

Studi Perbandingan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner* dalam Penentuan Volume Obyek Beraturan dan Tidak Beraturan

Reza Fajar Maulidin, Hapi Hapsari Handayani, Yusup Hendra Perkasa
 Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh
 Nopember (ITS)
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: hapsari@geodesy.its.ac.id, yusup.h.p@solusigeospasial.co.id

Abstrak—Bidang teknik sering membutuhkan penentuan volume, bahkan penentuan volume juga berpengaruh dalam bidang lain seperti bidang perekonomian serta digunakan dalam berbagai riset. Penentuan volume dalam geodesi dibantu alat ukur yang teknologinya terus berkembang. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil penentuan volume dari dua alat ukur dengan teknologi berbeda, *Total Station* (TS) dan *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) sebagai teknologi terbaru. Kemudian dilakukan uji ketelitian dari hasil tersebut serta beberapa analisa pada setiap proses sebelum nilai volume didapatkan. Dalam penelitian ini dilakukan penentuan volume dengan TS dan TLS pada obyek berbentuk beraturan (*kontainer*) sebagai obyek 1 dan tidak beraturan (*bukit kapur*) sebagai obyek 2. Pengukuran volume menggunakan dua metode pengukuran, yakni *tachymetri* untuk alat ukur TS dan *Terrestrial Laser Scanning* untuk alat ukur TLS. Analisa dilakukan dengan uji ketelitian koordinat *Independent Check Point* (ICP) dan hasil volume dari *Terrestrial Laser Scanner* dengan acuan hasil dari *Total Station* sebagai teknologi terdahulu. Berdasarkan uji statistik *t-student* kepercayaan 90% yang telah dilakukan pada ICP obyek 1 sumbu X semua koordinat diterima, sedangkan sumbu Y dan Z terdapat masing-masing 2 koordinat yang ditolak. Pada ICP obyek 2, pada sumbu X dan Z terdapat masing-masing koordinat yang ditolak, sedangkan untuk sumbu Y terdapat 2 koordinat yang ditolak. Terdapat 8 sampel yang ditolak dari 36 sampel atau 77.78% sampel uji diterima. Berdasarkan uji statistik *t-student* yang telah dilakukan pada volume, semua nilai volume diterima. Dari hasil analisa terlihat bahwa tidak ada perbedaan yang cukup berarti/signifikan antara kedua alat ukur dalam hal ketelitian koordinat ICP maupun volume.

Kata Kunci—*Independent Check Point, Terrestrial Laser Scanner, Total Station, Volume*

I. PENDAHULUAN

VOLUME suatu material merupakan hal yang penting dalam banyak pekerjaan teknik. Akurasi bentuk dan estimasi volume dari material tersebut penting dalam banyak aplikasi, misalnya, studi erosi, estimasi pengambilan bahan tambang dan penilaian lahan untuk konstruksi [2]. Dalam berbagai pekerjaan Teknik, khususnya yang berhubungan dengan pembangunan, penentuan volume suatu obyek sering dilakukan. Bahkan penentuan volume yang dilakukan dalam

bidang pembangunan juga berpengaruh dalam bidang lain seperti bidang perekonomian serta digunakan dalam berbagai riset dalam rangka pengembangan teknologi. Obyek yang ditentukan volumenya bisa memiliki bentuk beraturan (geometris) seperti gudang dan *kontainer*, maupun tidak beraturan (non geometris) seperti endapan di laut, tanah urugan (*existing*), dan material pertambangan.

Dalam bidang geodesi, penentuan volume dibantu dengan alat-alat ukur. Alat ukur di bidang geodesi berkembang dari awalnya dalam bentuk analog sampai ke bentuk digital. Penentuan volume dengan pengukuran metode *tachymetri* yang dibantu alat TS sering dilakukan dalam berbagai pekerjaan teknik. Pengukuran dilakukan dengan merekam data koordinat pada permukaan obyek yang dianggap merepresentasikan bentuk suatu obyek yang akan dihitung volumenya. Semakin tidak beraturan bentuk suatu obyek, semakin banyak pula data yang harus dikumpulkan. Munculnya TLS sebagai teknologi terbaru membuat pekerjaan perhitungan volume semakin mudah dan cepat. Dengan TLS, setiap detik bisa merekam hingga ribuan bahkan puluhan ribu titik. Perkembangan teknologi pada alat ukur digital tersebut tentunya juga diiringi dengan kelebihan maupun kekurangan masing-masing. Teknologi terkini tentunya tidak selalu unggul dalam semua aspek jika dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. Oleh karena itu diperlukan penelitian berupa perbandingan teknologi terkini dan teknologi sebelumnya dengan beberapa aspek pengujian.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil penentuan volume dari 2 alat ukur dengan teknologi berbeda, *Total Station* (TS) dan *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) sebagai teknologi terbaru. Kemudian dilakukan uji ketelitian dari hasil tersebut serta beberapa analisa pada setiap proses sebelum nilai volume didapatkan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Data dan Peralatan

a. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Data Koordinat Pengukuran *Tachymetri*

- Data Point Cloud Pengukuran Terrestrial Laser Scanning

b. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat Ukur
 - Total Station Sokkia CX 102
 - Terrestrial Laser Scanner Geomax Zoom300
2. Perangkat Keras (*hardware*)
 - Personal Computer Core i3 RAM 2 GB
 - Personal Computer Core i7 RAM 32 GB
3. Perangkat Lunak (*software*)
 - Sokkia Link
 - MicroSurvey CAD 2014
 - AutoCAD Land Desktop 2009
 - X-PAD MPS
 - Microsoft Office 2013

B. Metode Penelitian

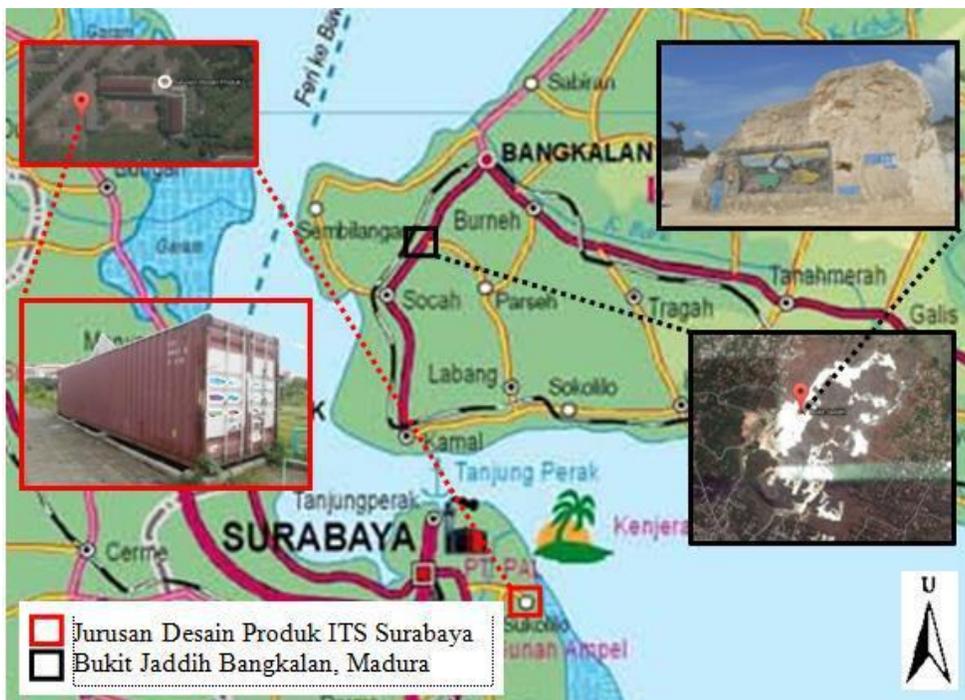
a. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini antara lain:

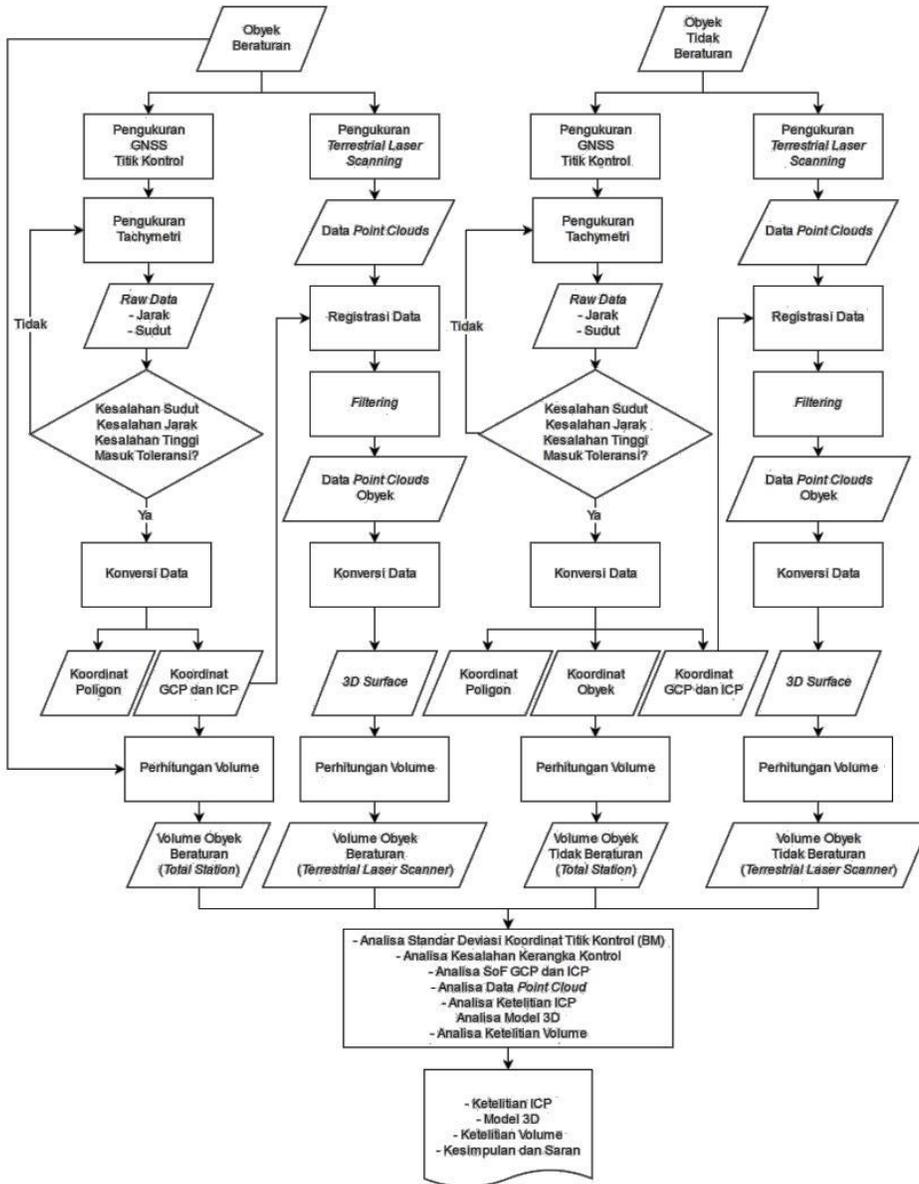
1. Jurusan Desain Produk ITS Surabaya (7o 16' 44" LS dan 112o 47' 47" BT) yang selanjutnya disebut lokasi 1. Obyek pada lokasi ini yakni kontainer sebagai obyek berbentuk beraturan yang selanjutnya disebut obyek 1.
2. Bukit Jaddih Bangkalan, Madura (7o 4' 59.2" LS dan 112o 45' 39.25" BT) yang selanjutnya disebut lokasi 2. Obyek pada lokasi ini yakni Bukit kapur sebagai obyek berbentuk tidak beraturan yang selanjutnya disebut obyek 2.

b. Metodologi Penelitian

Tahap-tahap penelitian terdiri dari pengumpulan data, pengolahan data serta hasil dan analisa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 Lokasi Penelitian



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Koordinat ICP

Koordinat ICP yang dihasilkan dari kedua alat ukur pada kedua obyek dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1
ICP dari TS

Nama	Northing (m)	Eastings (m)	Elevasi (m)
Obyek 1			
ICP1K	9195022,749	698280,495	36,105
ICP2K	9195022,672	698280,514	33,529
ICP3K	9195022,735	698278,094	33,492
ICP4K	9195022,675	698279,318	34,859
ICP5K	9195010,509	698280,248	33,456
ICP6K	9195010,545	698277,828	35,984
Obyek 2			
ICP1B	9216950,785	694317,719	56,533
ICP2B	9216953,606	694317,084	55,598
ICP3B	9216954,912	694317,982	55,251
ICP4B	9216953,078	694319,143	54,225

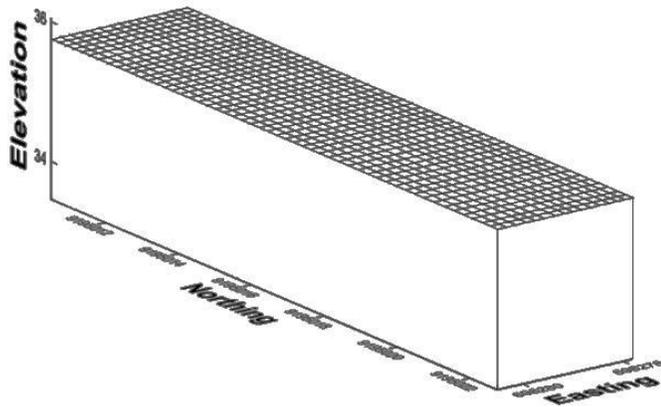
ICP5B	9216949,529	694320,475	54,482
ICP6B	9216947,931	694320,777	55,190

Tabel 2
ICP dari TLS

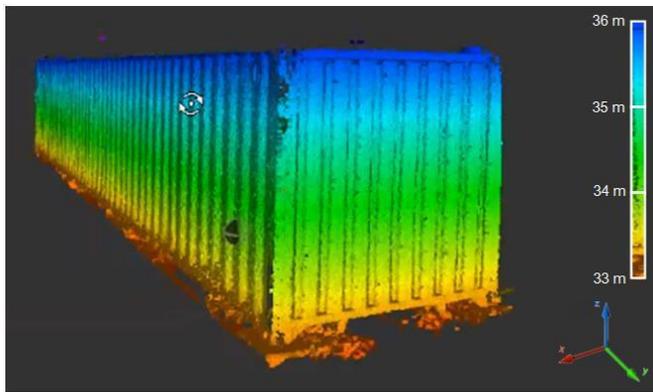
Nama	Northing (m)	Eastings (m)	Elevasi (m)
Obyek 1			
ICP1K	9195022,752	698280,497	36,115
ICP2K	9195022,639	698280,509	33,526
ICP3K	9195022,733	698278,086	33,461
ICP4K	9195022,679	698279,305	34,857
ICP5K	9195010,526	698280,248	33,422
ICP6K	9195010,592	698277,821	35,988
Obyek 2			
ICP1B	9216950,781	694317,752	56,539
ICP2B	9216953,631	694317,082	55,594
ICP3B	9216954,878	694317,980	55,257
ICP4B	9216953,071	694319,145	54,227
ICP5B	9216949,528	694320,475	54,481
ICP6B	9216947,935	694320,768	55,229

B. Model 3D

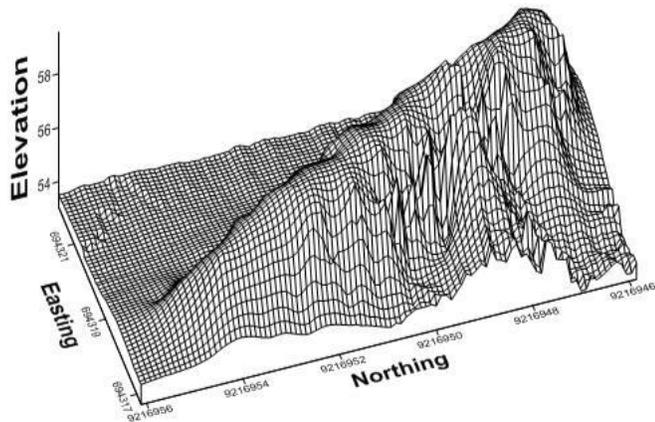
Berikut adalah model 3D dari masing-masing obyek:



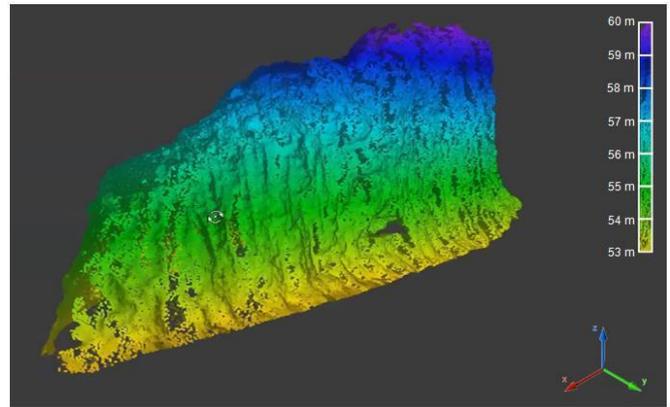
Gambar 3 Model 3D Obyek 1 dari Data Pengukuran



Gambar 4 Model 3D Obyek 1 dari Data Pengukuran Terrestrial Laser Scanning



Gambar 5 Model 3D Obyek 2 dari Data Pengukuran Tachymetri



Gambar 6 Model 3D Obyek 2 dari Data Pengukuran Terrestrial Laser Scanning

C. Volume

Nilai volume yang didapatkan dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3
Hasil perhitungan volume

Roll Meter	Total Station	Terrestrial Laser Scanner
75 m ³	Obyek 1 75,007 m ³	74,981 m ³
-	Obyek 2 89,117 m ³	89,142 m ³

D. Analisa Ketelitian ICP TLS

Uji ketelitian dilakukan untuk ICP dari pengukuran Terrestrial Laser Scanning terhadap ICP dari pengukuran dengan Total Station menggunakan uji statistik *t student* [1]. Kepercayaan diberikan untuk uji statistik ini sebesar 90%. Hasil dari uji statistik dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4
Hasil uji ketelitian ICP TLS obyek 1

Titik	Koordinat	Nilai (TLS)	Keterangan
ICP1K	Northing (m)	9195022,752	Diterima
ICP2K		9195022,639	Ditolak
ICP3K		9195022,733	Diterima
ICP4K		9195022,679	Diterima
ICP5K		9195010,526	Diterima
ICP6K		9195010,592	Ditolak
ICP1K	Easting (m)	698280,497	Diterima
ICP2K		698280,509	Diterima
ICP3K		698278,086	Diterima
ICP4K		698279,305	Diterima
ICP5K		698280,248	Diterima
ICP6K		698277,821	Diterima
ICP1K	Elevasi (m)	36,115	Diterima
ICP2K		33,526	Diterima
ICP3K		33,461	Ditolak
ICP4K		34,857	Diterima
ICP5K		33,422	Ditolak
ICP6K		35,988	Diterima

Tabel 5
Hasil uji ketelitian ICP TLS obyek 2

Titik	Koordinat	Nilai (TLS)	Keterangan
ICP1B	Northing (m)	9216950,781	Diterima
ICP2B		9216953,631	Ditolak
ICP3B		9216954,878	Ditolak

ICP4B	9216953,071	Diterima
ICP5B	9216949,528	Diterima
ICP6B	9216947,935	Diterima
ICP1B	694317,752	Ditolak
ICP2B	694317,082	Diterima
ICP3B	694317,980	Diterima
ICP4B	694319,145	Diterima
ICP5B	694320,475	Diterima
ICP6B	694320,768	Diterima
ICP1B	56,539	Diterima
ICP2B	55,594	Diterima
ICP3B	55,257	Diterima
ICP4B	54,227	Diterima
ICP5B	54,481	Diterima
ICP6B	55,229	Ditolak

Berdasarkan uji statistik *t-student* yang telah dilakukan pada ICP obyek 1 sumbu X semua koordinat diterima, sedangkan sumbu Y dan Z terdapat masing-masing 2 koordinat yang ditolak. Pada ICP obyek 2, pada sumbu X dan Z terdapat masing-masing 1 koordinat yang ditolak, sedangkan untuk sumbu Y terdapat 2 koordinat yang ditolak.

E. Analisa Model 3D

Tabel 6
Analisa Model 3D

	Total Station	Terrestrial Laser Scanning
Bentuk umum	Permukaan tiga dimensi	Kumpulan titik
Detail bentuk	Kurang detail	Sangat detail
Pilihan warna	<ul style="list-style-type: none"> Berdasarkan ketinggian Hitam putih (wireframe) 	<ul style="list-style-type: none"> Berdasarkan ketinggian Berdasarkan jarak Berdasarkan intensitas Warna asli obyek
Penghalusan bentuk	Otomatis	Melalui proses <i>meshing</i>
Bobot model	<ul style="list-style-type: none"> Obyek 1: 52 KB Obyek 2: 66 KB 	<ul style="list-style-type: none"> Obyek 1: 145 KB Obyek 2: 160 KB

F. Analisa Ketelitian Perhitungan Volume dengan TLS

Volume yang didapatkan dibandingkan dengan uji statistik *t-student* dengan kepercayaan 90%. Untuk obyek 1, nilai volume yang menjadi referensi adalah dari pengukuran panjang, lebar, dan tinggi dengan menggunakan *roll meter*. Sedangkan untuk obyek 2, yang menjadi referensi adalah pengukuran dengan menggunakan *Total Station*. Berikut ini adalah hasil uji statistik pada volume:

Tabel 7
Hasil uji statistik ketelitian hasil volume dengan TLS

Referensi	Vol. Referensi	Volume (TLS)	Keterangan
Obyek 1			
<i>Roll meter</i>	75 m ³	74,981 m ³	Diterima
Obyek 2			
TS	89,117 m ³	89,142 m ³	Diterima

Hasil uji statistik menunjukkan ketelitian dari nilai volume hasil dari pengukuran *Terrestrial Laser Scanning* diterima atau masuk toleransi pada kedua obyek.

IV. PENUTUP

A. Kesimpulan

- Berdasarkan perhitungan volume yang telah dilakukan pada obyek 1, dari pengukuran dimensi didapatkan nilai volume sebesar 75 m³, dari alat ukur TS didapatkan nilai volume sebesar 75.007 m³, dan dari alat ukur TLS didapatkan nilai volume sebesar 74.981 m³. Pada obyek 2 dari alat ukur TS didapatkan nilai volume sebesar 89.117m³, dan dari alat ukur TLS didapatkan nilai volume sebesar 89.142m³. Perbedaan nilai volume satu sama lain dari kedua alat ukur pada kedua obyek tidak signifikan.
- Berdasarkan uji statistik *t-student* yang telah dilakukan pada ketelitian ICP dari pengukuran TLS terdapat 8 sampel yang ditolak dari 36 sampel atau 77.78% sampel berada di dalam rentang uji statistik. Hal ini menunjukkan ketelitian volume diterima atau masuk toleransi uji statistik pada kedua obyek jika dibandingkan dengan TS sebagai teknologi terdahulu.
- Berdasarkan uji statistik *t-student* yang telah dilakukan pada ketelitian volume semua nilai volume hasil dari pengukuran TLS berada di dalam rentang uji statistik. Hal ini menunjukkan ketelitian volume diterima atau masuk toleransi uji statistik pada kedua obyek jika dibandingkan dengan TS sebagai teknologi terdahulu.

B. Saran

- Pengambilan data menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* sebaiknya menggunakan sudut horisontal yang sesuai untuk meringankan beban data dan supaya tidak banyak data yang dihapus dalam proses *filtering*.
- Terrestrial Laser Scanner* lebih tepat untuk pekerjaan dalam skala besar seperti bidang pertambangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Hepi Hapsari Handayani, S.T., M.Sc selaku pembimbing, serta PT. Sistem Solusi Geospasial yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini melalui pinjaman alat ukur *terrestrial laser scanner* beserta ilmu pengolahan datanya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. 2006. *Adjustment Computation: Spatial Data Analysis* (4th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons.
 [2] Yakara, M. and Yilmazb, H.M. 2008. *Using In Volume Computing Of Digital Close Range Photogrammetry*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B3b. Beijing.