

**Pembuatan Program Perataan Parameter Jaring Poligon Dengan Menggunakan
*Visual Basic For Application (VBA) Microsoft Excel***

Eva Suci Lestari, L. M Sabri, Bambang Darmo Yuwono ^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH, Telp. (024) 76480785, 76480788 Tembalang Semarang

Abstract

Least square method is one method most popular to problem-solving count flattening. The ordinal least quadrat in cases of the count of geodesy which simple, e.g. cutting measurement of angles, levelling and measurement of distances the base. A traverse do the count based on error angle of a polygon and distance results size reference to the terms of geometric polygons measured.

Within adjustment required leveling high Count in the process of calculation. Therefore, the required computer technology in the process of doing the calculation so that the result is more precision. With the progress of the current process of computer calculations can be done quickly through programming. Program used as thesis harnesses Program macros with visual basic for application (VBA) programming language in microsoft Excel by using the polygon mesh data.

Keyword : *Least square method , Macro or VBA, Ms. Excel*

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Tidak dapat dipungkiri jika kemajuan teknologi masa kini berkembang sangat pesat. Hal ini dapat dibuktikan dengan banyaknya inovasi-inovasi yang telah dibuat di dunia ini. Beberapa metode yang sering digunakan dalam pengukuran horisontal adalah metode triangulasi, triliterasi, triangulaterasi, poligon dan sebagainya. Pengukuran merupakan suatu pekerjaan yang dilakukan untuk memperoleh suatu data pengamatan. Setiap pengukuran pasti memiliki kesalahan. Perkembangan teknologi pengukuran bukanlah untuk menghilangkan kesalahan pengukuran, tetapi untuk meminimalkan kesalahan-kesalahan. Untuk itu diperlukan suatu model matematika yang dapat digunakan untuk mengestimasi nilai parameter yang dianggap benar. Model tersebut lebih dikenal dengan istilah hitung perataan. Data yang dihasilkan dari pengukuran adalah berupa sudut dan jarak. Kesalahan-kesalahan yang terdapat pada data akan diminimalisir dengan hitung perataan.

^{*)} *Penulis Penanggung Jawab*

I.2. Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana membuat program perataan jaring poligon dengan VBA pada Ms. Excel ?
2. Bagaimana program VBA dapat mempermudah dan mempercepat perhitungan perataan jaring poligon?

I.3. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang dibuat adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan program Perataan dengan VBA pada microsoft Excel 2007.
2. Data yang digunakan adalah data Jaring Poligon.
3. Validasi hasil perhitungan dibandingkan dengan program *adjustment computation* dari Paul R woft dan program dari Roza Yunsorun.

I.4. Tujuan Penelitian

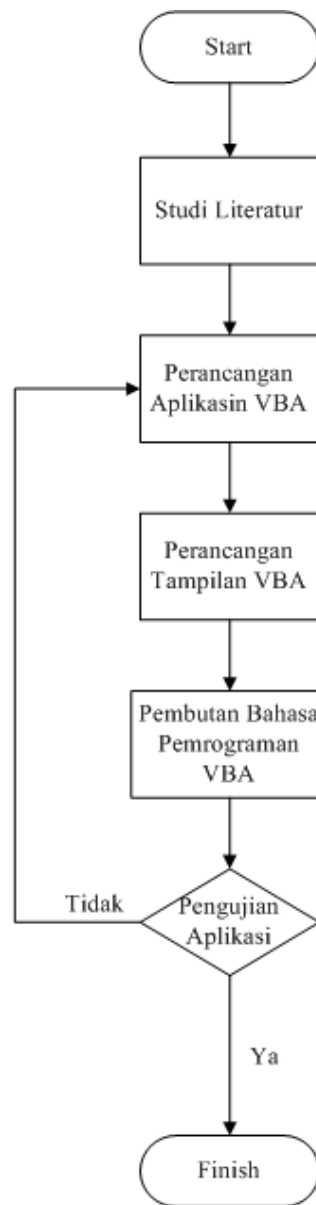
Tujuan penelitian ini adalah pembuatan program yang dapat mempercepat dan mempermudah proses perhitungan perataan menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic for Application* (VBA).

I.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mempermudah dan mempercepat proses perhitungan perataan jaring poligon dengan menggunakan program Ms. Excel yang penulis rasa semua orang dapat mengoprasikannya.

I.6. Metode Penelitian

Secara diagram alir metodologi penelitian Tugas akhir ini dapat ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. POLIGON

Metode Poligon adalah salah satu cara penentuan posisi horisontal banyak titik dimana titik satu dengan lainnya dihubungkan satu sama lain dengan pengukuran sudut dan jarak sehingga membentuk rangkaian titik atau poligon. Adapun macam-macam poligon adalah :

1. Poligon Tertutup

Poligon tertutup adalah poligon yang titik awal dan akhirnya menjadi satu. Poligon tertutup ini hanya membutuhkan satu titik kontrol yang sudah diketahui koordinatnya yaitu titik awal yang sekaligus digunakan sebagai titik akhir poligon, sudut jurusan sisi awal akan sama dengan sudut jurusan akhirnya.

Syarat Geometri sudut adalah sebagai berikut :

Syarat sudut ukuran

$$\sum \beta = (n-2) \cdot 180 - F_{\beta} \text{ apabila sudut dalam} \quad (1)$$

$$\sum \beta = (n+2) \cdot 180 - F_{\beta} \text{ apabila sudut luar} \quad (2)$$

2. Poligon Terbuka Terikat Sempurna

Poligon terbuka terikat sempurna pada titik awal dan titik akhirnya dengan dua titik di awal dan dua titik di akhir poligon.

Syarat Geometri sudut :

$$\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}} = \sum \beta - n \cdot 180 - F_{\beta}$$

Hitung salah penutup sudut :

$$F_{\beta} = (\sum \beta - n \cdot 180) - (\alpha_{\text{akhir}} - \alpha_{\text{awal}}) \quad (3)$$

3. Poligon Terbuka Terikat Koordinat

Poligon terbuka terikat koordinat adalah poligon yang diikat dengan satu titik kontrol di awal dan satu titik kontrol di akhir jalur pengukuran. Data pengukuran yang biasa diambil pada saat pengukuran dilapangan adalah jarak dan sudut.

4. Ketelitian Poligon Bowditch

Ketelitian hasil pengukuran poligon jika diolah dengan metode bowditch adalah dengan melihat besarnya kesalahan penutup sudut dan kesalahan absis dan ordinat. Ketelitian linear dari pengukuran poligon dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$KL = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{\sum d} \quad (4)$$

II.2. Perataan Kuadrat Terkecil

1. Perataan Bersyarat

Persamaan bersyarat menggambarkan syarat yang harus dipenuhi dengan memperhatikan model matematika. Pada teknik ini, jumlah persamaan sama dengan

jumlah syarat lebih (r). Secara umum jumlah persamaan diperoleh dari jumlah pengukuran (n) dikurangi jumlah parameter (u) atau dengan $r = n - u$

Persamaan Syarat dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Persamaan Umum : } BV + W = 0 \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial l_1} & \frac{\partial f_1}{\partial l_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial l_3} \\ \frac{\partial f_2}{\partial l_1} & \frac{\partial f_2}{\partial l_2} & \ddots & \frac{\partial f_2}{\partial l_3} \\ \frac{\partial f_3}{\partial l_1} & \frac{\partial f_3}{\partial l_2} & \ddots & \frac{\partial f_3}{\partial l_3} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_1}{\partial l_1} & \frac{\partial f_1}{\partial l_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial l_3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$BV + W = 0$$

$$\text{Dengan Bobot : } V = -P \cdot B \cdot (B \cdot P \cdot B^T)^{-1} \cdot W] \quad (6)$$

$$\text{Tanpa Bobot : } V = B \cdot (B \cdot B^T)^{-1} \cdot W] \quad (7)$$

Keterangan :

B : Matrik Koefisien

V : matrik Koreksi

W : Matrik Kesalahan

P : Bobot

2. Perataan parameter

Pada teknik ini, jumlah persamaan sama dengan jumlah total pengamatan (n). Jika pada perataan bersyarat terdapat r syarat maka pada perataan parameter persamaan harus memiliki $n - u = r$.

$$\text{Persamaan Umum : } V = AX + F \quad (8)$$

$$l_1 + v_1 = (T_y^0 + \Delta T_y) - \dot{T}_A \rightarrow v_1 = \Delta T_y + (T_y^0 - \dot{T}_A - l_1)$$

$$l_2 + v_2 = (T_y^0 + \Delta T_y) - \dot{T}_B \rightarrow v_1 = \Delta T_y + (T_y^0 + -\dot{T}_A - l_1)$$

$$\text{Dengan Bobot : } X = -[A^T \cdot P \cdot A]^{-1} A^T \cdot PF] \quad (9)$$

$$\text{Tanpa Bobt : } X = -[A^T \cdot A]^{-1} A^T \cdot F] \quad (10)$$

Keterangan :

A : matrik Koefisien

X : Matrik Parameter

F : Matrik Residu

P : Bobot

3. Teknik Parameter Bersyarat

Teknik ini merupakan kombinasi antara teknik perataan bersyarat dan parameter adapaun persamaan umum dari teknik ini adalah :

$$AV + BX + C = 0 \quad (11)$$

Dengan :

$$C = F(L, X_0) \quad (12)$$

A = matrik (c x n)

B = matrik (c x u)

C = matrik (c x l)

V = matrik (n x l)

X = matrik (u x l)

Persamaan (11) merupakan persamaan dasar teknik perataan kombinasi. Jika matrik B = 0, maka persamaan (11) menjadi persamaan dasar teknik perataan bersyarat, jadi c = r dan u = 0.

II.3. Hipotesis Statistik Perhitungan Perataan Kuadrat Terkecil parameter

1. Variansi baku

$$\sigma_0^2 = \frac{V^T P V}{n-u} \quad (13)$$

2. Matrik Varian Kovarian parameter

$$\Sigma_{xx} = \sigma_0^2 (A^T P A)^{-1} \quad (14)$$

3. Matrik Varian Kovarian Residu

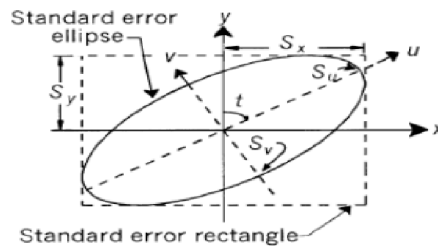
$$\Sigma_{vv} = \sigma_0^2 (P^{-1} A (A^T P A)^{-1} A^T) \quad (15)$$

4. Matrik varian Kovarian Pengamatan

$$\Sigma_{LL} = \sigma_0^2 A (A^T P A)^{-1} A^T \quad (16)$$

II.4. Ellipsis Kesalahan koordinat Titik Standar

Parameter untuk menggambar ellipsis kesalahan koordinat adalah sudut t (sudut orientasi ellipsis), panjang Sx (sumbu x bujur sangkar) dan panjang Sy (sumbu y bujur sangkar), Panjang Su (sumbu panjang ellipsis) dan Sv (sumbu pendek ellipsis). Seperti yang terlihat pada gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2.Ilustrasi Ellips Kesalahan

$$\tan(2t) = \frac{2q_{xy}}{q_{yy} - q_{xx}} \quad (17)$$

persamaan dari sudut rotasi dengan mengambil elemen diagonal dari hasil perkalian antara varian kovarian dengan matrik kofaktor parameter.

$$S_x = S_o \sqrt{q_{xx}} \text{ dan } S_y = S_o \sqrt{q_{yy}} \quad (18)$$

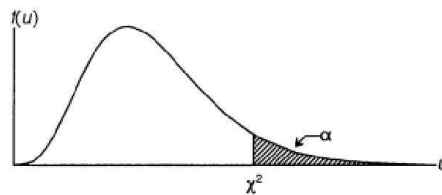
$$S_u = S_o \sqrt{q_{uu}} \text{ dan } S_v = S_o \sqrt{q_{vv}} \quad (19)$$

$$Q_{xx} = \begin{bmatrix} q_{xx} & q_{xy} \\ q_{xy} & q_{yy} \end{bmatrix}$$

$$Q_{xx} = (A^T P A)^{-1}$$

$$S_o = \text{Standar deviasi } S_x = S_o \sqrt{\sigma_0^2}$$

II.5. Analisis Chi Square



Gambar 3.Ilustrasi Chi Square

Kegunaan chi square adalah untuk menguji hubungan atau pengaruh dua buah variabel nominal dan pengukuran kuatnya hubungan antara variabel yang satu dengan variabel nominal lainnya. Untuk mengestimasi varians populasi (σ^2) digunakan variansi dari sample (S^2) berukuran n. Adapun rumus chi square adalah :

$$X^2 = \frac{vS^2}{\sigma^2} \quad (20)$$

Secara matematik dinyatakan bahwa jika $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ sample acak dari sample acak dari sebuah disrtibusi normal dengan mean μ dan varians σ^2 maka variabel acak

$$\frac{vS^2}{\sigma^2} = \frac{(n-1)S^2}{\sigma^2} = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{\sigma^2} \quad (21)$$

Akan memiliki sebuah distribusi probabilitas chi-kuadrat dengan derajat kebebasan/df, $v = n - 1$. Estimasi interval varians populasi berbentuk :

$$\frac{vS^2}{X_{\alpha/2, v}^2} < \sigma^2 < \frac{vS^2}{X_{1-\alpha/2, v}^2} \quad (22)$$

Dimana :

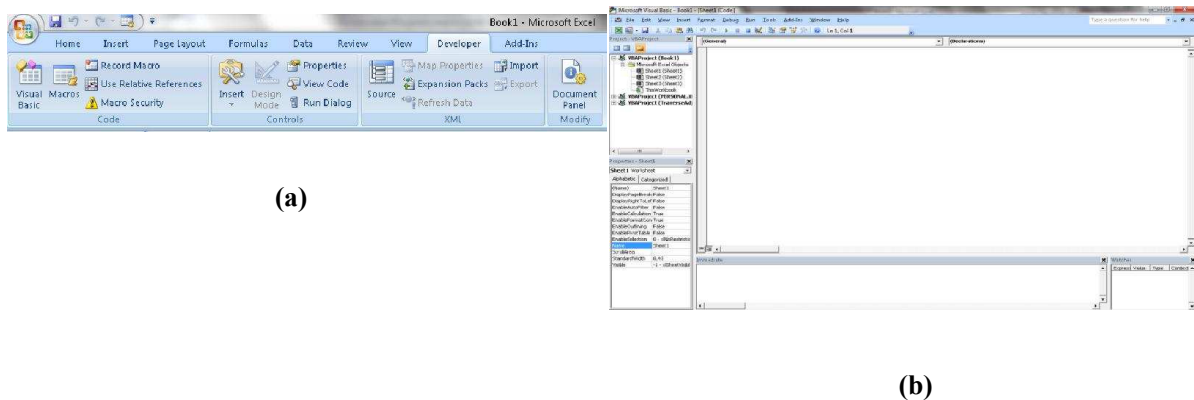
$X_{\alpha/2, v}^2$ = nilai kritis X^2 yang tergantung tingkat kepercayaan dan derajat kebebasan.

α = 1-tingkat kepercayaan (change of error)

n = derajat kebebasan (df) = $n-1$

II.6. Mengenal Program Macro Excel dan Visual Basic For Application (VBA)

Macro atau yang biasa dikenal dengan istilah *Visual Basic for Application* (VBA) merupakan rangkaian perintah-perintah dan fungsi yang tersimpan dalam modul *Microsoft Visual Basic Editor* dan dapat dijalankan sewaktu-waktu. Adapun developer tampilan macro pada excel seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.(a) Toolbar macro, (b) Tampilan Awal Visual Basic Application

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1. Perancangan Desain Aplikasi

1. Desain Utama

Desain tampilan utama aplikasi perhitungan Perataan Parameter Kerangka Horisontal Dengan Menggunakan *Visual Basic For Application* (VBA) *Microsoft Excel* terdiri dari tiga tombol *button* yaitu : *Input Data*, *Output*, *About* dan *Exit* yang berfungsi sesuai dengan nama button itu sendiri, seperti ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 5. Tampilan Aplikasi Utama

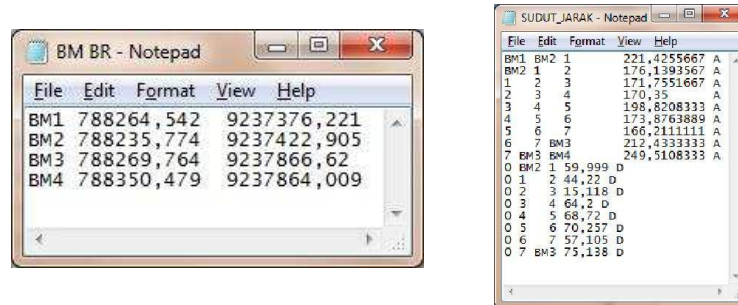
2. Tampilan Sheet Input Data

Sheet Input data digunakan untuk mengkoleksi data pengukuran. Pada Sheet input data terdapat beberapa *button* antara lain *hapus*, *menu*, *Browse BM*, *Browse Sudut* dan *Jarak* dan *copy data* serta *Help* yang dimana cara kerja dari seluruh tombol ketika di klik maka akan menuju sheet yang dipilih. Seperti pada gambar 6 dibawah ini :



Gambar 6. Tampilan sheet input data

Sheet input data menggunakan data masukan dalam *format file text* (*.txt). data masukan yang digunakan adalah daftar koordinat titik kontrol, data jarak, data sudut horisontal. Contoh data masukan pada input data :



(a) (b)

Gambar 7. (a) masukan nilai BM, (b) masukan nilai sudut dan jarak

3. Tampilan *Sheet Bowditch*

Pada *Sheet Bowditch* ini digunakan untuk perhitungan bowditch dimana bertujuan untuk memperoleh koordinat pendekatan. Seperti pada gambar 8 dibawah ini :

Gambar 8. Tampilan *Sheet Bowditch*

4. Tampilan *Sheet Hitung Perataan*

Pada *sheet hitung perataan* (FRM-LSQ-COORD) digunakan untuk perhitungan *least square* dimana prosesnya dilakukan pada tombol Proses perhitungan *Least Squared* dan Koordinat Iterasi. Adapun tampilan pada proses FRM-LSQ-COORD seperti ditunjukkan pada gambar 9 dibawah ini :

Gambar 8. Tampilan *Sheet Least Square*

III.2. Pembahasan

1. Validasi Koordinat X dan Y poligon Terikat Sempurna

Setelah dilakukan proses perhitungan antara software ADJUST, GV V.1.0, dan ExMent v1.0 menunjukkan selisih terbesar 0,003 meter . Hal ini menunjukkan hasil selisih koordinat pada ketiga software Relatif sama. Seperti terlihat pada tabel-tabel dibawah ini :

Tabel 1. Validasi koordinat X

Validasi Koordinat X					
GV V.1.0	Adjust	Selisih	GV V.1.0	ExMent	Selisih
788246,2237	788246,2258	-0,002	788246,2237	788246,2258	-0,002
788251,0488	788251,0478	0,001	788251,0488	788251,0478	0,001
788250,6684	788250,6676	0,001	788250,6684	788250,6676	0,001
788238,5743	788238,5733	0,001	788238,5743	788238,5733	0,001
788248,675	788248,672	0,003	788248,675	788248,672	0,003
788252,2629	788252,264	-0,001	788252,2629	788252,264	-0,001
788241,6742	788241,6737	0,000	788241,6742	788241,6737	0,000

Tabel 2. Validasi koordinat Y

Validasi Koordinat Y					
GV V.1.0	Adjust	Selisih	GV V.1.0	ExMent	Selisih
9237481,805	9237481,806	0,000	9237481,805	9237481,806	0,000
9237525,581	9237525,583	-0,001	9237525,581	9237525,583	-0,001
9237540,518	9237540,519	-0,002	9237540,518	9237540,519	-0,002
9237603,396	9237603,396	0,000	9237603,396	9237603,396	0,000
9237671,189	9237671,189	-0,001	9237671,189	9237671,189	-0,001
9237741,175	9237741,173	0,003	9237741,175	9237741,173	0,003
9237797,117	9237797,120	-0,003	9237797,117	9237797,120	-0,003

2. Validasi Koordinat X dan Y poligon Tertutup

Adapun Setelah dilakukan proses perhitungan antara *software* **ADJUST**, **GV V.1.0**, dan **ExMent v1.0** menunjukkan selisih terbesar 0,002 meter . Hal ini menunjukkan hasil selisih koordinat pada ketiga *software* Relatifsama. Seperti terlihat pada tabel-tabel dibawah ini :

Tabel 3. Validasi koordinat X

Validasi Koordinat X					
GV V.1.0	Adjust	Selisih	GV V.1.0	ExMent	Selisih
4918,551	4918,552	-0,001	4918,551	4918,552	-0,001
4884,110	4884,11	0,000	4884,110	4884,11	0,000
5004,405	5004,404	0,001	5004,405	5004,404	0,001
5152,250	5152,251	-0,001	5152,250	5152,251	-0,001
5296,826	5296,824	0,002	5296,826	5296,824	0,002
5127,323	5127,322	0,001	5127,323	5127,322	0,001

Tabel 4. Validasi koordinat X

Validasi Koordinat Y						
GV V.1.0	Adjust	Selisih		GV V.1.0	ExMent	Selisih
4942,875	4942,874	0,001		4942,875	4942,874	0,001
4795,327	4795,326	0,001		4795,327	4795,326	0,001
4628,328	4628,326	0,002		4628,328	4628,326	0,002
4650,392	4650,392	0,000		4650,392	4650,392	0,000
4824,874	4824,876	-0,002		4824,874	4824,876	-0,002
5002,161	5002,163	-0,002		5002,161	5002,163	-0,002

3. Validasi Hasil Hitungan Sx dan Sy poligon Terikat Sempurna

adapun Setelah dilakukan proses perhitungan antara *software* ADJUST, GV V.1.0, dan ExMent v1.0 menunjukkan selisih terbesar 0,005 meter . Hal ini menunjukkan hasil selisih Sx dan Sy pada ketiga *software* Relatif sama. Seperti terlihat pada tabel-tabel dibawah ini :

Tabel 5. Validasi Sx

Validasi Sx						Validasi Sy					
GV V.1.0	Adjust	Selisih	GV V.1.0	ExMent	Selisih	GV V.1.0	Adjust	Selisih	GV V.1.0	ExMent	Selisih
0,028	0,030	-0,002	0,028	0,030	-0,002	0,092	0,091	0,001	0,092	0,091	0,001
0,041	0,045	0,004	0,041	0,045	0,004	0,121	0,126	-0,005	0,121	0,126	-0,005
0,045	0,046	-0,001	0,045	0,046	-0,001	0,136	0,138	-0,002	0,136	0,138	-0,002
0,054	0,049	0,005	0,054	0,049	0,005	0,140	0,144	-0,004	0,140	0,144	-0,004
0,057	0,053	0,004	0,057	0,053	0,004	0,134	0,130	0,004	0,134	0,130	0,004
0,052	0,051	-0,001	0,052	0,051	-0,001	0,119	0,116	0,003	0,119	0,116	0,003
0,041	0,044	-0,003	0,041	0,044	-0,003	0,088	0,084	0,004	0,088	0,084	0,004

4. Validasi Hasil Hitungan Sx dan Sy Poligon Tertutup

adapun Setelah dilakukan proses perhitungan antara *software* ADJUST, GV V.1.0, dan ExMent v1.0 menunjukkan selisih terbesar 0,007 meter . Hal ini menunjukkan hasil selisih Sx dan Sy pada ketiga *software* Relatif sama.

Tabel 6. Validasi Sx dan Sy

Validasi Sx						Validasi Sy					
GV V.1.0	Adjust	Selisih	GV V.1.0	ExMent	Selisih	GV V.1.0	Adjust	Selisih	GV V.1.0	ExMent	Selisih
0,767	0,760	0,007	0,767	0,760	0,007	0,680	0,685	-0,005	0,680	0,685	-0,005
0,816	0,813	-0,003	0,816	0,813	-0,003	1,030	1,031	-0,001	1,030	1,031	-0,001
0,948	0,944	-0,004	0,948	0,944	-0,004	0,551	0,556	-0,005	0,551	0,556	-0,005
0,000	0,002	-0,002	0,000	0,002	-0,002	0,000	0,002	-0,002	0,000	0,002	-0,002
0,000	0,003	-0,003	0,000	0,003	-0,003	0,000	0,008	-0,008	0,000	0,008	-0,008
0,000	0,001	-0,001	0,000	0,001	-0,001	0,000	0,004	-0,004	0,000	0,004	-0,004

5. Rekapitulasi Usability

Setelah software selesai maka selanjutnya dilakukan uji usability terhadap beberapa koresponden. Adapun hasil rekapitulasi pada uji efektifitas program dengan mengambil 10 sample acak adalah :

Tabel 7. Efektifitas Aplikasi

	SS (%)	S (%)	AS (%)	ATS (%)	TS (%)	STS (%)
Pertanyaan 1	50	50	20	0	0	0
Pertanyaan 2	0	80	10	0	0	0
Pertanyaan 3	30	60	40	0	0	0
Pertanyaan 4	0	60	40	0	0	0
Pertanyaan 5	0	60	60	0	0	0
Pertanyaan 6	0	40	40	0	0	0
Pertanyaan 7	0	60	20	0	0	0
Rata-rata	11,42857	58,57143	30			

Berdasarkan hasil uji usability ini membuktikan bahwa program ini memiliki efektifitas yang baik dalam penggunaannya dengan nilai 58,57143 % untuk seluruh responden dan pertanyaan.

Adapun hasil rekapitulasi pada uji kepuasan pemakai adalah :

Tabel 8Keputusan Pemakai

	SM (%)	M (%)	AM (%)	ATM (%)	TM (%)	STM (%)
Pertanyaan 1	100	0	0	0	0	0
Pertanyaan 2	10	50	10	0	0	0
Pertanyaan 3	50	80	0	0	0	0
Pertanyaan 4	0	80	20	0	0	0
Rata-rata	40	52,5	7,5			

Berdasarkan hasil uji usability membuktikan bahwa tingkat kepuasan koresponden dalam menggunakan sofware ini cukup baik ini dilihat pada hasil perhitungan dengan nilai 52,5 % untuk seluruh responden dan pertanyaan.

IV. PENUTUP

IV.1. Kesimpulan

1. Secara garis besar nilai koordinat (X,Y) pada hasil hitungan Software GV v.1.0, adjust dan ExMent relative sama Karena memiliki selisih terbesar hanya 0,005.
2. Kelebihan dari aplikasi ini adalah dapat digunakan pada Ms Excel 2007 dan 2010, keluaran proses disertakan nilai statistc chi square.kelemahan dari aplikasi ini adalah nilai iterasi hanya memiliki nilai koordinat saja.
3. Berdasarkan hasil uji *usability* ini membuktikan bahwa program aplikasi yang dibangun dapat diterima dan bermanfaat bagi pengguna dengan nilai efektifitas aplikasi 58,57143 % dan 52,5 untuk kepuasan pemakai.
- 4.

IV.2. Saran

1. Prograam perhitungan bowdicht sebaiknya memiliki pengukuran sudut luar dan dalam.
2. Perlu dilakukan pengujian dengan data yang lebih banyak untuk mengetahui kecepatan dan ketelitian program
3. Nilai iterasi masih terpacu pada nilai koordinat sehingga diperlukan pembuatan program yang sama untuk melengkapi aplikasi HKT.

DAFTAR PUSTAKA

- Wolf, P. and Ghilani, C. 2006 . Adjustment Computations : Statistic and least squares in surveying and GIS 4rd Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Kahar, Joenil.2007. Geodesi : Teknik Kuadrat Terkecil. ITB: Bandung
- ChristopherLee.2012.Buku Pintar Macro Microsoft OfficeExcel.Mediakita.Jakarta
- Slamet, Basuki. 2002. Ilmu Ukur Tanah. Yogyakarta : Jurusan Teknik Geodesi Universitas Gajah Mada
- Tofik, Moch.2012.Cara Praktis & Instan menjadi programmer Excel Macro dan Visual basic Editor. Mediakita.Jakarta
- Wicaksono,Yudhy. 2012. Semua Bisa Membuat Aplikasi Macro Excel. PT. Elex Media Komputindo:Jakarta.

- Hardjono, Dewibertha. 2008. Microsoft Excel 2007 Pemrograman VBA, ANDI: Madiun
- Adhimarta.Rangga P. 2010. ProActive Pemrograman Excel 2007. ProActive Multimedia
- Harinaldi. 2005 : Prinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains. Jakarta : Jakarta.
- Roza,Yunsorun:2011:Pembuatan Program Ekstarki Dan Perataan Parameter Kerangka Horizontal Dari Data Total Station SOKKIA. Semarang : Program studi Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro
- Sukatmiran. 2013 : Vba Excel at a Glance. Diakses 7 September 2013, dari [Http://VBA20EXCEL/ATSukatmiran.Blog.htm](http://VBA20EXCEL/ATSukatmiran.Blog.htm)
- Teguh. 2013 : copy range dari beberapa file. Diakses 11 September 2013 dari <http://klinikexcel.com/forum/item/5-macro-vba/156-copy-range-dari-beberapa-file-lain>
- Ulum, Zainal. 2013 : [Add-Ins Excel Untuk Hitung Kuadrat Terkecil \(HKT\)](#), Diakses 9 Agustus 2013 dari <http://cadex.wordpress.com/?s=HKT>