

**ANALISIS TINGKAT AKURASI MODEL TIGA DIMENSI GEDUNG PROF. H. SOEDARTO SH. MENGGUNAKAN TEKNOLOGI TERRESTRIAL LASER SCANNER (TLS) BERBASIS METODE TRAVERSE**

**Yudo Prasetyo<sup>1</sup>, Nurhadi Bashit<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorium Fotogrametri dan Penginderaan Jauh,  
Departemen Teknik Geodesi-Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, SH, Tembalang, Semarang-75123Telp./Faks: (024) 76480788,  
e-mail: yudo.prasetyo@ft.undip.ac.id

(Diterima 6 Juni 2018, Disetujui 22 Juni 2018)

**ABSTRAK**

Perkembangan teknologi dokumentasi gedung secara spasial untuk konservasi dan perencanaan tata ruang semakin berkembang pesat. Seiring dengan perkembangan teknologi tersebut, urgensi tingkat ketelitian dalam suatu pengukuran juga semakin bergerak ke arah yang lebih tinggi dari waktu ke waktu. Salah satunya yang berkembang saat ini teknologi pembentukan objek tiga dimensi menggunakan peralatan Terrestrial Laser Scanner (TLS). Metode pengukuran TLS terdiri atas 4 metode yaitu : metode *Cloud to Cloud*, metode *Target to Target*, metode *Traverse* dan metode kombinasi. Ketelitian metode Traverse akan diujikan pada gedung Prof. H. Soedarto SH. Dengan tingkat ketelitiannya diujikan pada dua parameter yakni hasil metode registrasi dan hasil visualisasi model tiga dimensi. Metode yang dilakukan dalam uji ketelitian ini melakukan uji internal dengan perhitungan ketelitian hasil registrasi model *point cloud* antar metode registrasi pada perangkat lunak dan uji eksternal melalui analisis perbandingan jarak sisi bangunan menggunakan peralatan Total Station, perhitungan uji statistik serta melakukan analisis hasil visualisasi model tiga dimensi. Penelitian ini menghasilkan nilai ketelitian metode Traverse sebesar diperoleh nilai rata-rata validasi sebesar 0,004 meter dengan besaran ketelitian model RMSE sebesar  $\pm 0,00611$  meter dengan ketelitian linear jaring poligon 13 titik kategori orde 4 sebesar 1 : 6.246,6 meter pada Gedung Prof.H. Soedarto SH. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada para pengguna Terrestrial Laser Scanner (TLS) sebagai referensi mengenai tingkat ketelitian metode Traverse dalam pelaksanaan pengukuran suatu objek model tiga dimensi untuk keperluan dokumentasi gedung.

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

**ABSTRACT**

*The development of spatial building documentation technology for conservation and spatial planning is growing rapidly. Along with the development of these technologies, the urgency of the accuracy level in a measurement is also increasingly moving in a higher direction over time. One of them is developing technology of three-dimensional object forming using Terrestrial Laser Scanner (TLS) equipment. The TLS measurement method consists of 4 methods: Cloud to Cloud method, Target to Target method, Traverse method and combination method. In this research, the accuracy of the Traverse method will be tested in Prof. Building. H. Soedarto SH. With the level of accuracy tested on two parameters namely the results of registration methods and visualization results of three-dimensional model. The method used in this thoroughness test performs internal test with the calculation of the accuracy of the registration of point cloud model between the registration method on the software and external test through the comparison analysis of building side distance using Total Station equipment, statistical test calculation and to analyze the visualization result of three dimensional model. This research resulted Traverse method of accuracy as obtained by the average value of validation of 0.004 meters with the magnitude of RMSE model accuracy of  $\pm 0.00611$  meters with linear meshes of polygon meshes 13 point 4th order category of 1: 6,246.6 meters in Building Prof.H. Soedarto SH. This research is expected to provide information to the users of Terrestrial Laser Scanner (TLS) as reference about the level of accuracy of Traverse method in implementing the measurement of a three dimensional model object for the purposes of building documentation.*

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

**1. PENDAHULUAN**

Sebagai salah satu Perguruan Tinggi Negeri (PTN) ternama di Indonesia, Universitas Diponegoro (UNDIP)

tentunya memiliki berbagai macam fasilitas yang sangat memadai baik dari segi ketersediaan pengajar akademis yang berkualitas maupun dari segi sarana dan pra-sarana penunjang perkuliahan seperti gedung kuliah,

perpustakaan, laboratorium penelitian dan sebagainya. Salah satu fasilitas yang terdapat di UNDIP adalah Gedung Prof. H. Soedarto SH. 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 akan mengalami 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.

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. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Terrestrial Laser Scanner

Terrestrial laser scanner (TLS) adalah suatu peralatan atau teknologi pemetaan yang memanfaatkan aplikasi sinar laser untuk mengukur koordinat 3 dimensi suatu kenampakan obyek secara otomatis dan real time dengan memanfaatkan sensor aktif (Reshetyuk, 2009). Hasil dari penyiaran ini akan memperoleh suatu data yang dinamakan point clouds. Point cloud adalah kumpulan titik - titik 3 dimensi yang memiliki koordinat (X, Y ,dan Z) dalam suatu sistem koordinat yang sama.

Kelebihan alat TLS dibandingkan dengan alat ukur konvensional lainnya yaitu pengambilan data lebih cepat dan kualitas hasil pengukuran yang jauh lebih akurat. Pada proses pengambilan data dan pengukuran juga dapat dilakukan dari jarak yang cukup jauh sehingga efisiensi dan keselamatan pekerja dapat terjamin. Densitas titik yang didapat sangat tinggi

sehingga menjamin survei topografi yang lengkap dan cepat. Contoh alat dari Terrestrial Laser Scanner dapat dilihat pada Gambar 1.1.



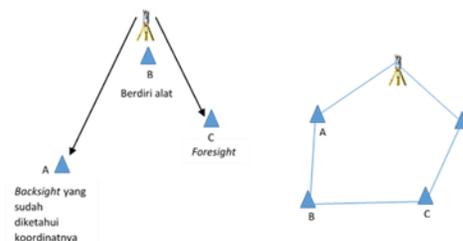
**Gambar 1.1.** Contoh alat Terrestrial Laser Scanner (Quintero dkk, 2008)

### 2.2. Registrasi

Pada umumnya suatu obyek 3 dimensi tidak akan bisa dipindai seluruhnya hanya dari satu posisi berdiri alat. Sehingga diperlukan tahapan untuk menggabungkan data hasil akuisisi lapangan dengan alat TLS yang dikenal dengan proses registrasi. Registrasi adalah suatu proses transformasi dari point cloud yang dihasilkan dari beberapa scan world (SW) menjadi berada pada sistem koordinat yang sama. Seperti pada kegiatan foto udara atau model stereo untuk mendapatkan hasil obyek 3 dimensi diperlukan overlap pada alat Terrestrial laser scanner juga diperlukan adanya overlap dari dua lokasi pengambilan data yang bersebelahan (Arfianto dkk, 2014).

### 2.3. Metode Traverse

Metode *Traverse* pada dasarnya adalah metode pengukuran detail situasi dengan menggunakan koordinat jaring poligon terkoreksi melalui pengukuran backsight untuk mendapatkan orientasi arah terhadap azimuth. 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 1.2.



**Gambar 1.2.** Metode Traverse

Keuntungan dengan menggunakan metode Traverse ini adalah untuk bentuk permukaan yang rumit dan pengukuran jarak antar scan world yang cukup panjang, karena metode ini memudahkan dalam melakukan registrasi. 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).

### 3. Alat, Data dan Metodologi Penelitian

#### 3.1 Alat dan Data Penelitian

Alat dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

##### A. Perangkat Keras (*Hardware*)

1. *Terrestrial Laser Scanner* Topcon GLS-2000 digunakan untuk mendapatkan *point cloud* hasil pengukuran terhadap objek penelitian.
2. *Total Station* Nikon Nivo 2.C 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*, digunakan untuk mengolah data dan laporan
4. *Work Station Dell*, *Processor Xeon E5*, RAM 8 GB, VGA Nvidia QUADRO, digunakan untuk mengolah data *point cloud* hasil pengukuran dengan *Terrestrial Laser Scanner*.

##### B. Perangkat Lunak (*Software*)

1. *Software* Autodesk Recap 2017 digunakan untuk melakukan registrasi *point cloud*.
2. *Software* Autodesk Remake digunakan untuk melakukan proses *meshing* terhadap *point cloud* yang sudah teregistrasi.
3. *Software* SPSS digunakan untuk pengolahan data statistik
4. *Software* Microsoft Office untuk melakukan pengolahan data dan pembuatan laporan.

#### 3.2 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pemodelan gedung Prof. H. Soedarto S.H ini adalah metode Traverse. 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 yang dapat diuraikan sebagai berikut:

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. 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 3.1**.



**Gambar 3.1.** Profil Samping Gedung Prof. H. Soedarto, SH.

Keterangan :

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

8. 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

**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1. Hasil Pengukuran Kerangka Jaring Poligon**

Koordinat hasil pengukuran poligon pada Gedung Prof. Sudarto S.H dapat dilihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1.** 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

**Gambar 4.2.** Model Gedung Prof. Sudarto S.H setelah proses *filtering point cloud*

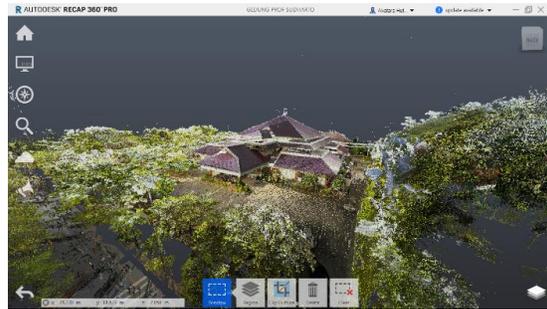
Jaring poligon pada daerah penelitian Gedung Prof. Sudarto S.H menggunakan 13 titik kerangka poligon dengan nilai ketelitian jarak linear sebesar 1 : 6246,6 m memenuhi kategori ketelitian Orde-4 jaring kerangka poligon.

**4.2. Hasil dan Analisis Registrasi Data**

Setelah melakukan penyediaan 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 4.1**.

Nilai RMS yang didapat pada registrasi *Traverse* ini adalah sebesar ±0,088 m. Selanjutnya adalah proses *filtering point cloud* dengan cara

memhapus objek yang tidak termasuk pada objek penelitian.. Hasil proses *filtering* pada model 3D teregistrasi dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.

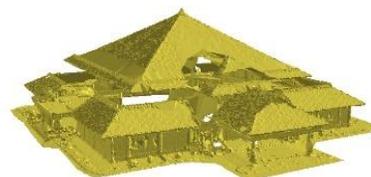


**Gambar 4.1.** Hasil registrasi *point cloud* Gedung Prof. H. Soedarto SH.



**Gambar 4.2.** Model Gedung Prof. Sudarto S.H setelah proses *filtering point cloud*

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 4.3** dan **4.4**.



**Gambar 4.3.** Hasil *meshing* model Gedung Prof. Sudarto S.H



**Gambar 4.4.** Model *mesh* Gedung Prof. Sudarto S.H dengan warna RGB

## 5. 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 metode *Traverse* yang digunakan pada pemodelan ini tingkat kesalahan yang didapat bisa disebabkan oleh beberapa faktor seperti berikut :

- Tidak sempurnanya proses *centering* alat TLS pada saat melakukan pengukuran *Traverse*
- Kesalahan pengukuran pada tinggi alat TLS dan tinggi prisma *backsight*.
- Kesalahan pada saat melakukan pengukuran *backsight*
- Pada 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*.

## 6. Kesimpulan

Dari hasil analisis data pengolahan data *point cloud* menggunakan alat *Terrestrial Laser Scanner* didapatkan hasil bahwa alat *Terrestrial Laser Scanner* dapat digunakan untuk menghasilkan model tiga dimensi Gedung Prof. Sudarto dengan diperoleh nilai rata-rata validasi sebesar 0,004 meter dengan besaran ketelitian model RMSE sebesar  $\pm 0,00611$  meter.

## 7. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada asisten dosen laboratorium Fotogrametri dan Penginderaan Jauh atas dukungan pengolahan data serta kepada saudara Alvatara 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.

## 8. Daftar Pustaka

- Arfianto, N., Sasmito, B., & Hani'ah. (2014). *Pemodelan Bangunan Cagar Budaya Gereja Blenduk Untuk Konservasi dengan Metode Terrestrial Laser Scanner*. Semarang : Jurnal Geodesi Undip. Vol. 3, No.3.
- Nandaru, A., Sudarsono, & Yuwono, B. D. (2014). *Aplikasi Terrestrial Laser Scanner Untuk Pemodelan Tampak Muka Bangunan (Studi Kasus: Gedung Pt. Almega Geosystems, Kelapa Gading-Jakarta)*. Semarang : Jurnal Geodesi Undip. Vol. 3, No. 4.

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).

Reshetyuk, Y., 2009. *Self-calibration, and Direct Georeferencing In Terrestrial Laser Scanning*. Saarbrucken, Germany: VDM Verlag Dr. Muller.

Soeta'at. (1994). *Fotogrametri Analitik*. Jurusan Teknik Geodesi. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

TOPCON. (2013). *Topcon GLS-2000 User Manual Book..*