
ANALISA PERBANDINGAN KOORDINAT HASIL PENGUKURAN TERRESTRIAL LASER SCANNER (TLS) DAN ELECTRONIC TOTAL STATION (ETS)

Agung Budi Cahyono, Alif Fariq'an Setiawan

Departemen Teknik Geomatika —FTSLK — Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

E-mail: agungbc@geodesy.its.ac.id

Abstrak

TLS (*Terrestrial Laser Scanner*) merupakan salah satu *equipment* teknologi terbaru dalam melakukan pengukuran terestris. Penggunaan alat ini akan mampu menghemat waktu dan tenaga untuk melakukan proses pengukuran. Aplikasi penggunaan TLS semakin meluas pada kalangan surveyor dan ahli ilmu kebumihan karena TLS ini mampu mengambil banyak data titik yang sangat rapat (*point-cloud*) dan akurat dalam waktu yang cepat. Penelitian ini melakukan analisa hasil pengukuran koordinat TLS dengan ETS (*Electronic Total Station*) sebagai pembanding. Analisis yang dilakukan adalah selisih nilai koordinat dari data TLS dengan ETS dianggap sebagai nilai kesalahan sistematis. Hasil penelitian ini dilakukan pada sebuah ruang dengan luas dan bentuk tertentu. Akuisisi data ETS dilakukan dengan melakukan proses pengukuran koordinat pada target yang telah tersebar didalam ruangan. Sedangkan untuk akuisisi data TLS dilakukan dengan melakukan pemindaian pada setiap ruangan yang telah tersebar targetnya. Hasil penelitian menunjukkan terdapat selisih nilai koordinat masing-masing adalah : koordinat X sebesar 0.003 m, koordinat Y sebesar 0.004 m, dan koordinat Z sebesar 0.001 m.

Kata Kunci—Kesalahan Sistematis, *Terrestrial Laser Scanner*, *Total Station*

PENDAHULUAN

Terrestrial Laser Scanner merupakan salah satu alat modern yang menunjang perkembangan permodelan 3 dimensi (3D). Permodelan 3D ini digunakan untuk memodelkan bangunan atau suatu wilayah sehingga terbentuk sebuah peta 3D yang dapat digunakan untuk banyak hal. Aplikasi penggunaan TLS semakin meluas pada kalangan surveyor dan ahli ilmu kebumihan karena TLS ini mampu mengambil banyak data titik yang sangat rapat dan akurat dalam waktu yang cepat serta teknik yang bisa dikatakan mudah. Teknologi ini merupakan alat pencitraan aktif yang menggunakan laser sebagai medianya untuk mendapatkan satu set titik 3D (*point cloud*) dari suatu permukaan atau objek dalam satu kali pengamatan. Hasil dari permodelan 3D ini telah banyak diterapkan diberbagai aplikasi dalam bidang rekayasa, untuk pengadaan data as-built dan pemodelan dalam aplikasi transportasi, termasuk pengukuran tanah, studi arkeologi, arsitektur, struktur jembatan, dan survey jalan raya, dan bahkan

untuk analisis tempat kejadian perkara (TKP) (Hiremagalur, J., dkk, 2009). Data koordinat 3D TLS tersebut diperoleh dari data sudut dari backsight ke objek dan data jarak yang dihitung dari waktu tempuh laser dan cepat rambat laser. Suatu alat ukur pasti memiliki nilai kesalahan. Salah satunya dari alat itu sendiri, sehingga dapat mempengaruhi hasil pengukuran atau menjadikan hasil dan data pengukuran menjadi salah (Ingensand, H., dkk, 2003). Untuk mengetahui nilai kesalahan *point cloud* dari TLS, dapat dibandingkan dengan alat Electronic Total Station. Hal ini dilakukan untuk memahami seperti apa akurasi antara ETS dan TLS ketika data ETS menjadi data acuan (Liscio, E., dkk, 2015). Pada penelitian sebelumnya yang berjudul Mekanisme Kalibrasi TLS, kesalahan data TLS terhadap ETS disebabkan oleh beberapa hal. Pertama perbedaan jenis dan kelas rangefinder yang digunakan pada penelitian tersebut, kedua perbedaan dalam jumlah pengukuran kedua alat yang berbeda. Karena hal itu dibutuhkan penelitian lanjutan mengenai penerapan pengaruh besarnya kesalahan TLS terhadap data

ukuran ETS (Adhitiaputri, R., 2013). Penelitian ini membahas analisa hasil pengukuran koordinat point cloud pada alat ukur Terrestrial Laser Scanner kemudian membandingkannya dengan data koordinat (X,Y,Z) yang didapat dari Total Station Reflektorless. Analisa yang dilakukan adalah membandingkan hasil ukuran koordinat *point cloud* dari alat ukur *Terrestrial Laser Scanner* dengan koordinat dari pengukuran menggunakan *Total Station Reflektorless* yang hasilnya nanti digunakan sebagai data acuan. Selanjutnya adalah menghitung hasil proses pengukuran koordinat Terrestrial Laser Scanner dan Electronic Total Station, kemudian menganalisa perbedaan hasil perhitungan koordinat dari dua alat tersebut berdasarkan pola target yang digunakan serta menganalisa penyebab perbedaan hasil perhitungan koordinat dari dua alat tersebut.

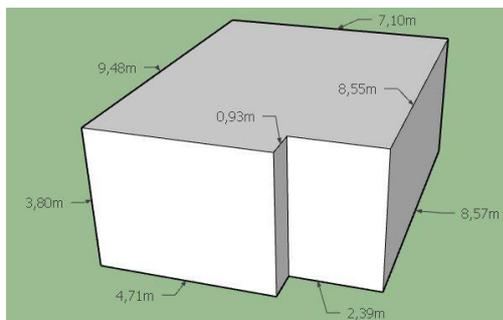
METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada ruang kelas Teknik Geomatika ITS. Lokasi penelitian ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 1 Lokasi Penelitian Ruang Kelas

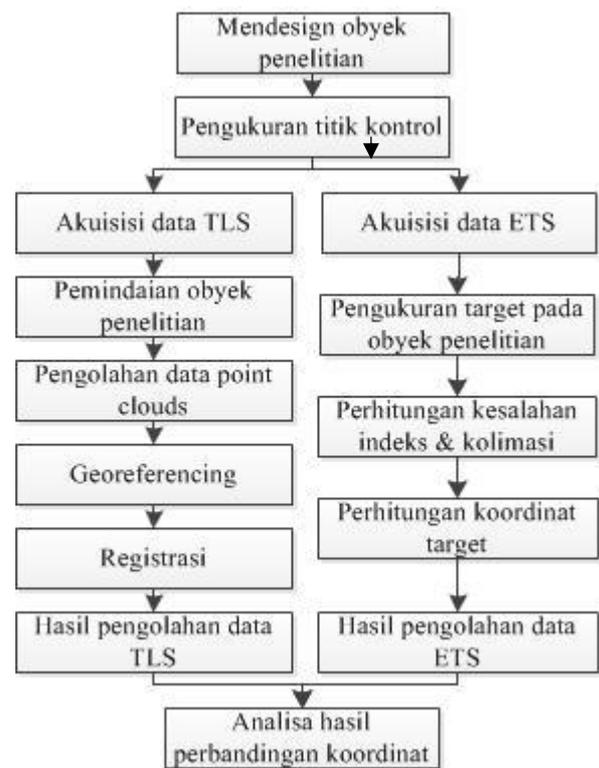
Ruang ini memiliki ukuran dimensi seperti gambar berikut ini :



Gambar 2. Dimensi Ruang Kelas

Data yang digunakan didapat dari pengukuran langsung pada lokasi penelitian. Data pengukuran yang digunakan adalah data pengukuran koordinat yang didapat dari dua alat yang berbeda yaitu Terrestrial Laser Scanner dan Total Station. Data yang diamati adalah data jarak sudut dari Total Station yang diolah menjadi data koordinat. Sedangkan data TLS yang diamati adalah data hasil pemindai yang diolah kemudian diamati data koordinat yang dihasilkan. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Terrestrial Laser Scanner Topcon GLS 2000*, *Total Station Reflektorless Hi Target ZTS-320R* serta target koordinat. Adapun perangkat lunak yang digunakan adalah *Maptek I-Site Studio 7.0* sebagai pengolah data.

Tahapan pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Penjelasan diagram alir di atas sebagai berikut.

1. Menyiapkan obyek Penelitian
Terlebih dahulu mempersiapkan obyek penelitian yang digunakan, dengan menata ruangan agar titik control dan titik target

dapat dipasang dan tidak terhalang. Titik control itu nantinya akan digunakan untuk berdiri alat TLS dan *Total Station*. Kemudian titik target target ini ditempel secara merata pada ruangan.

2. Pengukuran Titik Kontrol

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui titik koordinat dimana posisi alat berdiri. Pengukuran polygon ini menggunakan sistem koordinat lokal dan menggunakan polygon tertutup. Toleransi pengukuran polygon yang digunakan adalah toleransi kesalahan penutup sudut yaitu $i\sqrt{n}$, sebesar 4 detik dan juga toleransi pengukuran linier sebesar $1/5000$.

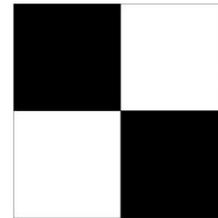
3. Akuisisi Data

Dalam penelitian ini, proses akuisisi data menggunakan TLS dilakukan di titik control yang telah diukur. Pengumpulan data juga dilakukan dengan alat *Total Station*, pengukurannya dilakukan dari posisi yang sama seperti proses akuisisi data menggunakan TLS. Pengukuran dengan *Total Station* dilakukan dengan membidik target pada titik tengah keseluruhan target yang akan diukur. Data hasil ukuran *Total Station* hanyalah data sudut horizontal, sudut vertikal yang berupa sudut miring, dan jarak miring antara *Total Station* dengan target yang tersebar.

4. Pengolahan data

Pengolahan data TLS, yang berbentuk point cloud harus melalui beberapa tahap. Pertama proses tahap *Georeferencing* yaitu proses menambahkan sistem koordinat pada *point cloud* yang telah dihasilkan. Hal tersebut dilakukan agar hasil data point cloud memiliki sistem koordinat yang seragam dengan hasil data dari Total Staton, sehingga perbandingan hasil ukuran koordinat dapat dilakukan. Kemudian tahap *filtering*, yaitu tahap yang bertujuan untuk melakukan pengurangan titik-titik *point cloud* yang tidak digunakan atau bisa disebut dengan *noise*, noise ini dapat berpengaruh pada proses *Registrasi* karena semakin banyak noise yang ada dapat mempengaruhi hasil RMS error dari proses

registrasi. Tahap selanjutnya yaitu *Registrasi*, yaitu proses menyatukan beberapa hasil scanning yang memiliki sistem koordinat yang berbeda agar menjadi satu sistem koordinat yang seragam. Kemudian diamati koordinatnya pada bagian tengah target sehingga dapat diketahui nilai koordinat target tersebut.



Gambar 4. Target Ruang Kelas 104

Untuk pengolahan data *Total Station* melalui beberapa tahap yaitu perhitungan kesalahan indeks alat dan kesalahan kolimasi, perhitungan sudut horizontal dan sudut vertikal sebenarnya, perhitungan azimuth, perhitungan jarak mendatar dan jarak vertikal, kemudian dilakukan perhitungan koordinat target.

5. Analisa Perbandingan

Proses analisa koordinat TLS dilakukan dengan cara membandingkan data koordinat yang didapat dengan data hasil pengukuran *Total Station* sebagai data acuan yang dianggap benar. Kemudian dianalisa berapa nilai perbedaannya Antara data point cloud TLS dengan data ETS.

HASIL DAN ANALISA

Hasil Pengukuran Titik Kontrol

Dalam penelitian ini, pengukuran titik kontrol digunakan untuk mengetahui nilai koordinat yang digunakan untuk berdiri alat kedua alat tersebut. Titik control yang digunakan sebanyak 4 titik, berikut ini adalah koordinat titik control pada ruang kelas :

Tabel 1. Koordinat Titik Kontrol

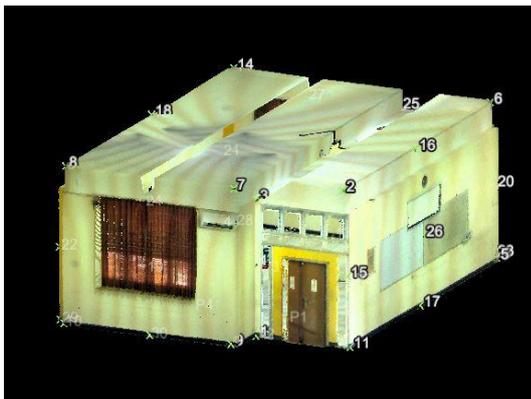
No Titik	Ruang Kelas		
	X	Y	Z
1	0	0	0
2	-0.013	-3.614	-0.007
3	2.404	-3.624	-0.004
4	2.415	0	0.003
Penutup Sudut	4"		

Tabel 2. Perbedaan Koordinat Target Ruang Kelas

No Point	$\Delta x(m)$	$\Delta y(m)$	$\Delta Z(m)$
1	0.001	0.002	0.003
2	0.003	0.003	0.006
3	0.004	0.004	0.003
4	0.003	0.005	0.009
5	0.004	0.009	0.008
6	0.001	0.005	0.011
7	0.006	0.003	0.018
8	0.001	0.005	0.020
9	0.003	0.008	0.010
10	0.002	0.003	0.012
11	0.009	0.005	0.011
12	0.003	0.003	0.002
13	0.002	0.004	0.012
14	0.002	0.004	0.005
15	0.004	0.003	0.009
16	0.002	0.008	0.019
17	0.008	0.004	0.007
18	0.004	0.002	0.002
19	0.001	0.003	0.005
20	0.002	0.010	0.012
21	0.003	0.004	0.018
22	0.004	0.004	0.012
23	0.004	0.005	0.008
24	0.004	0.003	0.016
25	0.003	0.002	0.005
26	0.003	0.001	0.019
27	0.006	0.002	0.012
28	0.002	0.003	0.010
29	0.003	0.009	0.001
30	0.004	0.004	0.002

Hasil Pengukuran Koordinat TLS

Untuk mendapatkan nilai koordinat pada *Terrestrial Laser Scanner* harus melalui beberapa tahap terlebih dahulu yaitu Georeferencing, Filtering dan Registrasi. Pada obyek penelitian ini menggunakan 30 target. Berikut ini merupakan *point cloud* yang dihasilkan *Terrestrial Laser Scanner*.



Gambar 5. Hasil Scan Ruang Kelas

Hasil Pengukuran Koordinat ETS

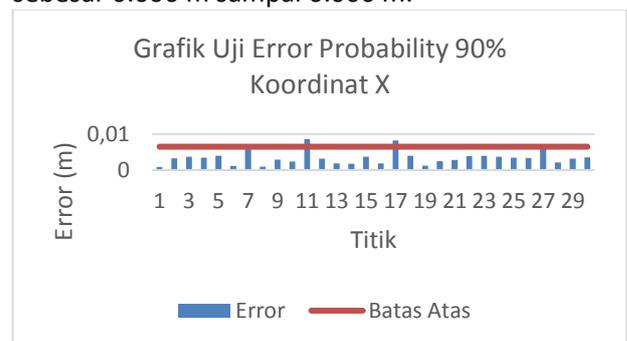
Data koordinat dari *Total Station* didapatkan dari pengukuran detail pada target-target yang tersebar pada obyek penelitian. Untuk mengurangi kesalahan dari instrument maka ditambahkan koreksi kesalahan indeks dan kesalahan kolimasi. Dan untuk mendapatkan titik yang dianggap benar setiap titik harus memiliki nilai standar deviasi senilai < 3mm.

Hasil Perbandingan Koordinat Target

Berdasarkan data koordinat target yang didapatkan dari dua alat yaitu TLS dan ETS memiliki nilai yang berbeda, berikut ini merupakan nilai perbedaannya:

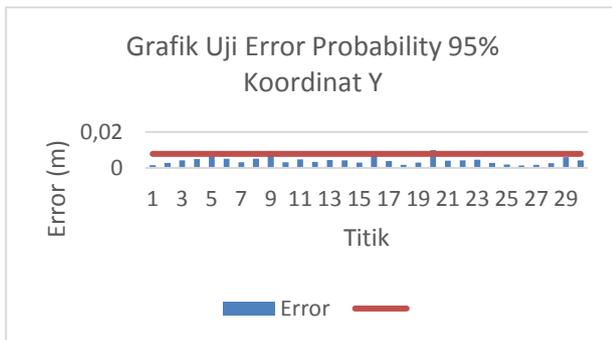
Analisa Statistik

Analisa statistik dilakukan pada target koordinat yang tersebar pada ruang kelas sebanyak 30 titik. Pada koordinat X rata-rata kesalahan sebesar 0.003 m dengan nilai standar deviasi sebesar 0.002 m, dan memiliki RMSE sebesar 0.004 m. Untuk mengevaluasi kesalahan, dilakukan uji t dengan tingkat kepercayaan 90% dimana nilai $E_{90} = 0.003$ m. Dan memiliki nilai selang kepercayaan sebesar 0.000 m sampai 0.006 m.

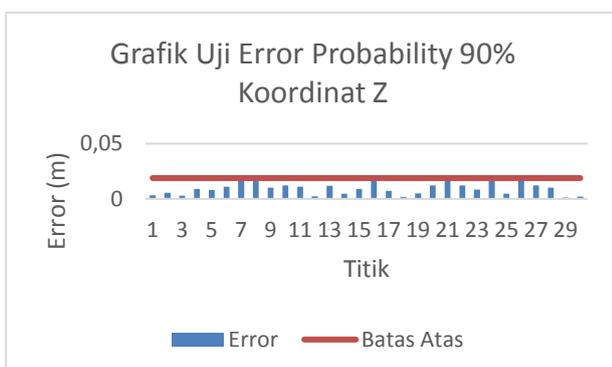


Gambar 6. Grafik Uji Error Probability Koordinat x

Pada koordinat Y rata-rata kesalahan sebesar 0.004 m dengan nilai standar deviasai sebesar 0.002 m, dan memiliki RMSE sebesar 0.005 m. Untuk mengevaluasi kesalahan, dilakukan uji t dengan tingkat kepercayaan 90% dimana nilai $E_{90} = 0.003$ m. Dan memiliki nilai selang kepercayaan sebesar 0.000 m sampai 0.007 m.

**Gambar 7. Grafik Uji Error Probability Koordinat y**

Pada koordinat Z rata-rata kesalahan sebesar 0.010 m dengan nilai standar deviasai sebesar 0.006 m, dan memiliki RMSE sebesar 0.011 m. Untuk mengevaluasi kesalahan, dilakukan uji t dengan tingkat kepercayaan 90% dimana nilai $E_{90} = 0.000$ m. Dan memiliki nilai selang kepercayaan sebesar 0.000 m sampai 0.018 m.

**Gambar 8. Grafik Uji Error Probability Koordinat z**

Analisa Perbedaan

Nilai koordinat yang dihasilkan antara TLS dan ETS memiliki perbedaan. Alasan menyebabkan nilai koordinat yang berbeda adalah perbedaan jenis laser rangefinder pada alat TLS dengan ETS. Laser pada TLS memancarkan banyak gelombang untuk memindai suatu obyek sehingga menyebabkan antar gelombang memiliki jarak

antar gelombang. Sedangkan laser pada ETS hanya memancarkan satu gelombang sesuai target yang ditentukan. Hal tersebut dapat membuat perbedaan antara koordinat yang dihasilkan ETS dengan ETS. Penyebab selanjutnya adalah jumlah berdiri alat pada porses pengukuran ruang kelas yang dilakukan sebanyak dua kali berdiri alat. Hal ini menyebabkan titik referensinya berbentuk garis yang dapat menghasilkan kemungkinan kesalahan pada data TLS pada saat proses *georeferencing*. Kemudian perbedaan dalam pengamatan tinggi alat pada ETS dan TLS, pada alat TLS pengamatan dilakukan langsung oleh instrument, sedangkan pada ETS dilakukan secara manual (rol meter). Perbedaan cara pengamatan tinggi ini dapat mengakibatkan selisih yang cukup besar pada koordinat z antara TLS dengan ETS.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata perbedaan koordinat antara TLS dan ETS adalah koordinat x :0.003 m, koordinat y : 0.004 m dan koordinat z : 0.010 m.
2. RMS error yang dihasilkan data TLS terhadap data ETS pada koordinat X sebesar 0.004 m dengan standar deviasi 0.002 m. Sedangkan koordinat y sebesar 0.005 dengan standar deviasi 0.002 m. Dan untuk koordinat z memiliki RMS error sebesar 0.011 m dengan standar deviasi sebesar 0.006 m.
3. Penyebab perbedaan nilai antara koordinat TLS dengan ETS disebabkan oleh perbedaan jenis laser Rangefinder yang digunakan, jumlah titik referensi yang hanya dua titik, serta perbedaan pengamatan tinggi alat.

Saran dari penelitian ini adalah target yang digunakan sebaiknya menggunakan target yang berbahan stiker reflector yang memiliki nilai reflektifitas yang lebih tinggi. Selain itu ukuran target yang digunakan minimal memiliki ukuran 15 x 15 cm sehingga terlihat cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhitiaputra, R. 2013. *Mekanisme Kalibrasi Terrestrial Laser Scanner*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [2] Hiremagalur, J., Yen, K.S., Lasky, T.A., & Ravani, B., 2009, *Testing and Performance Evaluation of Fixed Terrestrial 3D Laser Scanning Systems for Highway Applications*, Transportation Research Board 88th Annual Meeting 2009, Advanced Highway Maintenance and Construction Technology (AHMCT) Research Center Department of Mechanical & Aeronautical Engineering University of California – Davis, Paper no 09-1995.
- [3] Ingensand, H., Ryf, A., Schulz, T., 2003. Performances and Experiences in Terrestrial Laser Scanning, *Optical 3D Measurement Techniques VI*, Gruen/Kahmen (Eds.), pp. 236-243.
- [4] Liscio, E., Hayden, A., & Moody, J. 2015. *A Comparison of the Terrestrial Laser Scanner & Total Station for Scane Documentation*. J Assoc Crime Scene Reconstr, 20:1-8.
- [5] Putra, A. R. (2016). *Permodelan 3D Dengan Menggunakan Metode Structure From Motion dan Terrestrial Laser Scanner (Studi Kasus : Candi Singosari Malang)*. Surabaya: Jurusan Geomatika ITS.
- [6] Rachmawan, F. E. 2016. *Visualisasi 3D Bangunan Cagar Budaya (Cultural Heritage) Menggunakan Terrestrial Laser Scanner*. Surabaya: Jurusan Geomatika ITS.
- [7] Reshetyuk, Y. 2009. *Terrestrial Laser Scanning, Error Source, Self-Calibration, And Direct Georeferencing*. Saarbrücken, Germany: VDM Verlag Dr. Muller.
- [8] Wolf, P. R. & Ghilani, C. D. 2006. *Adjustment Computations Spatial Data Analysis*. New Jersey: John Wiley