

STUDI PERBANDINGAN HASIL PENGUKURAN ALAT TEODOLIT DIGITAL DAN MANUAL: STUDI KASUS PEMETAAN SITUASI KAMPUS KIJANG

Andryan Suhendra

Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Binus University
Jl. K.H. Syahdan No. 9, Palmerah, Jakarta Barat 11480
asuhendra@binus.edu

ABSTRACT

Ground measurement helps illustrate a situation of land map to ease a civil engineer determining the center point of a building. From the situation map can determined the further works such as determining the point of building, land leveling, determining the point of the foundation and the volume of work for hoarding the land. A tool used for measurement activities is theodolite. Theodolite serves as a tool to determine the angle formed between the two points at the time of measurement. Drawing a situation map requires the results of the point measurement data. Theodolite is divided into two types, digital and manual. This study compares measurements results using both digital and manual theodolite performed at Kijang Campus, Binus University. From the comparison of data processing generated large differences in the coordinate system on the situation map with ranging from 1.31% to 322.67% on the abscissa axis and 0.39% to 41.83% on the ordinate axis.

Keywords: *ground measurement, situation map, digital theodolite, manual theodolite*

ABSTRAK

Kegiatan pengukuran lahan membantu menggambarkan peta situasi suatu lahan untuk mempermudah insinyur teknik sipil menentukan titik as bangunan di lapangan. Dari hasil peta situasi ini dapat ditentukan pekerjaan selanjutnya yaitu penentuan as bangunan, perataan lahan, penentuan titik pondasi dan volume pekerjaan untuk pengurangan dan penimbunan lahan. Salah satu alat bantu yang digunakan untuk kegiatan pengukuran adalah teodolit. Teodolit berfungsi sebagai alat untuk menentukan sudut yang dibentuk antara dua titik pada saat pengukuran. Dalam penggambaran peta situasi dibutuhkan hasil data sudut pengukuran tersebut. Teodolit dibagi menjadi dua tipe yaitu digital dan manual. Penelitian ini membandingkan hasil pengukuran menggunakan teodolit digital dan manual yang dilakukan di Kampus Kijang, Universitas Bina Nusantara. Dari hasil pengolahan data dihasilkan perbandingan besar perbedaan sistem koordinat pada peta situasi dengan kisaran 1,31% hingga 322,67% pada sumbu absis dan 0,39% hingga 41,83% pada sumbu ordinatnya.

Kata kunci: *pengukuran lahan, peta situasi, teodolit digital, teodolit manual*

PENDAHULUAN

Kegiatan awal yang dilakukan oleh kontraktor dalam pembangunan suatu proyek infrastruktur seperti pembangunan gedung adalah penentuan titik-titik as bangunan. Untuk mendapatkan hasil penetapan titik-titik as bangunan pada suatu proyek perlu dilakukan aktifitas pengukuran (Lovat, 2007). Kegiatan pengukuran ini dilakukan oleh tim yang disebut surveyor yang mengambil data lapangan berupa sudut dan dimensi proyek yang ada di lapangan. Untuk kemudian data lapangan dianalisis hingga menghasilkan data berupa peta situasi yang menggambarkan koordinat titik-titik as bangunan dan kontur dari permukaan tanah. Dari hasil peta situasi ini dapat ditentukan untuk pekerjaan selanjutnya yaitu penentuan as bangunan, perataan lahan, penentuan titik pondasi, dan volume pekerjaan untuk pengurangan dan penimbunan lahan. Salah satu alat bantu yang digunakan untuk kegiatan pengukuran adalah teodolit. Teodolit berfungsi sebagai alat untuk menentukan sudut yang dibentuk antara dua titik pada saat pengukuran. Dalam penggambaran peta situasi dibutuhkan hasil data sudut pengukuran tersebut (Kavanagh, 2004). Teodolit dibagi menjadi dua tipe yaitu digital dan manual. Penelitian ini akan menghasilkan perbandingan seberapa besar perbedaan sistem koordinat pada peta situasi untuk dikaji berdasarkan teknik pemasangan dan analisis data yang dikerjakan.

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) membuat perbandingan antara hasil pembacaan alat teodolit digital dan manual; (2) mengetahui perbedaan hasil data pengukuran antara teodolit digital dan manual; (3) memberikan informasi solusi teknik pengambilan data pengukuran kedua tipe teodolit.

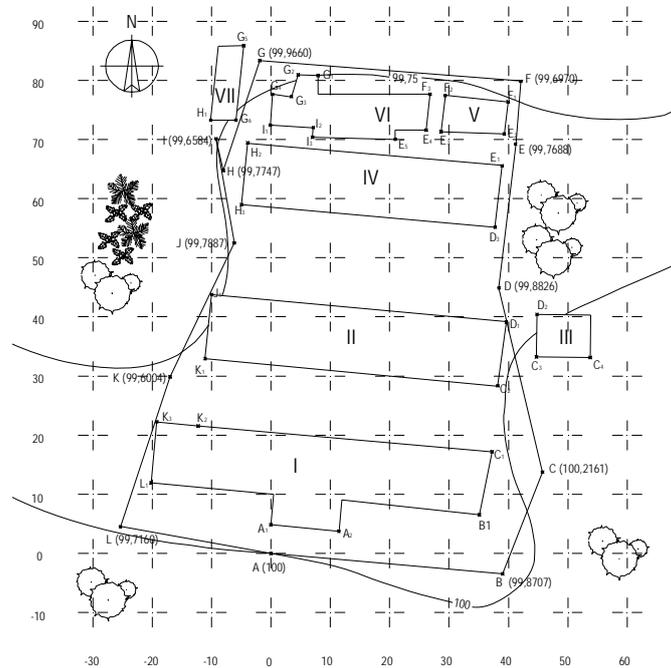
METODE

Ilmu ukur tanah adalah bagian dari ilmu geodesi yang mempelajari cara-cara pengukuran di permukaan bumi dan di bawah tanah untuk menentukan posisi relatif atau absolut titik-titik pada permukaan tanah, di atasnya atau di bawahnya, dalam memenuhi kebutuhan seperti pemetaan dan penentuan posisi relatif suatu daerah. Pemetaan situasi adalah pemetaan suatu daerah atau wilayah ukur yang mencakup penyajian dalam dimensi horizontal dan vertikal secara bersama-sama dalam suatu gambar peta (Fish, 2007).

Untuk penyajian gambar peta situasi tersebut perlu dilakukan pengukuran sebagai berikut: (1) pengukuran titik fundamental (X_o , Y_o , H_o dan a_o); (2) pengukuran kerangka horizontal (sudut dan jarak); (3) pengukuran kerangka tinggi (beda tinggi); (4) pengukuran titik detail (arah, beda tinggi dan jarak terhadap titik detail yang dipilih sesuai dengan permintaan skala). Pada dasarnya prinsip kerja yang diperlukan untuk pemetaan suatu daerah selalu dilakukan dalam dua tahapan, yaitu: (1) penyelenggaraan kerangka dasar sebagai usaha penyebaran titik ikat; (2) pengambilan data titik detail yang merupakan wakil gambaran fisik bumi yang akan muncul di petanya. Kedua proses ini diakhiri dengan tahapan penggambaran dan kontur.

Dalam pemetaan medan pengukuran sangat berpengaruh dan ditentukan oleh kerangka serta jenis pengukuran. Bentuk kerangka yang didesain tidak harus sebuah poligon, tapi dapat saja kombinasi dari kerangka yang ada. Jenis pengukuran dalam ilmu ukur tanah (Fish, 2007) di antaranya adalah sebagai berikut: (1) pengukuran horizontal – terdapat dua macam pengukuran yang dilakukan untuk posisi horizontal yaitu pengukuran poligon utama dan pengukuran poligon bercabang; (2) pengukuran beda tinggi – pengukuran situasi ditentukan oleh dua jenis pengukuran ketinggian, yaitu pengukuran sifat datar utama dan pengukuran sifat datar bercabang; (3) pengukuran detail – pada saat pengukuran di lapangan, data yang diambil untuk pengukuran detail adalah beda tinggi antara titik ikat kerangka dan titik detail yang bersangkutan, jarak optik atau jarak datar antara titik kerangka dan titik detail, dan sudut antara sisi kerangka dengan arah titik awal detail yang bersangkutan, atau sudut

jurusan magnetis dari arah titik detail yang bersangkutan. Kegiatan pengukuran merupakan tahapan awal yang dilakukan pada kegiatan konstruksi. Tujuan dilakukannya pengukuran adalah untuk menggambarkan peta situasi dari lahan yang mencakup penyajian data dalam dimensi horizontal dan vertikal secara bersama-sama dalam suatu gambar peta (Gambar 1).



Gambar 1. Contoh gambar pemetaan situasi.

Untuk melakukan kegiatan pengukuran salah satu alat bantu yang digunakan adalah teodolit. Dengan alat bantu teodolit membantu dalam menentukan sistem koordinat dari suatu lahan dalam dimensi horizontal dan vertikal sehingga mempermudah praktisi (*engineer*) dalam proses penggambaran ataupun penentuan sumbu as bangunan. Alat teodolit terdiri dari dua tipe yaitu teodolit digital dan manual (Gambar 2). Berdasarkan fungsinya kedua alat tersebut mempunyai tujuan yang sama, salah satunya adalah sebagai alat bantu dalam proses penggambaran peta situasi pada lokasi tertentu. Akan tetapi perbedaan kedua alat tersebut terletak pada proses centring (penyetelan) alat dan pembacaan sudut koordinat.



Gambar 2. Teodolit digital dan manual.

Untuk dapat membuat gambar poligon yang baik dan akurat, mengacu dari hasil dari pengukuran sudut dan jarak menggunakan teodolit digital dan manual perlu ditentukan besar sudut dalam dan koordinat poligon yang kemudian dituangkan dalam bentuk gambar poligon (Kavanagh, 2004).

Untuk menentukan posisi horizontal titik-titik di lapangan (Gambar 3), dipakai dasar teori perhitungan posisi horizontal suatu titik sebagai berikut:

Rumus umum:

$$x_j = x_i + d_{ij} \sin \varphi_{ij}$$

$$y_j = y_i + d_{ij} \cos \varphi_{ij}$$

dimana:

x = Absis daripada suatu titik

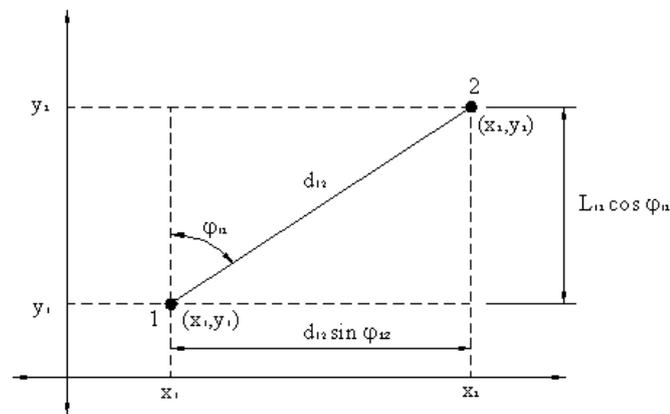
y = Ordinat daripada suatu titik

d = Jarak antara titik asal dan titik tujuan

φ = Azimuth dari titik asal ke titik tujuan

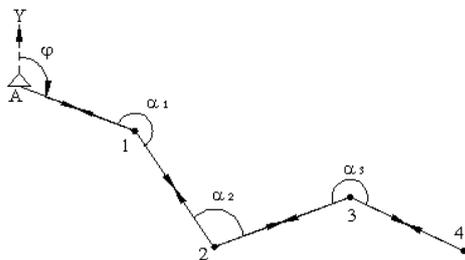
i = Titik asal

j = Titik tujuan

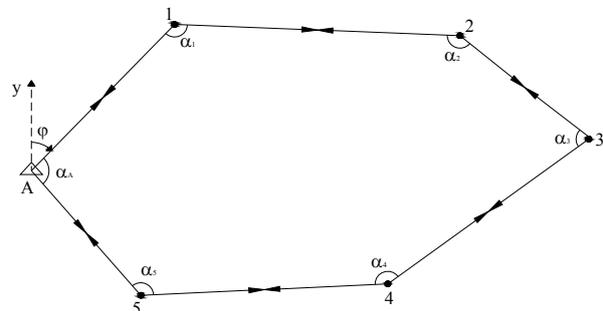


Gambar 3. Perhitungan koordinat titik.

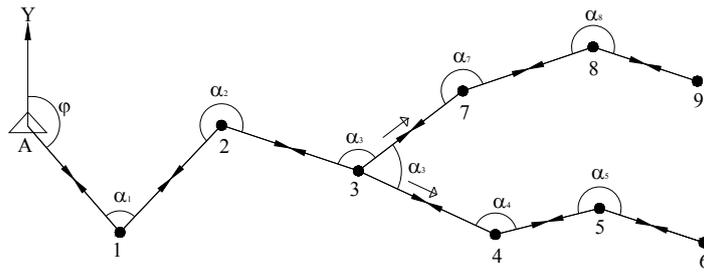
Dilihat dari bentuknya, poligon dapat dibagi menjadi tiga, yaitu: (1) poligon terbuka – poligon yang titik awal dan titik akhirnya merupakan titik yang berlainan (Gambar 4); (2) poligon tertutup – poligon yang bermula dan berakhir pada suatu titik yang sama; (3) poligon bercabang – poligon yang mempunyai satu atau lebih titik simpul, yaitu titik tempat terbentuknya cabang.



Gambar 4. Poligon terbuka.



Gambar 5. Poligon tertutup.



Gambar 6. Poligon bercabang.

Pada poligon ada dua macam pengikatan pada titik-titik ujungnya, yaitu pengikatan azimuth dan pengikatan posisi (koordinat).

Untuk poligon yang kedua titik ujungnya terkait, baik azimuth maupun posisinya, ada tiga buah syarat yang harus dipenuhi dalam perhitungannya, yaitu:

$$\left. \begin{aligned} F_x &= (x_{\text{akhir}} - x_{\text{awal}}) - \sum d_{ij} \sin \varphi_{ij} \\ F_y &= (y_{\text{akhir}} - y_{\text{awal}}) - \sum d_{ij} \cos \varphi_{ij} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$F_\varphi = (\varphi_{\text{akhir}} - \varphi_{\text{awal}}) - \sum \alpha_i + n \cdot 180^\circ \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

- F_x = Salah penutup absis
- F_y = Salah penutup ordinat
- F_φ = Salah penutup *azimuth*
- n = Jumlah titik poligon
- α_i = Sudut ukuran

Persamaan (1) merupakan kontrol jarak sepanjang sumbu X dan sumbu Y sedangkan persamaan (2) merupakan persamaan kontrol sudut jurusan. Sudut yang diukur pada suatu poligon dapat berupa sudut dalam atau sudut luar saja. Semua poligon yang diukur, baik sudut dalam ataupun sudut luarnya, mempunyai persamaan kontrol jarak sepanjang sumbu X dan sumbu Y seperti halnya persamaan (1). Sedangkan persamaan kontrol sudut tidaklah demikian halnya. Di bawah ini diberikan beberapa bentuk persamaan kontrol sudut:

Poligon Terbuka

Jika yang diukur sudut dalam poligon:

$$F_\varphi = (\varphi_{\text{akhir}} - \varphi_{\text{awal}}) + \sum \alpha_i - n \cdot 180^\circ$$

Jika yang diukur sudut luar poligon:

$$F_\varphi = (\varphi_{\text{akhir}} - \varphi_{\text{awal}}) - \sum \alpha_i - n \cdot 180^\circ$$

Poligon Tertutup

Untuk poligon tertutup:

$$\varphi_{\text{akhir}} - \varphi_{\text{awal}} = 0$$

yang diukur sudut dalamnya:

$$F_\varphi = \sum \alpha_i - (n - 2) \cdot 180^\circ$$

yang diukur sudut luarnya:

$$F_\varphi = \sum \alpha_i - (n + 2) \cdot 180^\circ$$

Perhitungan posisi horizontal titik dilakukan dengan menggunakan Metode Bowditch dengan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

Menghitung kontrol sudut:

Hitung koreksi untuk setiap sudut ukuran.

$$V_{\alpha} = \frac{1}{n} \cdot F_{\phi}$$

Hitung harga definitif tiap sudut.

$$\alpha_{\text{koreksi}} = \alpha_i + V_{\alpha}$$

Catatan:

- Koreksi sudut merupakan bilangan bulat.
- Jika nilai koreksi sudut merupakan bilangan pecahan, nilai koreksi harus dibuat bulat dan koreksi terbesar diberikan pada sudut yang mempunyai jumlah sisi terpendek.

Menghitung sudut jurusan definitif sisi poligon:

Jika yang diukur sudut dalam poligon:

$$\varphi_{i,i+1} = \varphi_{(i-1),i} - \bar{\alpha}_i + 180^{\circ}$$

Jika yang diukur sudut luar poligon:

$$\varphi_{i,i+1} = \varphi_{(i-1),i} + \bar{\alpha}_i - 180^{\circ}$$

Catatan:

- Untuk poligon tertutup, maka sudut jurusan akhir sama dengan sudut jurusan awal.
- Perhitungan *azimuth* sisi poligon dilakukan setelah sudut ukuran dikoreksi.

Menghitung kontrol jarak:

Jarak ukuran sisi poligon dan hasil hitungan sudut jurusan definitif tiap sisi dapat digunakan untuk menghitung selisih absis dan selisih ordinat, di mana:

$$\Delta x_{ij} = d_{ij} \sin \varphi_{ij} \quad \Delta y_{ij} = d_{ij} \cos \varphi_{ij}$$

Langkah-langkah perhitungan kontrol jarak adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Hitung kontrol jarak sepanjang sumbu X dan sumbu Y

$$F_x = (x_{\text{akhir}} - x_{\text{awal}}) - \sum \Delta x_{ij}$$

$$F_y = (y_{\text{akhir}} - y_{\text{awal}}) - \sum \Delta y_{ij}$$

Langkah 2: Hitung koreksi absis dan ordinat.

$$\xi_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum d_{ij}} \cdot F_x$$

$$\eta_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum d_{ij}} \cdot F_y$$

Langkah 3: Hitung harga definitif dari absis dan ordinat.

$$\Delta \xi_{ij} = \Delta x_{ij} + \xi_{ij}$$

$$\Delta \eta_{ij} = \Delta y_{ij} + \eta_{ij}$$

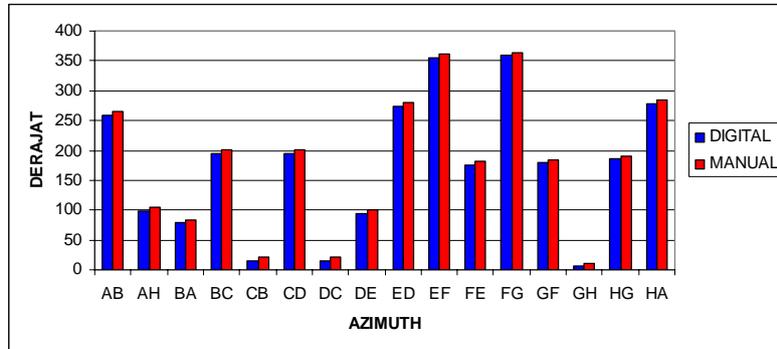
Menghitung posisi horizontal tiap titik poligon:

$$x_j = x_i + \Delta \xi_{ij}$$

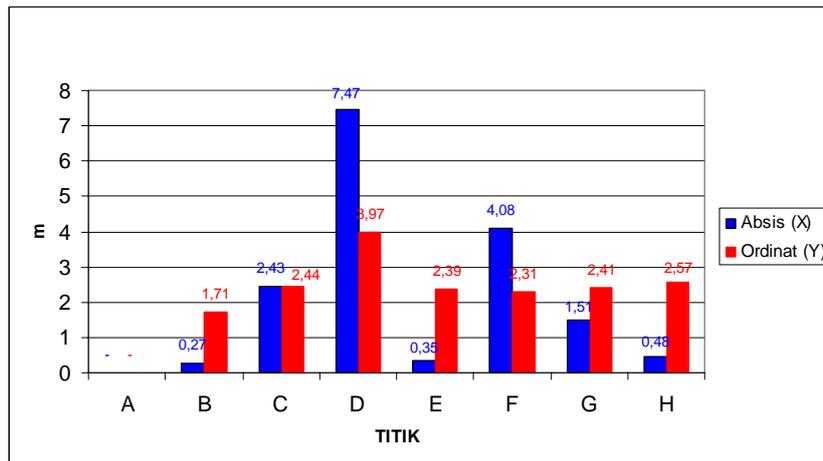
$$y_j = y_i + \Delta \eta_{ij}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

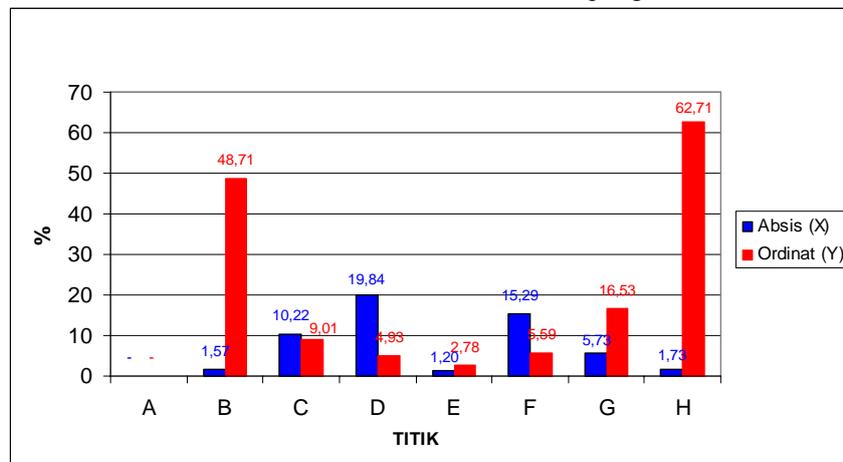
Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan akan diperoleh beberapa data dan setelah diolah menggunakan persamaan-persamaan diperoleh hasil perbandingan antara teodolit digital dan manual seperti ditunjukkan dalam grafik-grafik berikut ini (Gambar 7 – 17).



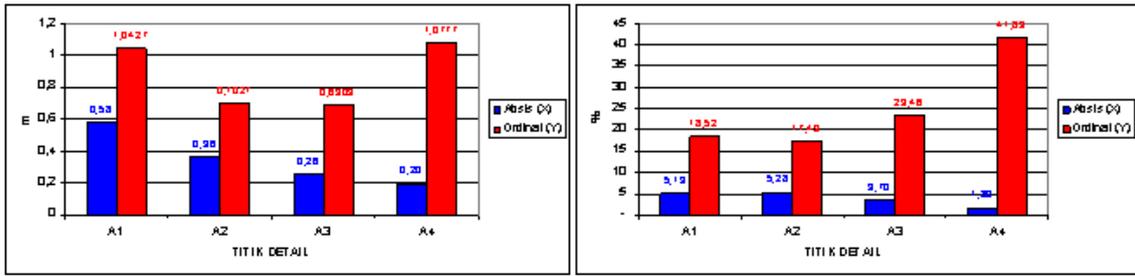
Gambar 7. Sudut azimuth antar setiap titik bacaan alat teodolit digital dan manual.



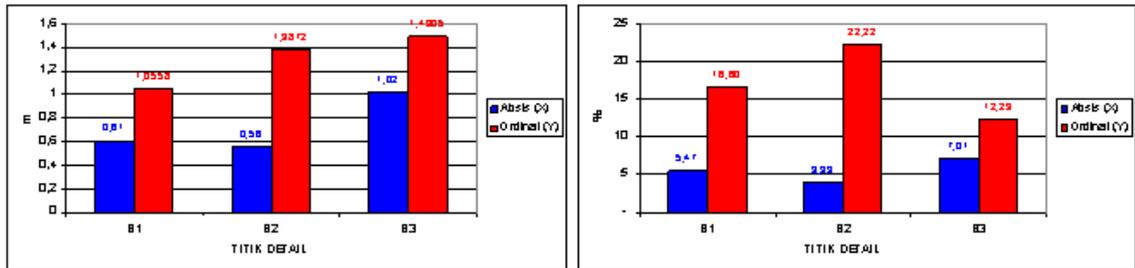
Gambar 8. Perbedaan koordinat titik poligon.



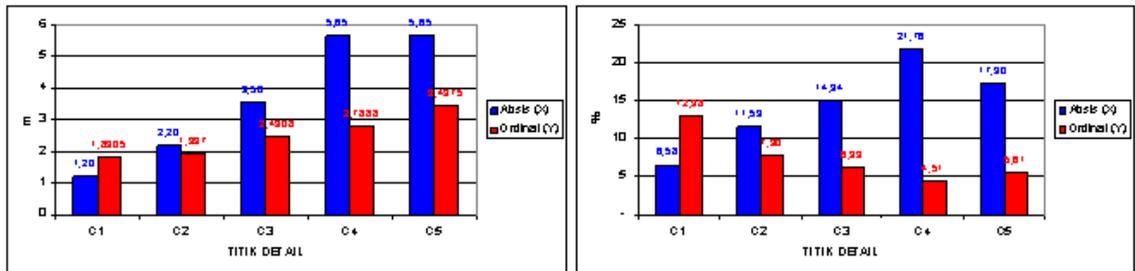
Gambar 9. Persentase perbedaan koordinat titik poligon.



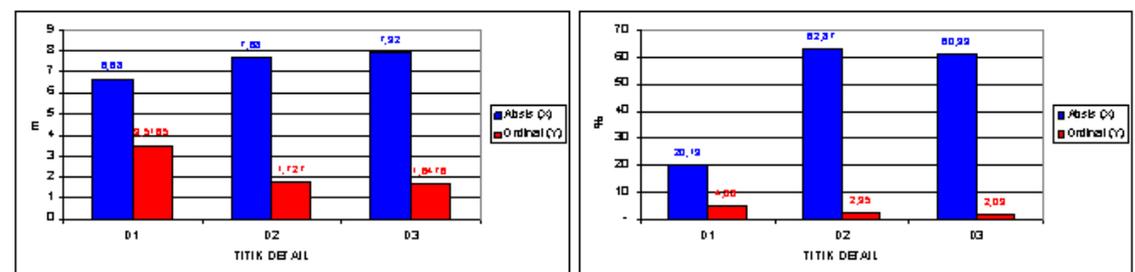
Gambar 10. Perbedaan koordinat detail titik A.



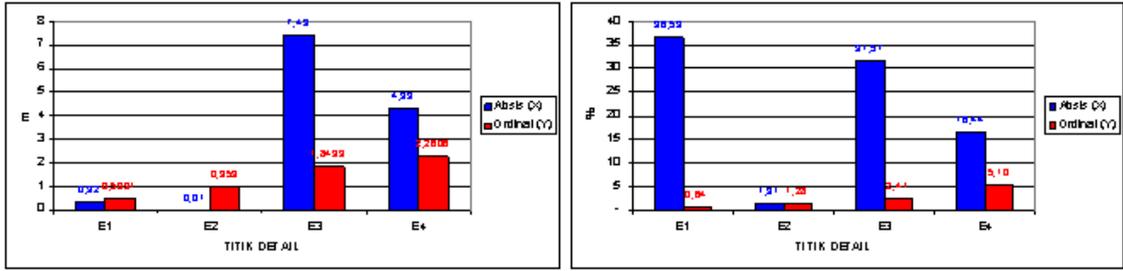
Gambar 11. Perbedaan koordinat detail titik B.



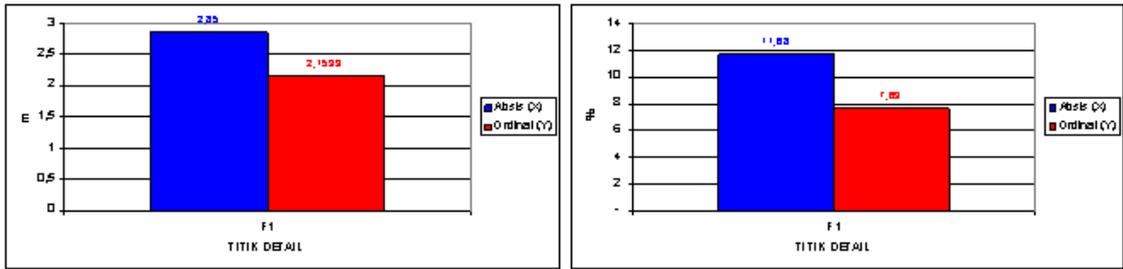
Gambar 12. Perbedaan koordinat detail titik C.



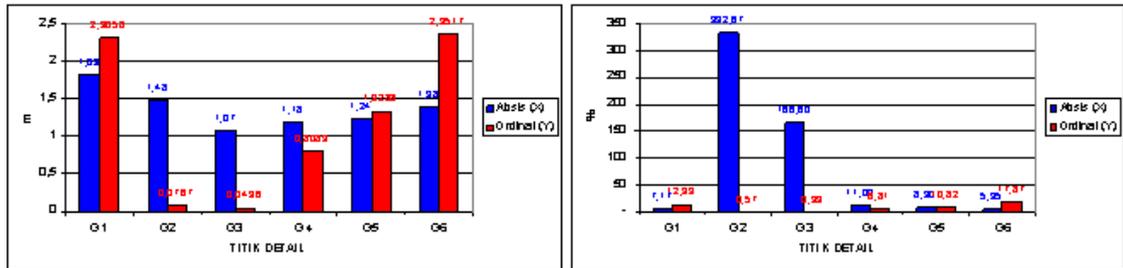
Gambar 13. Perbedaan koordinat detail titik D.



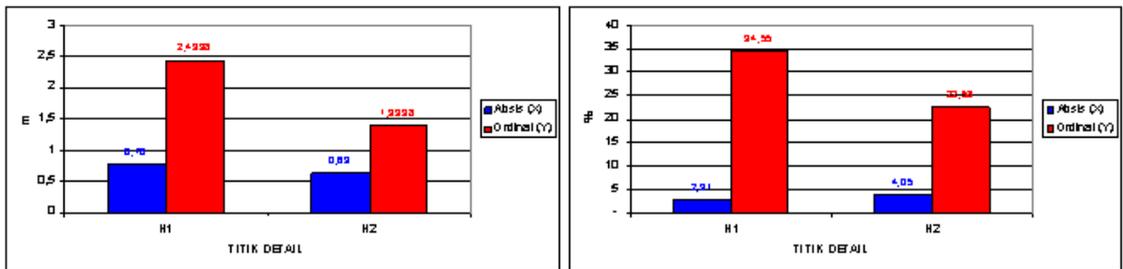
Gambar 14. Perbedaan koordinat detail titik E.



Gambar 15. Perbedaan koordinat detail titik F.



Gambar 16. Perbedaan koordinat detail titik G.



Gambar 17. Perbedaan koordinat detail titik H.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data alat teodolit digital dan manual, diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Besar sudut dalam poligon hasil pengukuran menggunakan teodolit manual sebesar $1080^{\circ}00'13''$ lebih mendekati batas dari poligon tertutup untuk 8 titik (1080°) jika dibandingkan dengan hasil dari alat teodolit digital sebesar $1080^{\circ}00'20''$. Dalam pelaksanaan pengukuran di lapangan, penggunaan alat teodolit digital relatif lebih mudah namun sangat sensitif. Detail perbedaan dari kedua alat tersebut adalah sebagai berikut: (1) efektifitas waktu pembacaan sudut – alat teodolit manual relatif kurang efektif karena dibutuhkan ketelitian dalam pembacaan sudut terutama pembacaan detik. Sedangkan pada alat teodolit digital, pembacaan dipermudah dengan adanya layar yang menampilkan hasil bacaan sudut; (2) kemudahan penyetelan alat – teodolit manual cenderung kurang sensitif seperti alat teodolit digital sehingga untuk para pemula sangat dianjurkan untuk menggunakan alat teodolit manual sehingga dapat mempunyai kemampuan untuk mendeteksi penyetelan alat yang benar baik pada penggunaan alat teodolit manual maupun digital; (3) jangkauan pengukuran – jangkauan dan fokus alat teodolit digital lebih jauh sehingga dapat digunakan untuk area yang lebih luas; (4) detail pembacaan sudut – hasil bacaan menggunakan alat teodolit manual lebih detail dibandingkan dengan hasil bacaan digital karena pada alat teodolit manual rentang skala dalam satu detik sedangkan alat teodolit digital dalam rentang 10 detik.

Hasil pengolahan bacaan kedua alat teodolit berupa sudut azimuth memberikan hasil yang hampir sama dengan perbedaan antara bacaan alat digital dan manual sebesar $5,54^{\circ}$ (rata-rata). Sedangkan untuk koordinat poligon ditemukan perbedaan rata-rata sebesar 7,94% pada sisi absis dan 21,47% pada sisi ordinat. Perbedaan cukup besar ditemukan pada koordinat titik detail, dengan besar perbedaan rata-rata 3,48% hingga 88,52% untuk absis dan setiap titik detail serta 2,35% hingga 28,57% untuk ordinatnya. Penggunaan alat teodolit manual tetap diperlukan terutama dalam proses pembelajaran penggunaan alat sehingga kemampuan untuk pengaturan/penyetelan alat akan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Fish, J. C. L. (2007). *Coordinates of Elementary Surveying*. London: Curzon Press

Kavanagh, B. F. (2004). *Surveying with Construction Application*, (edisi 5). Ohio: Pearson Prentice Hall.

Lovat, Higgins Arthur. (2007). *Elementary Surveying*. Baltzell Press.