

# Analisis Akurasi Model Tiga Dimensi Gedung Prof. H. Soedarto, SH. Menggunakan Teknologi *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) Berbasis Metode *Traverse*

Yudo Prasetyo\*

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

Teknologi dokumentasi gedung secara spasial untuk konservasi dan perencanaan tata ruang semakin berkembang pesat. Urgensi tingkat ketelitian dalam suatu pengukuran juga dituntut semakin tinggi. Salah satu teknologi pembentukan objek tiga dimensi yang berkembang saat ini adalah *Terrestrial Laser Scanner* (TLS). Metode pengukuran TLS terdiri atas 4 metode yaitu: *Cloud to Cloud*, *Target to Target*, *Traverse*, dan metode kombinasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa tingkat ketelitian metode *Traverse* dalam pengukuran suatu objek model tiga dimensi untuk keperluan dokumentasi gedung menggunakan TLS. Ketelitian metode *Traverse* akan diujikan pada Gedung Prof. H. Soedarto, S. H. Tingkat ketelitiannya diujikan pada dua parameter yakni hasil metode registrasi dan hasil visualisasi model tiga dimensi. Hasil analisis pengolahan data point cloud menunjukkan bahwa alat TLS dengan metode *Traverse* dapat digunakan untuk menghasilkan model tiga dimensi Gedung Prof. Soedarto, S. H. Nilai rata-rata validasi yang diperoleh adalah sebesar 0,004 meter dengan besaran ketelitian model RMSE sebesar  $\pm 0,00611$  meter.

**Kata kunci:** Gedung Prof. H. Soedarto S. H.; Metode *Traverse*; Model 3D; *Terrestrial Laser Scanner*

## Abstract

[Title: Accuracy Analysis Of Three Dimensional Models Of Building Prof. H. Soedarto S. H. Using The *Terrestrial Laser Scanner* Technology Based On *Traverse Method*] The technology to record spatial building for conservation and spatial planning is growing rapidly. The urgency of the accuracy level in a measurement were set up higher than it used to. Three-dimensional object forming using *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) equipment was one of the popular technologies among all. The TLS measurement method consists of 4 methods: *Cloud to Cloud*, *Target to Target*, *Traverse*, and hybrid method. This research aims to analyse the accuracy level of the *Traverse* method in measuring an 3D object for building documentation purposes using TLS. The accuracy level of *Traverse* method will be tested onto Building of Prof. Soedarto, S. H. There are two parameters used in validating the accuracy level of *Traverse* method: registration methods and visualization results of the three-dimensional model. The analysis result of point cloud data shows that TLS equipment applied with *Traverse* method is capable of producing 3D model of Building of Prof. H. Soedarto S. H. The obtained average validation value is 0.004 meters with the accuracy level of the RMSE model of  $\pm 0.00611$  meters.

**Keywords:** 3D Model, Building of Prof. H. Soedarto S. H.; *Traverse Method*, *Terrestrial Laser Scanner*

## 1. Pendahuluan

Sebagai salah satu Perguruan Tinggi Negeri (PTN) ternama di Indonesia, Universitas Diponegoro (UNDIP) memiliki fasilitas yang sangat memadai. Ketersediaan pengajar akademis yang berkualitas didukung oleh sarana dan prasarana penunjang

---

\*) Penulis Korespondensi.

E-mail: [yudo.prasetyo@ft.undip.ac.id](mailto:yudo.prasetyo@ft.undip.ac.id)

perkuliahan seperti gedung kuliah, perpustakaan, laboratorium penelitian dan sebagainya. Salah satu fasilitas yang terdapat di UNDIP adalah Gedung Prof. H. Soedarto S. H. yang sering digunakan untuk keperluan acara wisuda universitas dan berbagai macam acara seperti seminar nasional, lomba paduan suara tingkat nasional dan kegiatan-kegiatan mahasiswa lainnya.

Seiring dengan berjalannya waktu, Gedung Prof. Sudarto S. H. pasti memerlukan proses peremajaan atau renovasi akibat bangunan yang sudah dimakan usia ataupun akibat penambahan fasilitas dan sarana gedung. Untuk menunjang hal ini dari segi perencanaan, maka perlu diadakan pemodelan tiga dimensi untuk menunjang proses perencanaan rekayasa struktur oleh arsitek pada model tiga dimensi Gedung Prof. H. Soedarto SH. Saat ini pemanfaatan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dapat memberikan solusi dalam pendokumentasian suatu bangunan maupun pengukuran topografi. *Terrestrial Laser Scanner* digunakan untuk keperluan pengukuran objek-objek yang rumit dan memerlukan tingkat ketelitian tinggi (Atkinson, K. B., 1996).

Pada penelitian ini pemodelan tiga dimensi akan dilakukan menggunakan metode registrasi Traverse dengan cara melakukan pengukuran poligon terlebih dahulu di sekitar Gedung Prof. H. Soedarto SH. Selanjutnya pada titik poligon yang sudah terukur, dilakukan penyiaran terhadap objek penelitian dengan menggunakan alat *Terrestrial Laser Scanner* dan dilakukan pengolahan data hingga membentuk model tiga dimensi. Selanjutnya untuk memeriksa kualitas model tiga dimensi yang dihasilkan maka dilakukan uji validasi terhadap model tiga dimensi menggunakan *Total Station*.

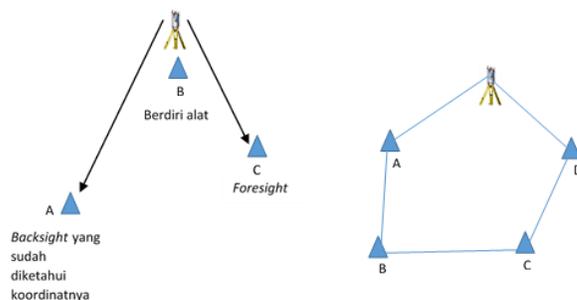
Pada penelitian ini, peneliti ingin mengkaji tingkat akurasi dari pemodelan tiga dimensi Gedung Prof. Soedarto SH. menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) untuk keperluan dokumentasi gedung dan sarana perencanaan ruang dan wilayah.

## 2. Bahan dan Metode

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) *Terrestrial Laser Scanner* Topcon GLS-2000 yang digunakan untuk mendapatkan *point cloud* hasil pengukuran terhadap objek penelitian (TOPCON, 2013). ; (2) *Total Station* Nikon Nivo 2.C yang digunakan untuk melakukan pengukuran koordinat kerangka jaring poligon dan validasi; (3) Laptop HP – 14, *Processor Intel i3*, RAM 2 GB, VGA Nvidia 820 2GB, *Windows 8.1 Ultimate*, yang digunakan untuk mengolah data dan laporan; serta (4) *Work Station* Dell, *Processor Xeon E5*, RAM 8 GB, VGA Nvidia QUADRO, yang digunakan untuk mengolah data *point cloud* hasil pengukuran dengan *Terrestrial Laser Scanner*.

Adapun perangkat lunak yang digunakan adalah: (1) *Software Autodesk Recap 2017* yang digunakan untuk melakukan registrasi *point cloud*; (2) *software Autodesk Remake* yang digunakan untuk melakukan proses *meshing* terhadap *point cloud* yang sudah teregistrasi; (3) *software SPSS* yang digunakan untuk pengolahan data statistik; serta (4) *software Microsoft Office* untuk melakukan pengolahan data dan pembuatan laporan.

Metode penelitian yang digunakan dalam pemodelan gedung Prof. H. Soedarto S.H ini adalah metode *Traverse*. Ini merupakan metode pengukuran detail situasi dengan menggunakan koordinat jaring poligon terkoreksi melalui pengukuran *backsight* untuk mendapatkan orientasi arah terhadap *azimuth* (Wolf, Dewitt & Wilkinson dkk., 2004). Metode poligon yang digunakan dalam metode ini adalah metode poligon tertutup. Poligon tertutup merupakan poligon dengan koordinat awal dan akhir yang mempunyai koordinat sama. Metode poligon tertutup ini membutuhkan dua titik acuan dalam setiap kali berdiri alat. Titik acuan yang dimaksudkan adalah titik acuan yang berada di belakang atau *backsight*, titik acuan yang berada di depan atau *foresight*, dan titik acuan berdiri alat. Ilustrasi metode *Traverse* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode *Traverse*

Keuntungan dengan menggunakan metode *Traverse* adalah untuk bentuk permukaan yang rumit dan pengukuran jarak antar *scan world* yang cukup panjang, karena metode ini memudahkan dalam melakukan registrasi (Wu, 2013). Metode ini dimungkinkan dilaksanakan jika koordinat dari tiap titik lokasi berdiri TLS sudah diketahui, baik melalui pengukuran dengan *Total Station* atau dengan GPS sebelumnya (Quintero dkk, 2008).

Metode *Traverse* memiliki beberapa tahapan, diantaranya : (a). Perencanaan dan pengukuran jaring kerangka poligon daerah penelitian; (b). Pengukuran dengan *Terrestrial Laser Scanner* menggunakan data koordinat poligon hasil pengukuran; (c). *Unify Data, filtering* dan *modelling* pada *software Autodesk Recap* dan *Remake*; (d). Validasi ketelitian model dengan uji validasi jarak sisi bangunan menggunakan *Total Station*.

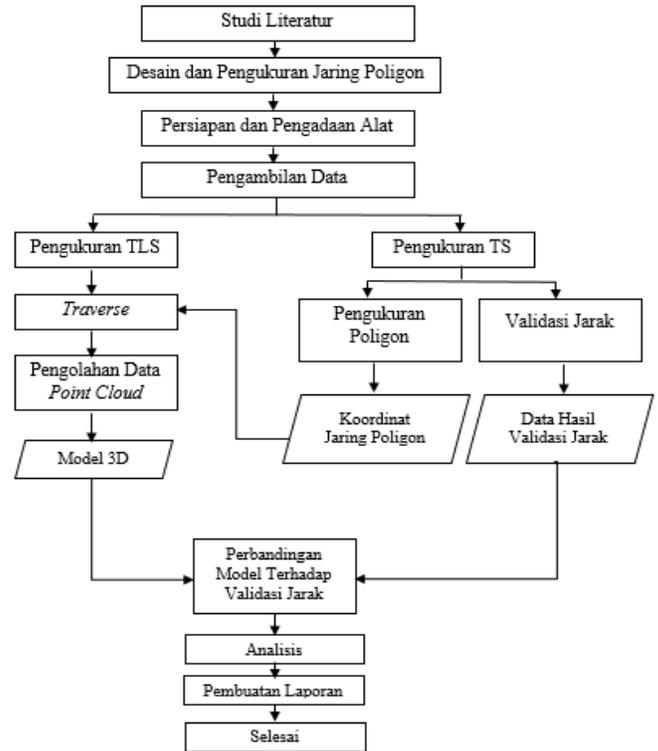
Penelitian ini mempunyai beberapa tahapan (Prasetyo, Bashit & Silaen, 2018) yang dapat diuraikan seperti pada Gambar 2:

1. Studi literatur dan pengumpulan data
2. Orientasi penyiaman
3. Pengukuran dan Pengolahan Jaring Poligon  
Untuk mendapatkan koordinat jaring poligon utama maka diperlukan pengukuran koordinat jaring poligon dengan menggunakan *Total Station*.
4. Penyiaman menggunakan TOPCON GLS-2000  
Pada proses ini dilakukan pengukuran terhadap kedua objek yaitu Patung Pangeran Diponegoro dan Gedung Prof. Sudarto S.H menggunakan dua metode registrasi *Traverse* dan *Cloud to Cloud*. Untuk metode *Traverse* maka koordinat jaring poligon yang sudah diukur maka terlebih dahulu dilakukan registrasi koordinat *Traverse* pada alat TLS.
5. Registrasi *Point cloud* menggunakan Autodesk Recap  
Setelah melakukan penyiaman dengan menggunakan TLS diperlukan registrasi *point cloud* agar seluruh *point cloud* hasil penyiaman dapat membentuk model tiga dimensi sesuai dengan bentuk objek.
6. *Filtering* dan *Meshing*  
Langkah selanjutnya adalah dilakukan proses *filtering* dan *meshing* untuk membersihkan objek dari objek lain yang tidak diperlukan dan membentuk model tiga dimensi.
7. Proses *Texturing*  
Proses *texturing* dilakukan untuk memberikan kekontrasan dan detil warna pada permukaan model tiga dimensi. Hal ini dilakukan dengan mengekstrak data RGB (*Red Green Blue*) yang direkam selama proses *scanning* obyek penelitian.
8. Uji validasi  
Setelah melakukan registrasi dan pemodelan, langkah selanjutnya adalah validasi data model TLS dengan menggunakan *Total Station*. Validasi ini menggunakan beberapa bagian sisi pada bangunan untuk diukur jaraknya menggunakan dua metode, yaitu pengukuran jarak pada komputer dan validasi jarak menggunakan *Total Station*. Pengukuran jarak pada software dilakukan pada kedua model hasil metode *Traverse* dan metode *Cloud to Cloud*. Ilustrasi ukuran sisi gedung yang digunakan untuk validasi dapat dilihat pada Gambar 3.
9. Perhitungan Tingkat Ketelitian  
Pada tahap ini setiap metode akan diuji tingkat ketelitiannya dengan menggunakan data validasi jarak dengan menggunakan rumus 1 (Soeta'at, 1994).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(R-R_1)^2}{n}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- RMS : *Root Mean Square Error*
- R : Nilai yang dianggap benar
- R1 : nilai rata-rata hasil ukuran
- N : banyak ukuran yang digunakan



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Profil Samping Gedung Prof. H. Soedarto, SH.

Keterangan :

- T1 : Ukuran jarak pada sisi atap gedung
- T2 : Ukuran jarak pada sisi tembok gedung

**4. Hasil dan Pembahasan**

**1.1. Hasil Pengukuran Kerangka Jaring Poligon**

Koordinat hasil pengukuran poligon pada Gedung Prof. Sudarto S.H dapat dilihat pada Tabel 1. Jaring poligon pada daerah penelitian Gedung Prof. Sudarto S.H menggunakan 13 titik kerangka poligon dengan nilai ketelitian jarak linear sebesar 1 : 6246,6 m memenuhi kategori ketelitian Orde-4 jaring kerangka poligon.

**Tabel 1.** Koordinat poligon Gedung Prof.H.Soedarto SH.

| No | Nama | Timur (m)  | Utara (m)   |
|----|------|------------|-------------|
| 1  | 101  | 438170,988 | 9220411,138 |
| 2  | 102  | 438194,067 | 9220409,043 |
| 3  | 103  | 438211,634 | 9220410,982 |
| 4  | 104  | 438235,418 | 9220406,240 |
| 5  | 105  | 438238,859 | 9220385,728 |
| 6  | 106  | 438239,901 | 9220318,196 |
| 7  | 107  | 438213,634 | 9220304,854 |
| 8  | 108  | 438193,246 | 9220327,410 |
| 9  | 109  | 438157,382 | 9220336,732 |
| 10 | 110  | 438142,469 | 9220340,583 |
| 11 | 111  | 438141,752 | 9220372,450 |
| 12 | 112  | 438145,883 | 9220387,019 |
| 13 | 113  | 438152,570 | 9220414,861 |

**1.2. Hasil dan Analisis Registrasi Data**

Setelah melakukan penyiapan menggunakan alat *terrestrial laser scanner* dan setelah dilakukan proses registrasi *point cloud* maka terbentuklah model tiga dimensi *point cloud* sesuai dengan keadaan di lapangan. Gambaran hasil registrasi *point cloud* dapat dilihat pada Gambar 5.

Nilai RMS yang didapat pada registrasi *Traverse* ini adalah sebesar  $\pm 0,088$  m. Selanjutnya adalah proses *filtering point cloud* dengan cara menghapus objek yang tidak termasuk pada objek penelitian. Hasil proses *filtering* pada model 3D teregistrasi dapat dilihat pada Gambar 6.

Setelah proses *filtering* selesai dilakukan, maka tahap selanjutnya adalah proses *meshing* untuk membentuk model tiga dimensi dalam bentuk TIN (*Triangulated Irregular Network*). Hasil dari proses *meshing* dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.

**2. Hasil Uji Validasi Jarak Bangunan Menggunakan Total Station**

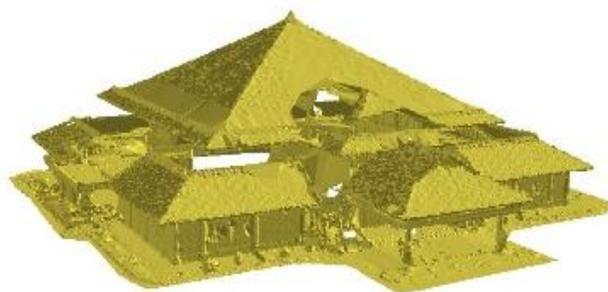
Uji validasi terhadap jarak sisi bangunan dengan sisi model tiga dimensi dilakukan pada 42 titik uji dengan nilai rata-rata sebesar 0,004 meter dengan nilai RMSE sebesar  $\pm 0,00611$  meter untuk tingkat kesalahan relatifnya.



**Gambar 5.** Hasil registrasi *point cloud* Gedung Prof. H. Soedarto SH.



**Gambar 6.** Model Gedung Prof. Sudarto S.H setelah proses *filtering point cloud*



**Gambar 7.** Hasil *meshing* model Gedung Prof. Sudarto S.H



**Gambar 8.** Hasil *texturing* dari model *mesh* Gedung Prof. Sudarto S.H dengan warna RGB

Untuk metode *Traverse* yang digunakan pada pemodelan ini tingkat kesalahan yang didapat bisa disebabkan oleh beberapa faktor: (1) tidak sempurnanya proses *centering* alat TLS pada saat melakukan pengukuran *Traverse*; (2) kesalahan pengukuran pada tinggi alat TLS dan tinggi prisma *backsight*; (3) kesalahan pada saat melakukan pengukuran *backsight*; serta (5) di Gedung Prof. Sudarto S.H terdapat banyak sekali pepohonan dan objek lainnya yang menghalangi jalannya sinar laser sehingga menimbulkan begitu banyak *noise* pada hasil pengukuran *point cloud*.

#### 4. Kesimpulan

Hasil analisis pengolahan data *point cloud* menunjukkan bahwa alat *Terrestrial Laser Scanner* dengan metode *Traverse* dapat digunakan untuk menghasilkan model tiga dimensi Gedung Prof. Sudarto, S. H. Nilai rata-rata validasi yang diperoleh adalah sebesar 0,004 meter dengan besaran ketelitian model RMSE sebesar  $\pm 0,00611$  meter.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada asisten dosen laboratorium Fotogrametri dan Penginderaan Jauh atas dukungan pengolahan data serta kepada saudara Alvata Partogi Hutagalung atas dukungan survei peralatan *Terrestrial Laser Scanner* (TLS). Serta kepada PT. ASABA INDONESIA atas peminjaman peralatan dan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro atas perijinan penelitian gedung Prof. H. Soedarto SH.

#### Daftar Pustaka

- Atkinson, K. B. (1996). *Close range photogrammetry and machine vision*. Caithness: Whittles Publ.
- Prasetyo Y., Bashit N., Silaen B. (2018) Aplikasi Fotogrametri Rentang Dekat Dalam Pemodelan Tiga Dimensi Sebagai Sarana Konservasi Objek Kebudayaan (Studi Kasus : Patung Sapi Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro). Yogyakarta: *Prosiding Seminar Nasional Geografi II*.
- Quintero, M. S., Genechten, B. V., Bruyne, M. D., Ronald, P., Hankar, M., & Barnes, S., (2008). *Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning*. Project (3DriskMapping).
- Soeta'at. (1994). *Fotogrametri Analitik*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- TOPCON. (2013). *Topcon GLS-2000 User Manual Book*.
- Wolf, P. R., Dewitt, B. A., dan Wilkinson, B. E. (2014), *Elements of Photogrammetry with applications in GIS*. 4th. Ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Wu, C. (2013), Towards Linear-Time Incremental Structure from Motion. Seattle : IEEE. *2013 International Conference on 3D Vision*, 127–134.