berikut:

Tabel 4. 55 Matriks X residu Perataan Resection

x	0,002394
	0,001992
	-0,51973

Perataan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil pada pengikatan kebelakang ini akan diakumulasikan pada koordinat titik C, lalu titik C maka perhitungan titik *Wall Station* 48 dapat dilakukan, dan berikut hasil koordinat dari perataan koordinat titik C dan pengukuran sudut dan jarak koordinat DC1 48, berikut hasil yang didapatkan dari pengolahan koordinat DC1 48.

Tabel 4. 56 Koordinat Titik Hasil Pengikatan Kebelakang dengan perataan

Nama	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*

C	174577,363	9045817,043

Tabel 4. 57 Data Pengukuran pehitungan DC1 48 Pada Pengikatan Kebelakang

Titik	**Jarak**	**BACAAN BIASA**			**KOORDINAT**	
	m	°	'	"	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1 48	102,568	321	5	56,95	174512,9534	9045896,8660

Maka pada perhitungan metode Pengikatan Kebelakang ini didapatkan nilai koordinat *Wall Station* titik DC1 42, 46 dan 48. Berkut hasil koordinat yang didapatkan dari perhitungan,

Tabel 4. 58 Data Koordinat *Wall Station* DC1 42, 46, dan 48

Wall Station	**KOORDINAT**	
	Easting (m)	*Northing (m)*
DC1 42	174592,920	9045804,129
DC1 46	174543,5023	9045861,2244
DC1 48	174512,955	9045896,868

4.1.4 Penyajian Data

Berikut merupakan data hasil perhitungan data poligon dengan perhitungan Bowditch, Least Square dan data perolehan perhitungan metode Pengikatan Kebelakang, perhitungan ini didapatkan nilai koordinat (x, y) pada koordinat *Wall Station* DC1-18, 20, 25, 42, 46, dan 48. Pada pengamatan titik kontrol bawah tanah yang ada di PT. Bumi Suksesindo Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur.

- Data Koordinat *Wall Station*

Tabel 4. 59 Koordinat *Wall Station* Acuan

Titik *Wall Station*	***Easting* (m)**	***Northing* (m)**
DC1-18	175079,612	9045367,811
DC1-20	175031,582	9045370,098
DC1-25	175014,156	9045366,673
DC1-42	174592,914	9045804,126
DC1-46	174543,532	9045861,241
DC1-48	174512,947	9045896,861

- Poligon *Box Cut*
  - *Bowditch*

Tabel 4. 60 Koordinat *Wall Station* Poligon *Box Cut* Perhitungan *Bowditch*

Titik *Wall Station*	***Easting* (m)**	***Northing* (m)**
DC1 18	175079,613	9045367,808
DC1 20	175031,583	9045370,099
DC1 25	175014,156	9045366,673
DC1 42	174592,915	9045804,142
DC1 46	174543,531	9045861,255
DC1 48	174512,948	9045896,875

  - *Least Square*

Tabel 4. 61 Koordinat *Wall Station* Poligon *Box Cut* perhtiungan *Least Square*

Koordinat *Wall Station*		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*

DC1 18	175079,613	9045367,810
DC1 20	175031,583	9045370,100
DC1 25	175014,156	9045366,675
DC1 42	174592,919	9045804,142
DC1 46	174543,535	9045861,255
DC1 48	174512,953	9045896,876

- Poligon Parsial 1
  - *Bowditch*

Tabel 4. 62 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 Perhitungan *Bowdicth*

Titik	***Easting (m)***	***Northing (m)***
DC1 18	175079,613	9045367,786
DC1 20	175031,585	9045370,073
DC1 25	175014,157	9045366,638

  - *Least Square*

Tabel 4. 63 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 perhitungan *Least Square*

Koordinat *Wall Station*		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1 18	175079,611	9045367,784
DC1 20	175031,5825	9045370,071
DC1 25	175014,1546	9045366,636

- Poligon Parsial 2
  - *Bowditch*

Tabel 4. 64 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 2 Perhitungan *Bowditch*

Koordinat		
Posisi titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1 42	174592,917	9045804,126
DC1 46	174543,537	9045861,240
DC1 48	174512,954	9045896,864

- *Least Square*

Tabel 4. 65 Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 2 Perhitungan *Least Square*

Koordinat Wall Station		
Point	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1 42	174592,9182	9045804,126
DC1 46	174543,538	9045861,24
DC1 48	174512,9552	9045896,864

- Pengikatan Kebelakang (*Resection)*

Tabel 4. 66 Koordinat Pehitungan Metode Pengikatan Kebelakang *Resection*

Titik *Wall Station*	***Easting* (m)**	***Northing* (m)**
DC1-18	175079,608	9045367,790
DC1-20	175031,577	9045370,083
DC1-25	175014,150	9045366,64
DC1-42	174592,919	9045804,128
DC1-46	174543,5039	9045861,245
DC1-48	174512,950	9045896,870

4.2. Analisa

4.2.1. Hasil selisih Perhitungan Koordinat *Wall Station*

Perhitungan selisih antara koordinat dilakukan antara hasil semua koordinat yang telah didapatkan dan telah dihitung dalam perhitungan sebelumnya.

Berikut adalah selisih yang didapatkan antara koordinat *Wall Staion* DC1 18, 20, 25, 42, 46 dan 48 dengan metode poligon *Box Cut* dengan metode *Bowditch* dan *Least Square.*

Tabel 4. 67 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon *Box Cut* perhitungan *Bowditch* dengan Koordinat *Wall Station* Acuan

Bowditch		
Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1-42	-0,005	0,006
DC1-46	-0,007	0,004
DC1-48	-0,006	0,004
DC1-18	0,003	-0,001
DC1-20	0,005	0,001
DC1-25	0,003	0,001

Tabel 4. 68 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon *Box Cut* perhitungan *Least Square* dengan Koordinat *Wall Station* Acuan

Least Square		
Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1-42	-0,003	0,005
DC1-46	-0,005	0,004
DC1-48	-0,004	0,004

DC1-18	0,000	0,001
DC1-20	0,001	0,003
DC1-25	0,000	0,002

Berikut adalah selisih yang didapatkan antara koordinat *Wall Station* DC1 18, 20 dan 25 dengan metode poligon Parsial 1 dengan metode *Bowditc*h dan *Least Square*.

Tabel 4. 69 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 perhitungan *Bowditch* dengan Koordinat *Wall Station* Acuan

Bowditch		
Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1-18	0,003	-0,023
DC1-20	0,006	-0,025
DC1-25	0,003	-0,035

Tabel 4. 70 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 1 Perhitungan *Least Square* dengan Koordinat Acuan

Least Square		
Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1-18	0,000	-0,026
DC1-20	0,002	-0,028
DC1-25	-0,001	-0,038

Berikut adalah selisih yang didapatkan antara koordinat *Wall Station* DC1 42, 46 dan 48 dengan metode

poligon Parsial 2 dengan metode *Bowditc*h dan *Least Square*.

Tabel 4. 71 Nilai Selisih Koordinat Wall Station Poligon Parsial 2 Perhitungan Bowditch dengan Koordinat Acuan

Bowditch		
Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1-42	-0,003	-0,010
DC1-46	-0,001	-0,011
DC1-48	0,000	-0,007

Tabel 4. 72 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Poligon Parsial 2 Perhitungan *Least Square* dngan Koordinat Acuan

Least Square		
Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1-42	-0,001	-0,010
DC1-46	0,001	-0,011
DC1-48	0,003	-0,006

Hasil seleisih anatara perhitungan metode Pengikatan Kebelakang (*Resection)* dengan hasilkoordinat *Wall Station*, pada titik DC1 42, 46, dan 48, sebagai berikut.

Tabel 4. 73 Nilai Selisih Koordinat *Wall Station* Perhitungan Pengikatan Kebelakang dengan Koordinat Acuan

Pengikatan Kebelakang		
Titik	*Easting (m)*	*Northing (m)*
DC1-42	-0,001	-0,008

DC1-46	0,001	-0,006
DC1-48	-0,001	-0,005
DC1-18	-0,002	-0,019
DC1-20	-0,002	-0,015
DC1-25	-0,004	-0,024

4.2.2. Hasil *Root Mean Square Error* (RMSE)

Perhitungan *RMSE* digunakan untuk mengamati seberapa akurasi data koordinat yang digunakan.

Perhitungan standart deviasi dilakukan dengan antara data koordinat *Wall Station* yang ditetapkan/ data yang dianggap benar dan telah dipakai oleh pihak perusahaan dengan data Koordinat hasil perhitungan Poligon (*Box Cut, Parsial 1, Parsial 2)* serta Data Koordinat hasil pengolahan metode pengikatan kebelakang (*Resection).*

Berikut merupakan hasil yang didapatkan dari perhitungan RMSE pada penrhitungan tersebut.

- Poligon *Box Cut*
  - Bowditch

Tabel 4. 74 Nilai RMSE Poligon *Box Cut* perhitungan *Bowditch* dengan Nilai Acuan

Titik *Wall Station*	***Easting* (m)**	***Northing* (m)**
DC1-18	0,002	0,001
DC1-20	0,003	0,001
DC1-25	0,002	0,000
DC1-42	0,004	0,004
DC1-46	0,005	0,003
DC1-48	0,004	0,003

- Least Square

Tabel 4. 75 Nilai RMSE Poligon *Box Cut* perhitungan *Least Square* dengan Nilai Acuan

Titik *Wall Station*	***Easting (m)***	***Northing (m)***
DC1-18	0,000	0,000
DC1-20	0,001	0,002
DC1-25	0,000	0,002
DC1-42	0,002	0,004
DC1-46	0,004	0,003
DC1-48	0,003	0,003

- Poligon *Parsial 1*
  - Bowditch

Tabel 4. 76 Nilai RMSE Poligon Parsial 1 perhitungan *Bowditch* dengan Nilai Acuan

Titik *Wall Station*	***Easting (m)***	***Northing (m)***
DC1-18	0,002	0,016
DC1-20	0,004	0,018
DC1-25	0,002	0,025

- Least Square

Tabel 4. 77 Nilai RMSE Poligon Parsial 1 perhitungan *Least Square* dengan Nilai Acuan

Titik *Wall Station*	***Easting (m)***	***Northing (m)***
DC1-18	0,000	0,018

DC1-20	0,002	0,020
DC1-25	0,001	0,027

- Poligon *Parsial 2*
  - Bowditch

Tabel 4. 78 Nilai RMSE Poligon Parsial 2 perhitungan *Bowditch* dengan Nilai Acuan

Titik *Wall Station*	***Easting (m)***	***Northing (m)***
DC1-42	0,002	0,007
DC1-46	0,001	0,008
DC1-48	0,000	0,005

  - Least Square

Tabel 4. 79 Nilai RMSE Poligon Parsial 1 perhitungan *Least Square* dengan Nilai Acuan

Titik *Wall Station*	***Easting (m)***	***Northing (m)***
DC1-42	0,001	0,007
DC1-46	0,001	0,007
DC1-48	0,002	0,005

- Pengikatan Kebelakang (*Resection)*

Tabel 4. 80 Nilai RMSE perhitungan Pengikatan Kebelakang dengan Nilai Acuan

Titik *Wall Station*	***Easting (m)***	***Northing (m)***
DC1-18	0,001	0,006

DC1-20	0,001	0,004
DC1-25	0,000	0,004
DC1-42	0,000	0,005
DC1-46	0,025	0,019
DC1-48	0,001	0,002

Semakin kecil nilai *RMSE* semakin presisi data yang dihasilkan. Berikut adalah hasil perhitungan *RMSE* keseluruhan dari perhitungan semua metode pengamatan dan metode.

Tabel 4. 81 Perhitungan *RMSE* keseluruhan Metode perhitungan

RMSE							
Nama point	*Box cut*		Parsial 1		Parsial 2		Pengikatan Kebelakang
	Bow ditch	*Least Square*	*Bow ditch*	*Least Square*	*Bow ditch*	*Least Square*	
DC142	0.00381	0.00315	-	-	0.00536	0.00500	0.00403
DC146	0.00395	0.00320	-	-	0.00558	0.00531	0.00403
DC148	0.00351	0.00288	-	-	0.00353	0.00348	0.00450
DC118	0.00169	0.00031	0.0114	0.0127	-	-	0.00955
DC120	0.00240	0.00144	0.0128	0.0140	-	-	0.00757
DC125	0.00151	0.00113	0.0175	0.0191	-	-	0.01217

4.2.3 Hasil Perhitungan *Ellips Error*

Perhitungan *Elips Error* dilakukan pada ketiga poligon pegukuran. Perhitungan *Elips Error* dilakukan setelah proses perhitungan dengan metode perataan. Pada perhitungan poligon metode perataan dilakukan hingga

mendapatkan nilai matriks variansi kovariansi serta nilai Standard deviasi pada perhitungan metode ini.

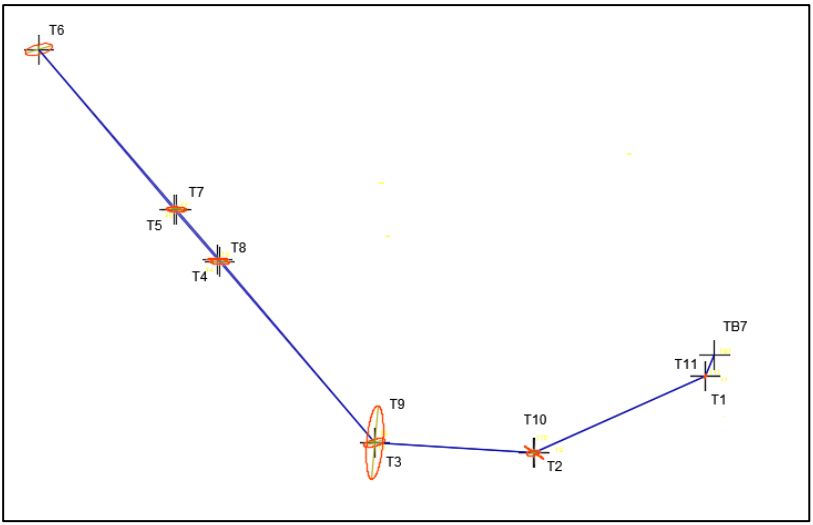
Setelah melakukan perataan poligon dengan menggunakan metode perataan, asil standar deviasi pada poligon Parsial 1 dan 2 adalah 0 sehingga nilai dan hitungan *Elips Error* tidak dapat dilakukan. Pada perhitungan *Elips Error* di poligon *Box Cut* dapat diakukan dengan sketsa *Elips Error* dilakukan pembesaran dengan menggunakan skala.

- Poligon *Box Cut*

Tabel 4. 82 Hasil Perhitungan *Ellips Error* Poligon *Box Cut*

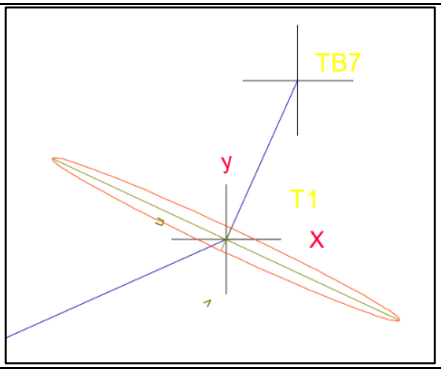
Titik	t (Sudut Putar)			Su	Sv
	°	¢	"		
1	335	43	24,18	1,7484E-12	1,1071E-13
2	33	3	18,54	3,1374E-12	7,6801E-11
3	348	39	10,07	2,3754E-11	7,7763E-11
4	2	20	43,31	1,5924E-11	6,6973E-11
5	3	0	15,73	1,5139E-11	5,6805E-11
6	346	40	30,78	3,4610E-11	9,7019E-11
7	3	23	4,21	1,7366E-11	7,0607E-11
8	359	59	59,6	3,2280E-12	7,3717E-11
9	5	51	55,48	2,5453E-10	5,5853E-11
10	349	32	54,88	1,8980E-11	4,6253E-11
11	27	47	21,47	1,5278E-11	3,3958E-12

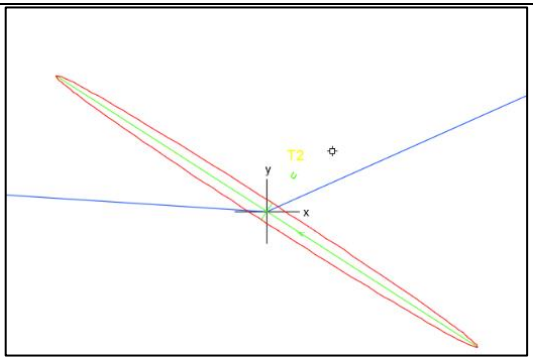
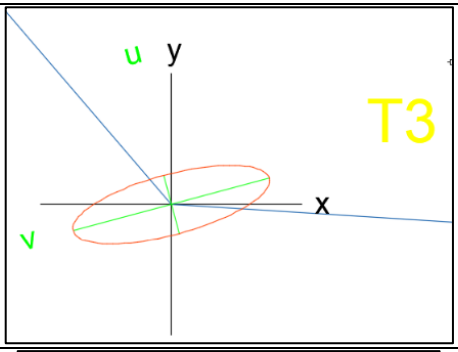
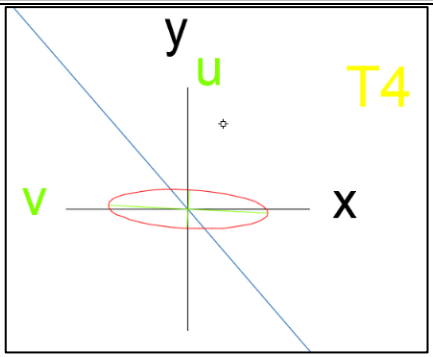
Plotting dengan perbesaran sama yaitu 1: $1x10^{11}$pada masing maisng Panjang sumbu elips.

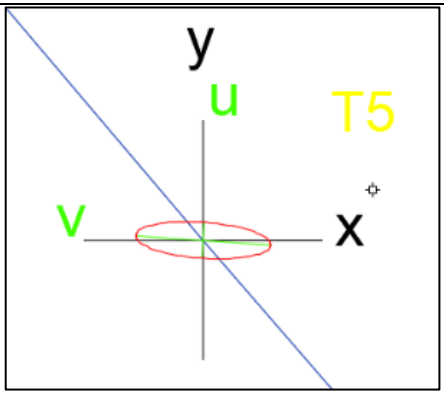
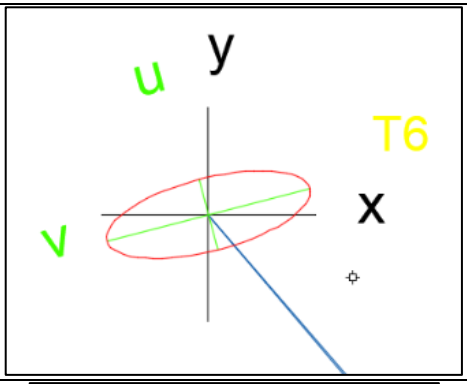
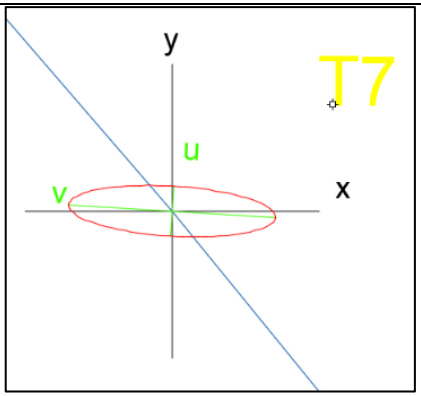


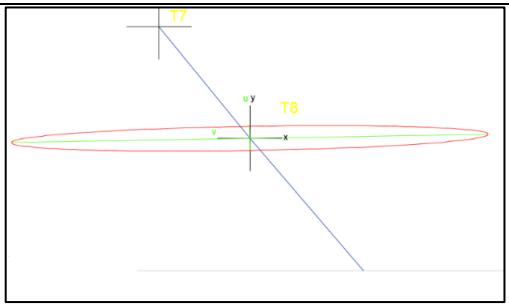
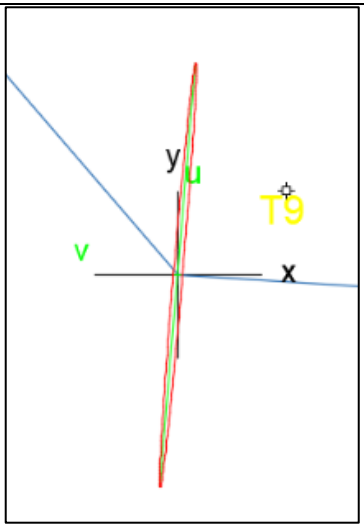
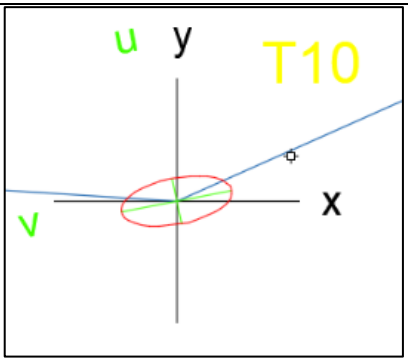
Gambar 4. 8 Plot Hasil *Elips Error* pada poligon *Box Cut*

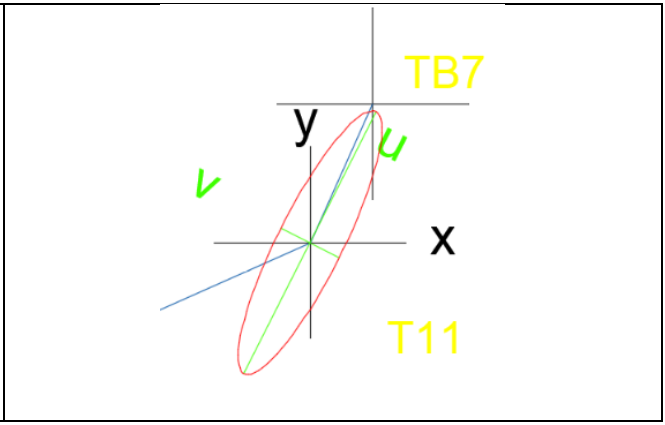
Tabel 4. 83 Plot *error elips* setiap titik Poligon *Box Cut*

Nama Point	Gambar
T1	

T2	
T3	
T4	

T5	
T6	
T7	

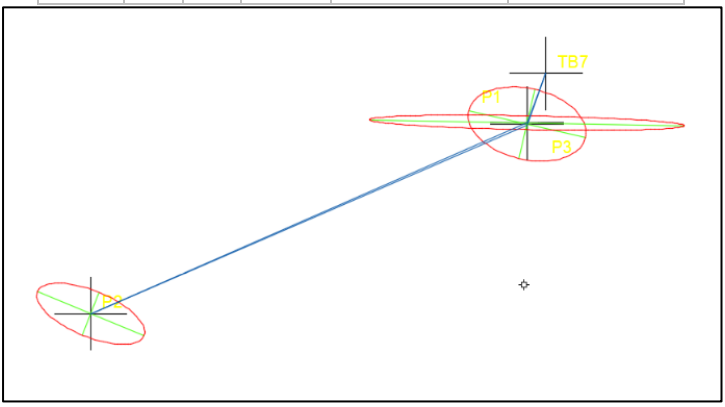
T8	
T9	
T10	

T11	

- Poligon Parsial 1

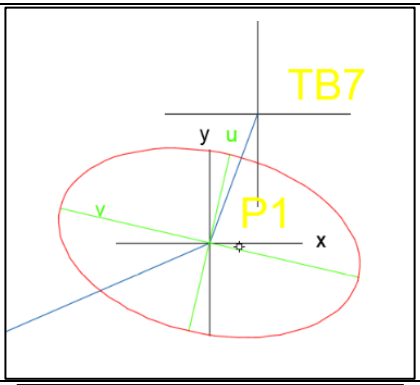
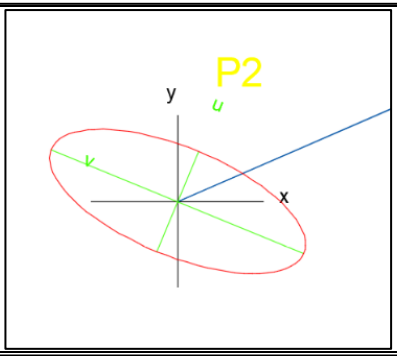
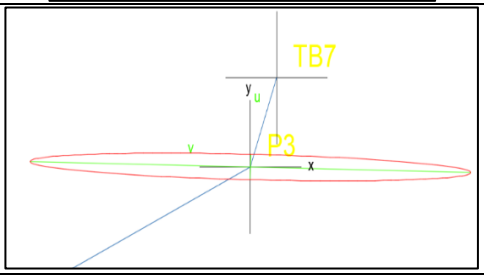
Tabel 4. 84 Hasil Perhitungan *Elips Error* Poligon Parsial 1

Titik	t (Sudut Putar)			Su	Sv
	°	‘	"		
1	13	11	54	9,7656E-32	1,6515E-31
2	23	28	6.5	6,3240E-27	1,5880E-26
3	1	6	39.7	1,9187E-32	4,3498E-30



Gambar 4. 9 Plot Hasil *Elips Error* pada poligon Parsial 1

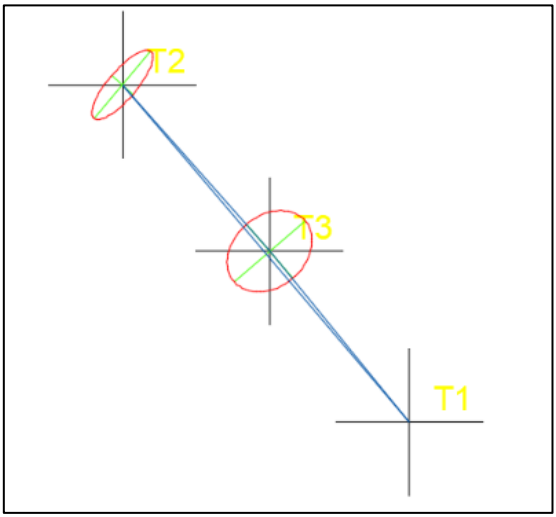
Tabel 4. 85 Plot *error elips* setiap titik Poligon Parsial 1

Nama Point	Gambar
P1	
P2	
	

- Poligon Parsial 2

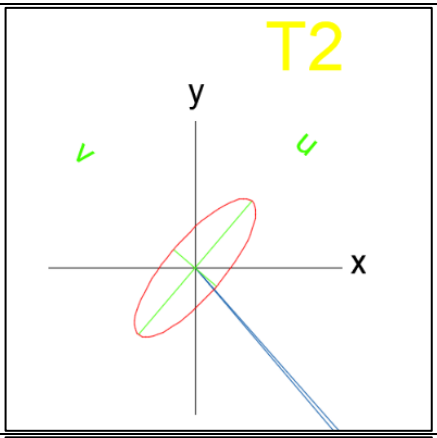
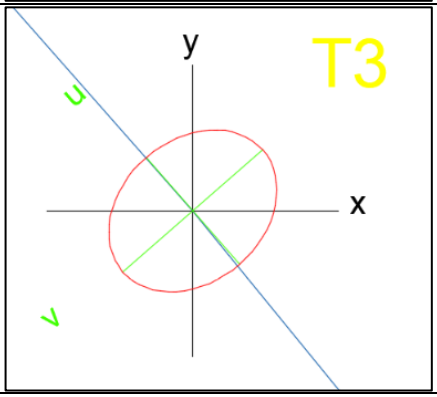
Tabel 4. 86 Hasil Perhitungan *Ellips Error* Poligon Parsial 2

Titik	t (Sudut Putar)			Su	Sv
	°	‘	"		
1	41	25	15.04	5,9686E-39	1,9257E-39
2	319	52	27.76	4,8677E-38	6,3788E-38



Gambar 4. 10 Plot Hasil *Elips Error* pada poligon Parsial 2

Tabel 4. 87 Plot *error elips* setiap titik Poligon Parsial 2

Nama Point	Gambar
T2	
T3	

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari perhitungan *RMSE* didapatkan nilai koordinat yang memiliki *error* terkecil dengan metode pengamatan Poligon tertutup dengan perhitungan *Least Square* pada Poligon *Box Cut*.pada semua point *wall station*.
   - DC1 -18 dengan nilai *error* 0,00031 m
   - DC1 -20 dengan nilai *error* 0,00144 m
   - DC1 -25 dengan nilai *error* 0,00113 m
   - DC1 -42 dengan nilai *error* 0,00315 m
   - DC1 -46 dengan nilai e*rror* 0,00320 m
   - DC1 -48 dengan nilai *error* 0,00288 m

   Hal ini dikarenakan pada perhitungan dengan menggunakan metode *least square* dengan penggunaan data paling terbaru yaitu tahun 2020 menghasilkan nilai dengan kesalahan terkecil dan mendekati dengan nilai koordinat acuan yang digunakan.
2. Kesalahan yang mempengaruhi adanya perbedaan anatara kedua metode tersebut adalah pada pengamatan poligon dilakaukan dengan koreksi, serta perhitungan toleransi, faktor lain seperti jarak dan sudut yang harus andil dalam pengamatan sehingga akan terbentuk koordinat yang lebih baik. Akan tetapi pada perhitungan dengan menggunakan metode pengikatan kebelakang dilakukan tanpa adanya toleransi, koreksi dan faktor faktor yang harus perhitungkan sebelumnya.

3. Metode yang tepat digunakan dalam pengamatan posisi dalam tambang bawah tanah adalah metode pengamatan Poligon Tertutup dengan metode perhitungan *Least Square*.

5.2 Saran

Adapun saran dalam pengamatan dan perhitungan dalam penelitian ini yaitu:

1. Pada pengamatan poligon, perhitungan perataan dengan menggunakan perataan *Least Square* dilakukan dengan iterasi seminim mungkin. Faktor iterasi ini akan berpengaru pada iterasi awal untuk iterasi selanjutnya akan sedikit berpengaruh pada hasil. Untuk hasil perhitungan least square pelu diamati yaitu pembentukan matriks pengamatan dan matriks bobot pada perhitungan *Least Square.*
2. Untuk pengamatan dengan metode Pengikatan Kebelakang dilakukan dengan 3 titik kontrol terdekat dengan titik kontrol yang diamati. Pada perolehan koordinat objek pengamatan dengan menggunakan metode Pengikatan kebelakang ditarik dari titik kontrol ikat dengan jarak paling jauh dari titik tersebut.
3. Saat melakukan pengamatan pengukuran di bawah tanah dilakukan dengan hati hati, dikarenakan kurangnya sumber cahaya, dalam penempatan alat dan instrumen agar diletakan pada bidang pijakan dan tidak menganggu jalur akses dalam bawah tanah.
4. Menggunakan metode pengamatan pengukuran dengan menggunakan *Wall Station* dibutuhkan alat dengan lensa dengan laser agar mempermudah penglihatan dan pengamatan dalam bawah tanah

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2017. Pt. Bumisukses Indo. Banyuwangi, Jawa Timur. https://bumisuksesindo.com/ di akses pada tanggal 12 Desember 2019 pada pukul 13.45 WIB.

Amir, Zulfahmi. 1998. Dasar-dasar Pengukuran Terristris dan Pemetaan Situasi. Padang. Universitas Andalas

Asshiddiqie, Jimly, Konstitusi Ekonomi, (Jakarta: Penerbit Buku Kompas, 2010), Hal. 281

Atlas Copco. 2007. Minning Methods in Underground Mining. Second edition 2007. www.atlascopco.com

Basuki, S. 2006. Ilmu Ukur Tanah. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.

Basuki B. Prunomo, 2011, Dasar-Dasar Urologi, Perpustakaan Nasional RI, Katalog Dalam Terbitan (KTO) Jakarta.

Burnside, C.D, 1987, Electrics Distance Measurement, Second Edition, Blocksburg, Virginia, London.

Brinker, R. C., Wolf, P. R., Elfick, M., & Fryer, J. G. (1984). Elementary surveying. Harper & Row New York

Frick, Heinz, 1979, "Mekanika Teknik Statika dan Kegunaannya", Kanisius, Yogyakarta

Ghilani, Charles D, 2010. *Adjustment Computation Spatial Data Analysis fifith edition.*John Wiley & Sons, Inc. Hoboken New Jersey, Canada

Hamrin, H, 1980, *Underground Mining Methods and Applications. Atlas Copco*, Stockholm, Sweden

Harvey, Bruce R. 2006. Practical Least Squares: And Statistics for Surveyors. New South Wales: School of Surveying and Spatial Information Systems.

Hendriatinigsih, S. 1979. *Geomteris Jalan Raya dan Stake Out.*Departemen Geodesi FTSP – ITB: Bandung.

Hidayat, Wahyu, 2014. Dampak SektorPertambangan Terhadap PerekonomianWilayah di Kabupaten Luwu Timur. Bogor. *Jurnal Economia*, *Volume* 10, Nomor 1,April 2014. Institut Pertanian Bogor, Indonesia

Irvine, W., 1974.,Surveying for Construction, Mc.graw-Hill Book Company United

Leick, A., 2004, “GPS Satellite Surveying”, third edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken New Jersey.

Muda, I, 2008. Teknik Survei dan Pemetaan Jilid 2 . Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Mulkan, S.F.,Sumaryanto, E.,Ilmu Ukur Tanah Wilayah, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 1980

Nurjati, C. 2004. Modul Ajar Ilmu Ukur Tanah. Program Studi Teknik Geodesi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Paul R. Wolf dan Charles D. Ghilani. 2002. Elementary Surveying an Introducing to Geomatics. New Jersey: Prentice Hall.

Purwohardjo, U. U. 1986. Ilmu Ukur Tanah seri A. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

R.E. Deakin, 2005, Geospatial Science Notes On Least Square, School of Mathematical and Geospatial Sciences, RMIT University

Schofield, W., and M. Breach., 2007, Engineering Surveying Sixth edition, Taylor & Francis group, USA

Sinaga, Indra. 1991. Surveyor In'donesia di Persimpangan ,lalan 1991. Makalah Seminar "Profesi Surveyor dalam Era Teknologi Geoinformatika", Kongres ke-7 Ikatan Surveyor'Indonesia di kampus UGM Yogyakarta 13-14 Desember 1991.

Soeta’at. 1994. Hubungan Distorsi Kamera Dalam Bentuk Tabel dengan Bentuk Polinomial. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

Supratman, Odih 2018. Modul 2: Penambangan Bawah Tanah. No Kode: DAR2/Profesional/001/2018. PPG DALAM JABATAN KEMENTERIAN RISET: TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI.

Tribhuwana, Awliya. 2018. Perbandingan Pengukuran Luas Area antara Theodolit dan Global Positioning System (GPS).

LOGIKA, Desember 2018, XXII (3):58-64. Cirebon: Universitas Swadaya Gunung Jati

Wongsotjitro, Soetomo 2008, Ilmu Ukur Tanah, Kanisius, Yogyakarta

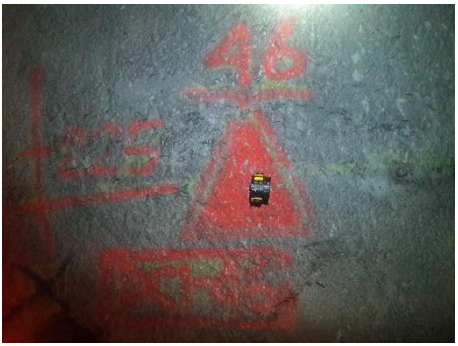
Wongsotjitro, S., 1977, Ilmu Ukur Tanah, Yayasan Kanisius, Yogyakarta.

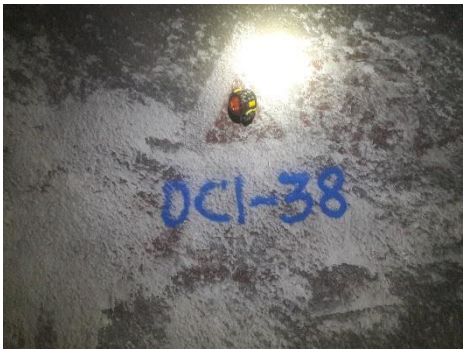
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

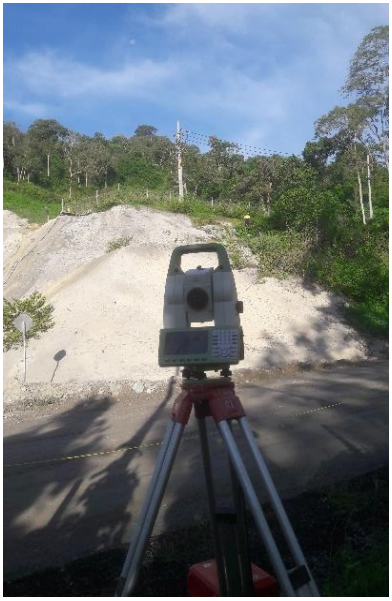
Lampiran 1. Pengambilan data Lapangan

Lampiran 2 *Wall Station*





Lampiran 3 *Peralatan yang digunaka*



Lampiran 4 *Calibration Certifocate Instrument* PT. Bumi Suksesindo

- when it has to be right

Leica Geosystems

Leica Geosystems
Calibration Certificate Blue

Calibration Certificate Blue without measurement values issued by Authorized Service Center

Product:	**TS16 P 1 R1000**		
Article No:	822445	**Certificate No:**	3209309-10152019
Serial No:	3209309	**Inspection Date:**	October 16, 2019
Equipment No:	7818424	**Order No:**	1910002
Issued by:	Authorised Service Centre Leica Geosystems Indonesia Jl. Mampang Prapatan Raya No.15 Jakarta Selatan	**PO No:**	
		Ordered by:	
		Customer:	PT. Bumi Suksesindo

Compliance

The Calibration Certificate Blue without measurement values issued by Authorized Service Center corresponds to the Producer Inspection Certificate O in accordance with DIN 55 350 Part 18-4.2.1.

Certificate

We hereby certify that the product described has been tested and complies with the specifications of the product. The test equipment used is traceable to national standards or to recognized procedures. This is established by our Quality Management System, audited and certified to ISO 9001.

Leica Geosystems Indonesia

Budiman Agustinus
Technical Service Manager

October 15, 2019

Heri Mulyadi
Senior Technical Service

Certificate No. 3209309-10152019
Art. No. 5003367
This Certificate may not be reproduced other than in full except with prior written approval of the issuing authority.

Page 1/1

Leica Geosystems Indonesia
Jl. Raya Mampang Prapatan No. 51
Jakarta Selatan
+62 21 79180911
Indonesia
www.leica-geosystems.com

Dipindai dengan CamScanner

Verification Data

Product	:	**Leica TS16P 1" R1000**
Serial No	:	3209309
Inspection date	:	15-Oct-19
Next Inspection	:	15-Apr-20
Customer	:	**PT. Bumi Suksesindo Indonesia**

Adjusted Report :	**Adjusted**	**Permissable deviation**
Vertical index	0	< 0.0050 gon
Horizontal index	0.0003	< 0.0030 gon
Tilting Axis	0.001	< 0.0070 gon
Laser plummet	center	1.5 mm/1.5 m

EDM check on base :	**Result**	**Base**
	21.882	21.8821
	10.982	10.982

Standard Collimator : **Leica Universal Collimator**

Authorized Service Center
PT. Leica Geosystems Indonesia

Heri Muhvadi
Senior Technical Service

PT. Leica Geosystems Indonesia
Authorized Service Center
Bluebird Office Park
Jl. Mampang Prapatan Raya No. 15
Jakarta Selatan

- when it has to be right

Leica Geosystems

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 5 Perhitungan *Bowditch* Poligon *Box Cut*

NO	POSISI ALAT	TARGET	Jarak	SUDUT DALAM			KOREKSI SUDUT DALAM			AZIMUTH			SELISIH ABSIS	SELISIH ORDINAT	KOREKSI SELISIH ABSIS	KOREKSI SELISIH ORDINAT	KOORD. ABSIS	KOORD. ORDINAT
			(horizontal)	(β)			(β')			(φ)			(Δx)	(Δy)	(Δx')	(Δy')	(x)	(y)
1	TB7		118.032														175515.202	9045513.633
2	TB7	T1	37.625	357	41	15	357	41	14.73	204	16	33	-15.469	-34.298	-15.469	-34.298	175499.733	9045479.335
3	T1	T2	305.862	221	39	57	221	39	56.73	245	56	27	-279.294	-124.685	-279.296	-124.687	175220.437	9045354.648
4	T2	T3	261.789	207	40	37	207	40	36.73	273	37	2	-261.267	16.527	-261.268	16.526	174959.170	9045371.174
5	T3	T4	388.220	225	44	11	225	44	10.73	319	20	54	-252.878	294.563	-252.880	294.560	174706.290	9045665.734
6	T4	T5	112.841	179	49	19	179	49	18.73	319	10	28	-73.769	85.389	-73.770	85.388	174632.520	9045751.122
7	T5	T6	343.074	180	33	5	180	33	4.73	319	43	36	-221.770	261.759	-221.771	261.757	174410.748	9046012.879
8	T6	T7	344.607	359	28	57	359	28	56.73	139	12	21	225.130	-260.904	225.128	-260.906	174635.876	9045751.973
9	T7	T8	105.093	181	38	29	181	38	28.73	140	50	57	66.350	-81.500	66.350	-81.500	174702.226	9045670.472
10	T8	T9	395.172	178	28	36	178	28	35.73	139	19	33	257.554	-299.711	257.553	-299.713	174959.779	9045370.759
11	T9	T10	259.465	134	19	43	134	19	42.73	93	39	21	258.937	-16.547	258.936	-16.548	175218.715	9045354.211
12	T10	T11	307.707	152	20	16	152	20	15.73	65	59	26	281.091	125.185	281.090	125.184	175499.805	9045479.395
13	T11	TB7	37.541	138	13	10	138	13	9.73	24	12	41	15.397	34.239	15.397	34.238	175515.202	9045513.633
	DCL 42		66.179							323	14	29	-39.605	53.0203	-39.605	53.0199	174592.915	9045804.142
	DCL 46		141.592							321	3	43	-88.988	110.1343	-88.989	110.1335	174543.531	9045861.256
	DCL 48		188.525							320	38	10	-119.571	145.7549	-119.571	145.7538	174512.948	9045896.876
			∑d	∑β			∑β'						fx	fy	∑(Δx')	∑(Δy')		
			2899	2520	0	3	2519	59	59.45				0.0121567	0.01638831	2.4869E-14	5.68434E-14		
				fβ									fL					
				0	0	-3							7.0386E-06					
			Toleransi Sudut			4				Toleransi Linier				0.0002				
			Keterangan	Memenuhi Toleransi						Keterangan			Memenuhi Toleransi					

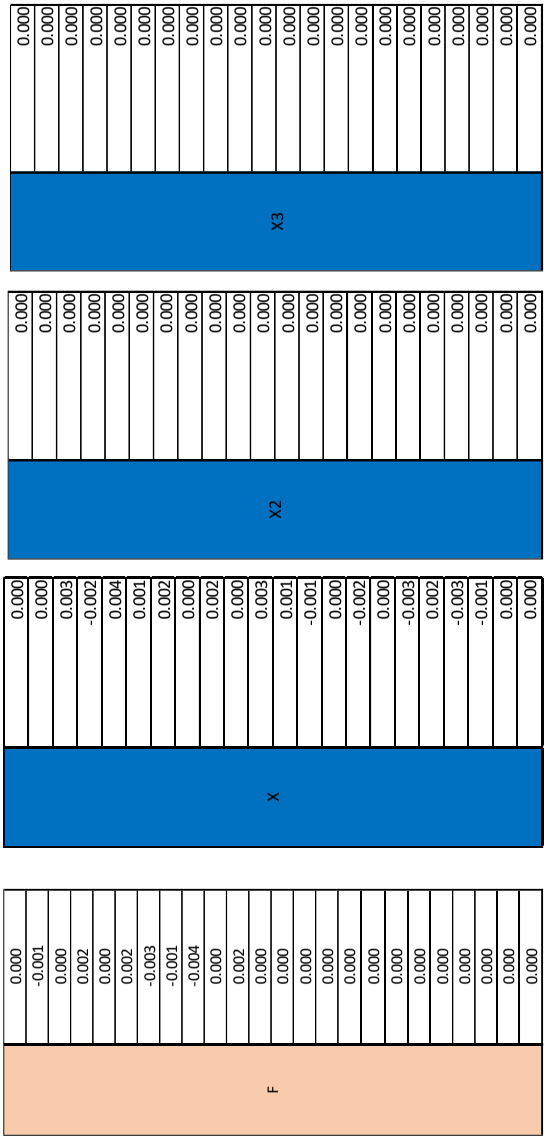
Lampiran 6. Matriks Perhitungan *Least Square* Poligon Box Cu

A

	X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3	X4	Y4	X5	Y5	X6	Y6	X7	Y7	X8	Y8	X9	Y9	X10	Y10	X11	Y11
T87-T1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1-T2	0.91314	0.40766	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2-T3	0	0	0.99800	-0.06313	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3-T4	0	0	0	0	0.65138	-0.75874	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4-T5	0	0	0	0	0	0	0.65375	-0.75671	-0.653749787	0.756711328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5-T6	0	0	0	0	0	0	0	0	0.646422106	-0.762972771	-0.646422106	0.762972771	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6-T7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.656207299	0.760492443	0.653293827	-0.757115959	0	0	0	0	0	0	0	0
T7-T8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.631348105	0.775514321	0.631348105	-0.775514321	0	0	0	0	0	0
T8-T9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.651754023	0.758442271	0.651754023	-0.758442271	0	0	0	0
T9-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.997963836	0.063778753	0.997963836	-0.063778753	0	0
T10-T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.913498227	-0.406827542	0.913498227	0.406827542
T11-T87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.410145179	-0.912022179
T87	-4997	-2254	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T1	5272	-2870	-275	-636	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T2	-275	-40694	225	-1402	50	-786	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	0	0	50	-786	-453	-1132	403	-346	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	403	-346	-1786	-1541	1383	-1195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T5	0	0	0	0	0	0	1383	-1195	-1842	-1584	458.722317	-388.6485304	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T6	0	0	0	0	0	0	0	0	459	-389	-5.555198909	-841.8156484	-453.1671181	391.0250172	0	0	0	0	0	0	0	0
T7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-453.1671181	391.0250172	1975.239631	1630.147973	-1522.072513	1239.122955	0	0	0	0	0	0
T8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1522.072513	1239.122955	1917.946505	-1656723325	-396	340	0	0	0	0
T9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-395.8739925	340.1873512	447	1134	-51	793	0	0
T10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-51	793	-222	3406	384	861
T11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	273	612	-5284	2866

P

0.02658	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.000


F
0.000
-0.001
0.000
0.002
0.000
0.002
-0.003
-0.001
-0.004
0.000
0.002
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
X
0.000
0.000
0.003
-0.002
0.004
0.001
0.002
0.000
0.002
0.000
0.003
0.001
-0.001
0.000
-0.002
0.000
-0.003
0.002
-0.003
-0.001
0.000
0.000
X2
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
X3
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000
0.000

V	0.000
	-0.001
	-0.001
	-0.001
	0.000
	-0.002
	0.002
	0.000
	0.001
	0.001
	0.001
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000

σ^2	**1.84023E-08**

Lampiran 7 Perhitungan *Bowditch* Poligon Parsial 1

NO	POSISI ALAT	TARGET	JARAK	Jarak	SUDUT DALAM			KOREKSI SUDUT DALAM			AZIMUTH			SELISIH ABSIS	SELISIH ORDINAT	KOREKSI SELISIH ABSIS	KOREKSI SELISIH ORDINAT	KOORD. ABSIS	KOORD. ORDINAT
			(bacaan)	(horizontal)	(β)			(β')			(ϕ)			(Δx)	(Δy)	(Δx')	(Δy')	(x)	(y)
1	TB7																	175515.202	9045513.633
2	TB7	P1	37.296	35.0089	353	59	2	353	59	1.6	200	34	21	-12.302	-32.776	-12.302	-32.77611654	175502.900	9045480.857
3	P1	P2	312.611	309.6243	225	57	21	225	57	20.6	246	31	44	-284.006	-123.319	-284.004	-123.3174173	175218.896	9045357.539
4	P2	P3	313.078	310.0823	359	51	42	359	51	41.6	66	23	28	284.129	124.185	284.131	124.1870327	175503.027	9045481.726
5	P3	TB7	36.473	34.15028	134	29	41	134	29	40.6	20	53	10	12.175	31.906	12.175	31.90650117	175515.202	9045513.633
	DCL 18		140.995	139.6601							274	12	26	-139.284	10.246	-139.283	10.24682754	175079.613	9045367.786
	DCL 20		189.611	187.7314							273	49	40	-187.313	12.533	-187.311	12.53360566	175031.585	9045370.073
	DCL 25		206.971	204.9426							272	32	39	-204.741	9.097	-204.739	9.098501389	175014.157	9045366.638
			∑d		∑β			∑β'					∑d	fx	fy	∑(Δx')	∑(Δy')		
			688.8658		1080	0	2	1080	0	0			688.87	-0.00465	-0.0040371	0	0		
					fβ									fL					
					0	0	-2							8.93798E-06					

Lampiran 8. Matriks Perhitungan *Least Square* Poligon Parsial 1

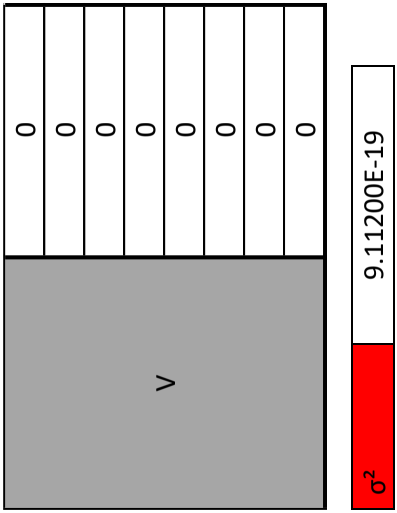
		X1	Y1	X2	Y2	X3	Y3
A	TB7-P1	0	-1	0	0	0	0
	P1-P2	0.91726	0.39829	-1	0	0	0
	P2-P3	0	0	-0.91630	-0.40049	1	0
	P3-TB7	0	0	0	0	5139.13789	264872.80543
	TB7	-5516	-2070	0	0	0	0
	T1	5781	-2681	-265	-611	0	0
	T2	-265	-47797	-1	-2	266	610
	T3	0	0	266	610	-5908	2763

p	0.0286	0	0	0	0	0	0	0
	0	0.00	0	0	0	0	0	0
	0	0	0.003	0	0	0	0	0
	0	0	0	0.029	0	0	0	0
	0	0	0	0	1.000	0	0	0
	0	0	0	0	0	1.000	0	0
	0	0	0	0	0	0	1.000	0
	0	0	0	0	0	0	0	1.000

f	0.0000
	0.000
	0.000
	-0.005
	0.000
	0.000
	0.000
	0.000

X	0.0000
	0.0000
	0.0000
	0.0000
	0.0000
	0.0000

X2	0.000000
	0.000000
	0.000000
	0.000000
	0.000000
	0.000000


0
0
0
0
0
0
0
0
V
9.11200E-19
σ²

Lampiran 9. Perhitungan *Bowditch* poligon parcial 2

NO	POSISI ALAT	TARGET	JARAK	Jarak	SUDUT DALAM			KOREKSI SUDUT DALAM			AZIMUTH			SELISIH ABSIS	SELISIH ORDINAT	KOREKSI SELISIH ABSIS	KOREKSI SELISIH ORDINAT	KOORD. ABSIS	KOORD. ORDINAT
			(bacaan)	horizontal	(β)			(β')			(φ)			(Δx)	(Δy)	(Δx')	(Δy')	(x)	(y)
																		174807.90	9045552.87
1		T1 -32																174733.60	9045635.29
2	T1	T2	143.391	142.6632	181	41	57	181	41	56.75	319	40	6	-92.3354	108.7519	-92.336447	108.75167	174641.26	9045744.04
3	T2	T3	71.655	71.53383	358	54	44	358	54	43.75	138	34	43	47.32568	-53.6411	47.325135	-53.641247	174688.59	9045690.40
4	T3	T1	71.892	71.15625	182	10	48	182	10	47.75	140	45	30	45.01185	-55.1103	45.011312	-55.110426	174733.60	9045635.29
	DCL 42		77.861	77.11717							321	10	38	-48.3458	60.08113	-48.34639	60.080983	174592.92	9045804.13
	DCL 46		154.147	152.5944							320	10	35	-97.7255	117.1955	-97.72662	117.19522	174543.54	9045861.24
	DCL 48		201.495	199.5414							319	58	59	-128.308	152.8196	-128.30946	152.81927	174512.95	9045896.86
			∑d		∑β			∑β'					∑d	fx	fy	∑(Δx')	∑(Δy')		
			285.3533		900	0	1	900	0	8E-10			285.3533	0.002171	0.000527	0	0		
					fβ									fL					
					0	0	-1							7.83E-06					
				Toleransi Sudut			2						Toleransi Linier		0.00004				
				Keterangan		Memenuhi Toleransi							Keterangan						

Lampiran 10. Matriks Perhitungan *Least Square* poligon parsial 2

		X2	Y2	X3	Y3
A	T1-T2	1	-1	0	0
	T2-T3	-0.63255	0.77450	1	-1
	T2	-2162	1908	0	0
	T3	4407	3741	-2245	1834

P	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	1.000	0
	0	0	0	1.000

F	0.0000
	0.000
	0.000
	0.000

X	0.0000
	0.0000
	0.0000
	0.0000

X1	0
	0
	0
	0

V	0.0000
	0.0000
	0.0000
	0.0000

σ^2	1.57128E-27

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS

Doni Muslim Cahya, Penulis dilahirkan di Bojonegoro Provinsi Jawa Timur pada tanggal 21 November 1997. Merupkan anak ke-2 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Banyu Urip 2 Suarabaya, SMPN 2 Surabaya, dan SMAN 3 Surabaya. Setelah lulus dari SMA pada tahun 2016, penulis melanjutkan Pendidikan jenjang pergurun tinggi di program studi Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama masa perkuliahan. Penulis juga aktif di organisasi intra kampus, diantaranya sebagai staff Badan Perwakilan Mahasiswa HIMAGE-ITS periodi 2018-2019, sebagai Sekertaris Departemen Internal VSNMC ITS 2017, dan Koordinator BPM HIMAGE-ITS 2019-2020. Penulis juga mengikuti mengikuti beberapa pelatihan, diantaranya adalah LKMM Pra-TD FTSP 2016, LKMM TD HIMAGE 2017 dan juga LKMW HIMAGE 2017 serta aktif dalam kepanitiaan ditingkat jurusan hingga institute. Penlusi juga pernah melakukan kegiatan internship di PT. Pamapersada Nusantara tahun 2019 dan di PT. Bumi Suksesindo 2020. Dalam penelitian tugas akhir, penulis mengambil judul "Analisis Perbandingan Pengukuran *Control Point* Pada Tambang Bawah Tanah Dengan Metode Poligon Tertutup dan Pengikatan Ke Belakang (Studi Kasus: *Tujuh Bukit Underground Project*, PT. Bumi Suksesindo, Kab. Banyuwangi, Jawa Timur)"

“Halaman ini sengaja dikosongkan”