

Analisis Perbandingan Nilai Koordinat *Wall Station* Sebagai Titik Kontrol Posisi Tambang Bawah Tanah dengan Pengamatan Poligon Tertutup dan Pengikatan Ke belakang (Studi Kasus: *Tujuh Bukit Underground Project*, PT. Bumi Suksesindo)

*Comparative Analysis of Wall Station Coordinate Value as a Control Point of Underground Mining Position with Closed Polygon Observation and Resection Method (Case Study: *Tujuh Bukit Underground Project*, PT. Bumi Suksesindo)*

Doni Muslim Cahya¹, Yuwono^{*2}, Akbar Kurniawan^{*3}

^{1,2,3}Departemen Teknik Geomatika, FTSLK-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

*Korespondensi penulis: yuwono@geodesy.its.ac.id², akbar@geodesy.its.ac.id³

Diterima : 14082020; Diperbaiki : 04092020; Disetujui : 09092020; Dipublikasi : 21012021

Abstrak: Proses penggalian pada area pertambangan menyebabkan perubahan topografi secara terus menerus. Oleh karena itu diperlukan pengukuran yang berkala untuk memastikan ketersediaan data topografi. Dalam pengamatan posisi di bawah tanah, penentuan titik kontrol dan detail situasi adalah kunci dari kegiatan survei topografi. Penggunaan metode *Wall Station* memiliki kestabilan posisi yang cukup baik karena bertempat pada dinding *Decline*, dan pada metode ini alat ukur tidak dapat berdiri pada titik *Wall Station* dan harus menggunakan metode yang lain untuk perhitungan koordinat. PT. Bumi Suksesindo merupakan perusahaan pertambangan Penanaman Modal Dalam Negeri (PMDN) dengan konsesi utama di *Tujuh Bukit Operation*. Dalam pengelolaan *minesite*, PT. Bumi Suksesindo menggunakan metode *Undeground Project*. Dimana penentuan posisi dan pendapatan titik kontrol, dilakukan dengan metode Pengikatan Ke belakang, dengan menggunakan bantuan alat *Total Station* dan *Wall Station*. Kegiatan pengamatan titik kontrol ini dilakukan pada 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 untuk menghasilkan nilai koreksi secara rutin. Pada penelitian ini menghasilkan nilai selisih dan RMSE pada masing masing titik *Wall Station*. Metode pengamatan pengukuran poligon tertutup dengan perhitungan Kuadrat Terkecil pada Poligon *Box Cut* menghasilkan nilai selisih koordinat dan 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.

Copyright © 2020 Geoid. All rights reserved

Abstract: The excavation process in the mining area causes continuous topographic changes. Therefore, periodic measurements are needed to ensure the availability of topographic data. In observing the position below the ground, determining the control point and the details of the situation is the key to the topographic survey activities. The use of the *Wall Station* method has a fairly good position stability because it is located on the *Decline* wall, and in this method the measuring instrument cannot stand on the *Wall Station* point and must use another method for calculating coordinates. PT. Bumi Suksesindo is a Domestic Investment (PMDN) mining company with the main concession in the *Tujuh Bukit Operation*. In managing *minesite*, PT. Bumi Suksesindo uses the *Underground Project* method. Where the determination of the position and income of control points, is carried out by *Resection* method, using the help of *Total Station* and *Wall Station* tools. This control point observation activity will be carried out at 6 *Wall Station* points inside the underground mine, namely *DC1 18, 20 25, 42, 46, and 48 Wall Station*. These observations will be compared with the reference coordinates corrected by PT. Bumi Suksesindo to produce corrected values routinely. This research produces the difference value and RMSE at each *Wall Station* point. The observation method using closed polygons with the calculation of least squares on the *box cut* polygons results in the difference between the coordinates and the RMSE. *Wall Station DC1-18* resulted an error value of 0.00031 m, *DC1-20* with an error value of 0.00144 m, *DC1-25* with an error value of 0, 00113 m, *DC1-42* with an error value of 0.00315 m, *DC1-46* with an error value of 0.00320 m, *DC1-48* with an error value of 0.00288 m.

Kata kunci : Tambang Bawah Tanah; *Wall Station*; Poligon Tertutup; Pengikatan Ke belakang; RMSE

Pendahuluan

Pertambangan terdiri dari beberapa tahapan, salah satunya yaitu tahap eksploitasi. 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 ketersediaan 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.

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.

Penelitian 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.

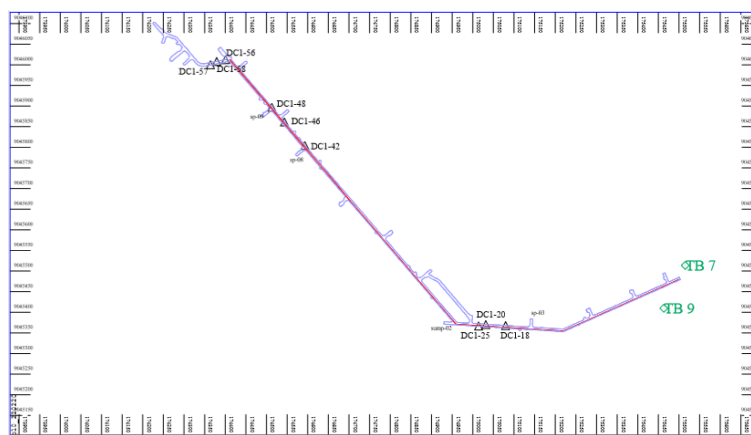
Data dan Metode

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data hasil pekerjaan tambang di salah satu Pit pada area tambang PT Anugerah Bara Kaltim, dimana data diambil dengan menggunakan Total Station Sokkia Set 2X. Data berupa koordinat detail (X,Y,Z) dan koordinat (X,Y,Z) alignment atau baseline (sebagai acuan perhitungan volume metode trapezoidal). Peralatan yang digunakan adalah perangkat lunak dan perangkat keras. Perangkat lunak yang digunakan adalah AutoCAD Civil 3D dan Matlab. Perangkat keras terdiri dari laptop dan mouse.

Lokasi penelitian ini dilaksanakan pada *Tujuh Bukit Underground Project* pada PT. Bumi Suksesindo. Secara geografis terletak pada $8^{\circ} 33' 21.50''$ – $8^{\circ} 37' 27.59''$ LS & $113^{\circ} 59' 19.06''$ - $108^{\circ} 4' 42.53''$ BT. Desa Sumberagung, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Dengan koordinat jarak antara daerah penambangan dengan Kota Banyuwangi ± 70 km dengan waktu tempuh ± 2 -3 jam. Untuk lokasi titik poligon dan lokasi pengamatan penelitian berada di pit *underground Project/ Decline Project* yang merupakan proyek pertambangan bawah tanah yang ada di PT. Bumi Suksesindo.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (website PT. Bumi Suksesindo)



Gambar 2. Drive Exploration Pt. Bumi Suksesindo

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

- Data Titik Kontrol *Wall Station*, point DC1-18, 20, 25, 42, 46, 48, sebagai data acuan.
- Data koordinat titik ikat koordinat *Box Cut TB 7 dan TB 9*
- Data primer pengukuran Poligon dan pengamatan titik *Wall Station*.
- Data sekunder pengukuran poligon dengan pengamatan *Wall Station* pada tahun tahun sebelumnya.
- Data Pengukuran dengan metode Pengikatan Kebelakang

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

- Total Stasion Leica TS15
- Total Station Leica TS16
- Prisma Poligon Leica
- Statif
- Prisma *Wall Station* Leica
- Microsoft Excel
- Surpac 10.6

Titik *Wall Station* dipilih pada titik point DC1-18, 20, 25, 42, 46, 48. Yang berada pada jalur *Drive Exploration* pada tambang bawah tanah di PT. Bumi suksesindo, Banyuwangi, Jawa Timur. Pemilihan titik titik ini dilakukan dengan titik titik sbelumnya yang merupakan titik koordinat yang sering digunakan dalam penagmatan dan koreksi titik di PT. Bumi Suksesindo.

Pada perhitungan koordinat *Wall Station* dengan pengamatan Poligon tertutup dilakukan dengan menggunakan perhitungan perataan Kuadrat terkecil *Least Square* dengan koordinat pendekatan dengan menggunakan metode *Bowditch*, dan pada pengamatan pengikatan kebelakang dilakukan perhitungan dengan metode *Cllins* dan dilakukan pertaan dengan *Least Square* pada perhitungan pengikatan kebelakang.

Pada pengamatan dengan metode Poligon Tertutup dilakukan dengan menggunakan perhitunagan *Bowditch*, dengan perhitungan rumuse berikut:

Syarat penutup sudut (sudut luar)

$$\Sigma\beta = (n+2)180^\circ \quad (1)$$

Koreksi sudut (sudut luar)

$$\Sigma\beta = (n+2)180^\circ + f\beta \quad (2)$$

$$\alpha_{nn} = \alpha_{nn+1} \pm 180^\circ \pm \beta' \quad (3)$$

Keterangan:

α_n = Azimuth dari n ke n

α_{n+1} = Azimuth dari n ke n+1

β' = Sudut β terkoreksi

Selisih absis:

$$(\Delta x) = d \sin \alpha \quad (4)$$

Selisih ordinat:

$$(\Delta y) = d \cos \alpha \quad (5)$$

$$(\Delta x') = \Delta x - \left(\frac{d}{\Sigma d}\right) \cdot fx \quad (6)$$

$$(\Delta y') = \Delta y - \left(\frac{d}{\Sigma d}\right) \cdot fy \quad (7)$$

Keterangan:

d = Jarak antara 2 titik

Σd = Jumlah jarak poligon

fx = Jumlah selisih absis

fy = Jumlah selisih ordinat

$$X_n = X + \Delta x' \quad (8)$$

$$Y_n = Y + \Delta y' \quad (9)$$

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

Toleransi pengukuran sudut (Nurjati 2004):

$$f\beta \leq i\sqrt{n} \quad (10)$$

Keterangan:

$f\beta$ = Salah penutup sudut
 i = Bacaan ketelitian alat
 n = Jumlah titik poligon

Toleransi pengukuran jarak:

$$\frac{\sqrt{fx^2+fy^2}}{\Sigma d} \leq \frac{1}{20000} \quad (11)$$

Keterangan:

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

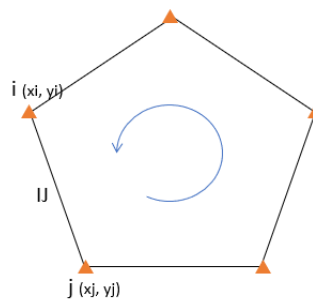
Pada pengamatan poligon tertutup juga dilakukan dengan perhitungan *Square*, dan dengan menggunakan model matematika berikut:

$$V = AX - F \quad (12)$$

Dalam hal ini:

V : Matriks vektor residu pengamatan ($V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$), dimensi matriksnya ($n \times 1$)
 A : matriks desain yang elemennya merupakan turunan pertama ukuran terhadap parameter, dimensi matriks A yaitu ($n \times u$)
 X : matriks parameter dengan dimensi ($n \times 1$)
 F : matriks sisa pengurangan nilai pendekatan dengan ukuran ($n \times 1$)

Linearisasi Jarak



Gambar 3. Linearisasi sudut

$$dxi = \frac{Xi - Xj}{IJ} \quad ; dyi = \frac{Yi - Yj}{IJ} \quad (13)$$

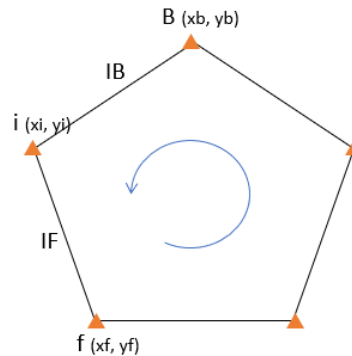
$$dxj = \frac{Xj - Xi}{IJ} \quad ; dyj = \frac{Yj - Yi}{IJ} \quad (14)$$

Keterangan:

dxi = Linerisasi parameter x pada posisi berdiri alat
 dyi = Linerisasi parameter y pada posisi berdiri alat
 dxj = Linerisasi parameter x pada posisi target
 dyj = Linerisasi parameter y pada posisi target
 Xi = Koordinat x titik posisi berdiri alat

Y_i = Koordinat y titik posisi berdiri alat
 X_j = Koordinat x titik posisi target
 Y_j = Koordinat y titik posisi target
 IJ = jarak antara posisi alat dan target

Linearisasi sudut



Gambar 4. Linearisasi Sudut polygon

$$dx_f = \frac{Y_f - Y_i}{IF^2}; \quad dy_f = \frac{X_f - X_i}{IF^2} \tag{15}$$

$$dx_b = \frac{Y_i - Y_b}{IB^2}; \quad dy_b = \frac{X_i - X_b}{IB^2} \tag{16}$$

$$dx_i = \frac{Y_b - Y_i}{IB^2} - \frac{Y_f - Y_i}{IF^2}; \quad dy_i = \frac{X_i - X_b}{IB^2} - \frac{X_i - X_f}{IF^2} \tag{17}$$

Keterangan:

- dx_f = Linerai parameter x pada posisi berdiri alat
- dy_f = Linerai parameter y pada posisi berdiri alat
- dx_b = Linerai parameter x pada posisi target backsight
- dy_b = Linerai parameter y pada posisi target backsight
- dx_f = Linerai parameter x pada posisi berdiri alat foresight
- dy_f = Linerai parameter y pada posisi berdiri alat foresight
- X_i = Koordinat x titik posisi berdiri alat
- Y_i = Koordinat y titik posisi berdiri alat
- X_f = Koordinat x titik posisi target foresight
- Y_f = Koordinat y titik posisi target foresight
- X_b = Koordinat x titik posisi target backsight
- Y_b = Koordinat y titik posisi target backsight
- IF² = Jarak Kuadrat posisi alat dan posisi foresight
- IB² = Jarak Kuadrat posisi alat dan posisi backsight

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

$$N = A^T P A \tag{18}$$

$$U = A^T P F \tag{19}$$

$$X = -N^{-1} U \tag{20}$$

$$X = A^T P A^{-1} A^T P F \tag{21}$$

Pada pengamatan pengikatan kebelakang dilakukan dengan menggunakan perhitungan collins dan dengan menggunakan hasil perataan Least Square. Kemudian menerapkan prinsip kuadrat-terkecil ke persamaan dengan prasyarat pengamatan yang diestimasi oleh matriks bobot mengarah ke sekumpulan persamaan normal bentuk (Deakin 2005):

$$(B^T W B)x = B^T W f \quad (22)$$

$$N x = t \quad (23)$$

$$x = N^{-1} \cdot t \quad (24)$$

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 azimuth pengamatan”

x = parameter residual (nx1)

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

$$B = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & 1 \\ a_2 & b_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_n & b_n & 1 \end{bmatrix}; \quad (25)$$

$$W = \begin{bmatrix} 1/S_1^2 & 0 & 0 \\ 0 & 1/S_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & 1/S_n^2 \end{bmatrix}; \quad (26)$$

$$f = \begin{bmatrix} \varphi_1 - (\alpha_1 + z^\circ) \\ \varphi_2 - (\alpha_2 + z^\circ) \\ \vdots \\ \varphi_n - (\alpha_n + z^\circ) \end{bmatrix}; \quad (27)$$

$$x = \begin{bmatrix} \Delta E \\ \Delta N \\ \Delta Z \end{bmatrix}; \quad (28)$$

$$a_1 = \frac{-(E_k - E_p)}{S_k^2}; b_1 = \frac{N_k - N_p}{S_k^2} \quad (29)$$

Dimana:

E_k = Koordinat *Easting* posisi yang diketahui

E_p = Koordinat *Easting* posisi koordinat bantuan *resection*

N_k = Koordinat *Northing* posisi yang diketahui

N_p = Koordinat *Northing* posisi koordinat bantuan *resection*

φ = sudut *azimuth* terhadap titik *resection*.

S_k = Jarak antara kedua titik (m)

Setelah dilakukan perhitungan dengan 2 metode pengamatan tersebut dilakukan analisa data dengan perbandingan selisih dan nilai *RMSE* antara koordinat acuan pada PT. bumi Sukses indo dengan koordinat hasil perhitungan dengan menggunakan 2 metode pengamatan tersebut. Dan didapatkan nilai *RMSE* dari proses pembagian antara nilai akar kuadrat total selisih ukuran kuadrat dengan jumlah ukuran yang digunakan (Harvey 2006). Rumus menghitung *RMSE* disajikan pada persamaan

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum(R-R_1)^2}}{n} \quad (30)$$

Dimana:

RMSE : *Root Mean Square Error*

R : Nilai yang dianggap benar

R1 : Nilai hasil ukuran

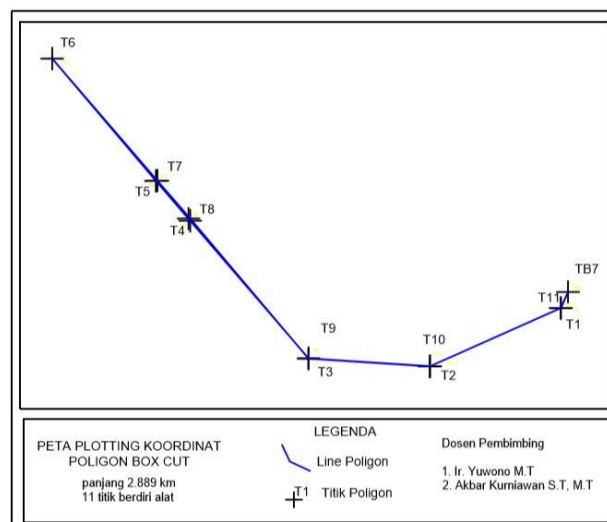
Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini didapatkan nilai koordinat acuan dari PT. Bumi Suksesindo sebagai nilai koordinat pembanding antara koordinat-koordinat hasil perhitungan dengan metode pengamatan poligon tertutup dengan metode pengikatan kebelakang. Koordinat acuan ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Koordinat titik *Wall Station* objek pengamatan

Titik <i>Wall Station</i>	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (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

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



Gambar 5. *Desain Poligon Box Cut*

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 2. Hasil Koordinat titik *Wall station* dengan menggunakan pengamatan Poligon tertutup dengan perataan *Least Square*

Koordinat <i>Wall Station</i>		
Point	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (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

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 perhitungan ini akan dilakukan pertaan pengikatan kebelakang dengan menggunakan data dan koordinat hasil olahan koordinat. Dengan menghasilkan nilai titik koordinat *Wall Station* sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Koordinat pada titik *Wall Station* dengan pengamatan pengikatan kebelakang dengan perataan Least Square

Titik <i>Wall Station</i>	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (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

Setelah didapatkan nilai titik koordinat masing masing titik koordinat *Wall Station*, akan dihitung perbandingan selisih nilai koordinat dan perhitungan nilai RMSE pada masing masing nilai koordinat *Wall Station*. Dan didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai selisih Koordinat titik *Wall Station* dengan pengamatan Poligon tertutup dengan nilai Koordinat acuan

<i>Least Square</i>		
Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (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

Tabel 5. Nilai selisih Koordinat titik *Wall Station* dengan pengamatan pengikatan kebelakang dengan nilai Koordinat acuan

Pengikatan Kebelakang		
Titik	<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (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
--------	--------	--------

Pada penelitian ini juga dihitung nilai masing masing nilai *RMSE* antara kedua metode pengamatan dan kedua metode perhitungan dengan koordinat acuan sebagai nilai R1/ Nilai yang dianggap benar. Dan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 6. Perhitungan nilai *RMSE* pada masing masing Koordinat

Nama point	Poligon Tertutup	Pengikatan Kebelakang
DC142	0.00315	0.00403
DC146	0.00320	0.00403
DC148	0.00288	0.00450
DC118	0.00031	0.00955
DC120	0.00144	0.00757
DC125	0.00113	0.01217

Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa: 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 *error* 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.

Kesalahan yang mempengaruhi adanya perbedaan antara kedua metode tersebut adalah pada pengamatan poligon dilakukan 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.

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

Ucapan Terimakasih

Penulis. mengucapkan terima kasih kepada PT. Bumi Suksesindo beserta *Decline Departmen* yang telah memberikan fasilitas, pengarahan dan bantuan dalam mendapatkan data sehingga pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan lancar.

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, Zufahmi. 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, *Electric 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 fifth 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.
- Hendriatiningsih, S. 1979. *Geometris Jalan Raya dan Stake Out*. Departemen Geodesi FTSP – ITB: Bandung.
- Hidayat, Wahyu, 2014. *Dampak Sektor Pertambangan Terhadap Perekonomian Wilayah 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 Indonesia di Persimpangan Jalan 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
- Wongsotjitra, Soetomo 2008, *Ilmu Ukur Tanah*, Kanisius, Yogyakarta
- Wongsotjitra, S., 1977, *Ilmu Ukur Tanah*, Yayasan Kanisius, Yogyakarta.



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).