

**APLIKASI TERRESTRIAL LASER SCANNER
UNTUK PEMODELAN TAMPAK MUKA BANGUNAN
(STUDI KASUS: GEDUNG PT. ALMEGA GEOSYSTEMS, KELAPA GADING-JAKARTA)
Pitto Yuniar Maharsayanto ¹⁾ Ir. Sutomo Kahar, M.Si. ²⁾ Bandi Sasmito, ST., MT. ³⁾**

- ¹⁾ Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang
²⁾ Dosen Pembimbing I Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang
³⁾ Dosen Pembimbing II Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRAK

Perkembangan dunia survei dan pemetaan sangatlah pesat. Di era sekarang ini, pemanfaatan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* dapat memberikan solusi untuk pendokumentasian suatu bangunan maupun pengukuran topografi. Teknologi ini dinilai sangat efisien jika dibandingkan dengan teknologi pengukuran lainnya. Hasil pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* berupa *point clouds* yang mempunyai koordinat 3 dimensi.

Dalam tugas akhir ini, metode pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* digunakan untuk pemodelan tampak muka bangunan gedung PT. Almega Geosystems, Kelapa Gading-Jakarta. Proses akuisisi data di lapangan dan pengolahan data menggunakan software Cyclone V.7.4 (*compatible with Leica Scan Station 2*).

Hasil akhir dalam penelitian ini adalah model tampak muka bangunan gedung PT. Almega Geosystems, Kelapa Gading-Jakarta. Pengujian hasil pengolahan model dilakukan dengan dua pengujian, yaitu perbandingan jarak antar sisi gedung hasil pengukuran *Electronic Total Station* dan laser disto meter. Nilai rata-rata kesalahan dari perbandingan jarak antar sisi menggunakan *Electronic Total Station* sebesar 0.00527 meter dan nilai rata-rata kesalahan dari perbandingan jarak antar sisi dengan laser disto meter sebesar 0.00708 meter.

Kata Kunci : *Terrestrial Laser Scanner, Point Cloud, Pemodelan Tampak Muka Bangunan, Cyclone V.7.4*

ABSTRACT

The development of surveying and mapping is very fast. In this era, the used of Terrestrial Laser Scanner technology can provide a solution for documenting a building and topography measurement. This technology is considered to be very efficient when compared to other measurement technologies. The measurement result of Terrestrial Laser Scanner form point clouds that have 3-dimensional coordinates.

In this final assignment, the measurement method of Terrestrial Laser Scanner is used for building façade model in PT. Almega Geosystems, Kelapa Gading-Jakarta. The process of acquisition data and the data processing in the field use the Cyclone software V.7.4 (compatible with Leica Scan Station 2).

The final result in this final assignment is a building facade model of PT. Almega Geosystems, Kelapa Gading-Jakarta. The review result of processing model is done in two test models, the ratio of the distance between the building measurement Electronic Total Station and Disto Laser meter. The average error value of the ratio of the distance which uses Electronic Total Station is 0.00527 meter, meanwhile when the measurement is done by using the Laser Disto meters, the result is 0.00708 meter.

Keywords: *Terrestrial Laser Scanner, Point Clouds, Cyclone V.7.4, Building Façade Model*

PENDAHULUAN

Suatu konstruksi bangunan memiliki nilai estetika sesuai desain, peranan, dan manfaatnya. Bangunan dengan desain minimalis, saat ini sedang diminati oleh berbagai konsumen dan kontraktor. Pada suatu bangunan, tampak muka (*facade*) memegang peranan yang penting karena penilaian utama terletak pada tampak muka suatu bangunan. Oleh karena itu, untuk menjaga keaslian tampak muka bangunan, perlu dilakukan pendokumentasian yang berfungsi untuk rekonstruksi dan konservasi. Rekonstruksi yaitu suatu kegiatan penyusunan kembali struktur bangunan yang rusak/runtuh, yang pada umumnya bahan-bahan bangunan yang asli sudah banyak yang hilang. Konservasi yaitu memelihara dan melindungi tempat-tempat yang indah dan berharga, agar tidak hancur atau berubah sampai batas-batas yang wajar. Dalam hal ini, konservasi dan rekonstruksi sangat membutuhkan tingkat ketelitian dan ketelitian yang tinggi. Pendokumentasian tersebut tidak hanya terbatas untuk mengetahui dimensi geometri bangunan, namun juga terkait dengan seberapa besar perubahan dimensi geometri bangunan yang terjadi dalam kurun waktu tertentu

Pemanfaatan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* memberikan ketelitian yang sangat tinggi untuk pendokumentasian tampak muka bangunan. Teknologi ini dinilai sangat efisien jika dibandingkan dengan teknologi pengukuran lainnya.

Metode pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* mempunyai konsep yang hampir sama dengan metode fotogrametri jarak dekat. Tentunya yang membedakan adalah proses *scanning* dalam *Terrestrial Laser Scanner*. Untuk daya jangkauan alat, *Terrestrial Laser Scanner* mempunyai jangkauan maksimal 6000 meter (tergantung alat) dan hasil pengukuran berupa *point cloud* dalam bentuk 3 dimensi. Untuk pengolahan data, menggunakan software Cyclone V.7.4 (*compatible with Leica Scan Station 2*).

Oleh sebab itu, teknologi *Terrestrial Laser Scanner* saat ini telah berkembang di bidang pemetaan dengan kelebihan yang ditawarkan oleh alat tersebut adalah kecepatan pengambilan data yang tinggi, tingkat akurasi yang baik, ekonomis, dan kenampakan data hasil pengukuran yang mendekati dengan objek aslinya (Pflipsen, 2006).

Perumusan Masalah

Permasalahan yang muncul dari latar belakang penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Apakah metode pengukuran tampak muka bangunan dengan *Terrestrial Laser Scanner* dapat menjadi solusi dalam pendokumentasian yang selanjutnya digunakan sebagai acuan rekonstruksi dan konservasi?
2. Seberapa besar ketelitian metode *Terrestrial Laser Scanner* jika dibandingkan dengan metode *Electronic Total Station (ETS)* dan pengukuran dengan laser disto meter?

Ruang Lingkup Permasalahan

Ruang lingkup permasalahan dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Pengukuran tampak muka bangunan PT. Almega Geosystems yang berlokasi di Kelapa Gading-Jakarta Utara.
2. Proses pengukuran menggunakan *Terrestrial Laser Scanner Leica Scan Station 2*.
3. Proses pengolahan data menggunakan software Cyclone V.7.4 (*compatible with Leica Scan Station 2*).
4. Perbandingan ketelitian data ukuran menggunakan data hasil pengukuran *Electronic Total Station (ETS)* dan pengukuran dengan laser disto meter.

Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* untuk pemodelan tampak muka bangunan gedung PT. Almega Geosystems dan diolah dengan software Cyclone V.7.4 (*compatible with Leica Scan Station 2*).
2. Analisa ketelitian pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* dengan hasil pengukuran *Electronic Total Station (ETS)* dan laser disto meter.

Manfaat Penelitian

Dari penelitian tugas akhir ini diharapkan pengukuran menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* dapat dijadikan solusi dalam pekerjaan monitoring konservasi bangunan yang bersifat detail dan mempunyai tingkat keakurasian tinggi.

Metodologi Penelitian

Secara garis besar metode penelitian meliputi beberapa hal berikut ini :

1. Persiapan
Tahap awal penelitian ini meliputi kegiatan studi literatur, dimana segala sumber referensi yang berhubungan dengan tema penelitian akan dikumpulkan demi mempermudah penyelesaian tugas akhir ini.

- Tahap lain yang perlu dilakukan adalah menghubungi instansi terkait, dalam hal ini PT. Almega Geosystems, selaku tempat untuk penelitian.
2. Pengumpulan Data
Tahap penumpulan data merupakan proses lanjutan dari tahap persiapan. Dalam tahap ini, segala data yang telah direncanakan dikumpulkan untuk nantinya akan diolah. Data yang dimaksud adalah data objek, titik kontrol dan titik sekutu yang diteliti. Titik kontrol di lapangan meliputi pengukuran dengan menggunakan *Electronic Total Station* dan laser disto meter.
 3. Pengolahan Data
Pengolahan data hasil pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* dengan menggunakan software Cyclone V.7.4 (*compatible with Leica Scan Station 2*).
 4. Analisa dan Kesimpulan
Pada hasil akhir ini dilakukan analisa tentang ketelitian penggunaan metode *Terrestrial Laser Scanner*. Perbandingan ketelitian menggunakan hasil ukuran *Electronic Total Station (ETS)* dan laser disto meter.

DASAR TEORI

Bangunan

Bangunan biasanya dikonotasikan dengan rumah, gedung, ataupun segala sarana prasarana atau infrastruktur dalam kebudayaan atau kehidupan manusia dalam membangun peradabannya seperti halnya jembatan dan konstruksinya serta rancangannya, jalan, sarana telekomunikasi. Umumnya sebuah peradaban suatu bangsa dapat dilihat dari teknik teknik bangunan maupun sarana dan prasarana yang dibuat ataupun ditinggalkan oleh manusia dalam perjalanan sejarahnya.

Tampak muka bangunan mempunyai peranan yang penting dalam penilaian suatu bangunan. Maka dari itu, pembuatan tampak muka bangunan dan pendokumentasiannya mempunyai peranan yang penting untuk menjaga bentuk asli sebuah bangunan.

Terrestrial Laser Scanner

Lichti, dkk (2005) mengemukakan bahwa *Terrestrial Laser Scanner (TLS)* merupakan suatu peralatan penangkapan gambar (*image*) aktif yang secara cepat dapat memperoleh kumpulan dari titik–titik tiga dimensi dari suatu objek maupun permukaan.

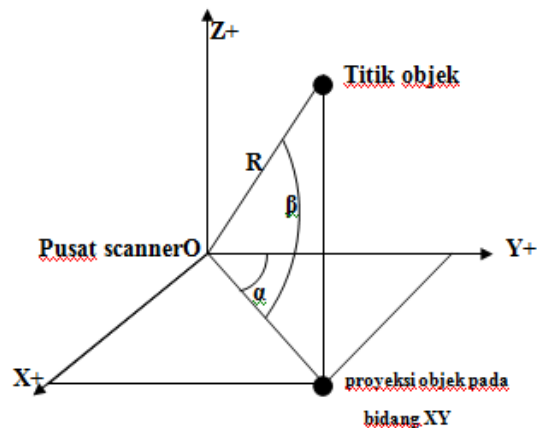
Boehler, dkk (2002) menjelaskan bahwa terdapat dua jenis *scanner* berdasarkan prinsip pengoperasiannya, yaitu:

1. *Triangulation Scanners*.
Terdiri dari *single camera solution* dan *double camera solution*.
2. *Ranging Scanners*
 - a. *Time of flight of a laser pulse*. Laser dipancarkan ke objek selanjutnya jarak dihitung dari waktu perjalanan antara sinyal transmisi dan penerimaannya. Prinsip ini mempunyai akurasi rendah karena merupakan tipe *scanner* jarak jauh dengan cakupan 1,5 – 6.000 meter. *Scanner* jenis ini cepat dalam melakukan akuisisi data dan titik yang didapat hingga mencapai 11.000 – 122.000 titik setiap detiknya.
 - b. *Phase comparison method*. Metode ini juga sering dikenal melalui alat *tacheometric*. Laser yang dipancarkan dimodulasikan dengan gelombang harmonik dengan jarak yang dihitung dengan menggunakan perbedaan beda fase antara gelombang pancar dan gelombang yang diterima. Akurasi yang dihasilkan rendah karena merupakan tipe *scanner* jarak menengah. Akan tetapi, *scanner* jenis ini dapat mengukur hingga 1.000.000 titik setiap detiknya.

Konsep Pengukuran Terrestrial Laser Scanner

Scanner mengukur suatu objek sebagai *point cloud*. Dengan tiap *point cloud* merupakan jarak dari alat dan sudut horisontal/vertikal (Mendy, dkk 2011).

Data yang direkam adalah data sudut horisontal (α), sudut vertikal (β), dan jarak antara pusat koordinat *scanner* dengan objek yang direkam (R). Seperti dapat dilihat pada Gambar 1. bidang X dan Y dijadikan sebagai *reference plane* dalam koordinat scan. Laser bergerak dari atas ke bawah dan ke samping kanan scanner sesuai dengan arah perputaran jarum jam.



Gambar 1. Prinsip Perekaman Data dengan Scanner (Handoko,2006)

Registrasi Data

Registrasi merupakan proses penggabungan data hasil perekaman yang didapat dari beberapa *scanworld* (titik berdiri alat) sehingga terletak dalam satu sistem koordinat (Jacob, 2005 dalam Parana, 2012). Metode registrasi yang digunakan dalam pengolahan TLS dalam penelitian ini adalah *Multi Station Adjustment*. Prinsip dasar dari metode ini adalah penggabungan data dari dua atau lebih posisi (*scanworld*) terhadap titik-titik data yang secara otomatis akan menemukan titik-titik data yang sama berdasarkan titik terdekat menggunakan proses *adjustment*. Algoritma dalam metode ini adalah *Iterative Closest Point (ICP)*.

Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan registrasi data yaitu:

1. Metode *target to target*

Pada metode *target to target* titik ikat yang digunakan untuk registrasi adalah titik target yang dipasang di sekitar objek dan diidentifikasi pada saat perekaman data. Target berbentuk beraneka ragam ada yang berbentuk target bola yang mana bahannya terbuat dari bahan khusus kemudian target lainnya berupa target planar hitam putih atau planar yang berwarna biru putih. Target diletakkan secara merata dari berbagai posisi atau diletakkan pada cakupan *scanner* yang bisa terlihat dari berbagai arah tempat berdiri *scanner*. Kemudian dilakukan identifikasi untuk titik target tersebut. Untuk persebaran target yang merata dan banyak akan memberikan kualitas registrasi yang lebih baik dari pada metode *cloud to cloud*. Sehingga untuk metode *target base* ini, maka minimal titik target pada obyek yang saling terlihat antara *scanword* yang berdekatan harus minimal 3 titik target. Hal ini dikarenakan pada sistem transformasi koordinat 3D terdapat 7 parameter.

2. Metode *cloud to cloud*

Titik ikat yang digunakan untuk registrasi didapat dari titik – titik objek hasil perekaman sehingga pada saat perekaman target tidak perlu pemasangan target. Syarat agar *scanworld* dapat diregistrasi, maka antar *scanworld* harus memiliki pertampalan minimum sebesar 20 % dari daerah yang direkam. Kelebihan metode *cloud to cloud* adalah apabila hasil registrasi memiliki ketelitian yang kurang maka data diulang lagi dengan menggunakan titik ikat yang lain tanpa harus melakukan pengukuran kembali. Selain itu dengan registrasi metode *cloud to cloud* maka lebih efisien dalam hal waktu dan biaya, karena pada saat melakukan pengukuran tidak memerlukan identifikasi target sehingga waktu yang dibutuhkan lebih singkat. Kekurangan untuk metode ini kualitas registrasinya paling rendah dibanding dengan metode lainnya. Dalam registrasi metode *cloud to cloud*, registrasi dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu registrasi secara bertahap dan registrasi secara keseluruhan. Dalam registrasi secara bertahap, registrasi *scanworld* dilakukan dalam beberapa tahap registrasi. Dalam registrasi secara keseluruhan, semua *scanworld* diregistrasi dalam satu kali tahapan registrasi.

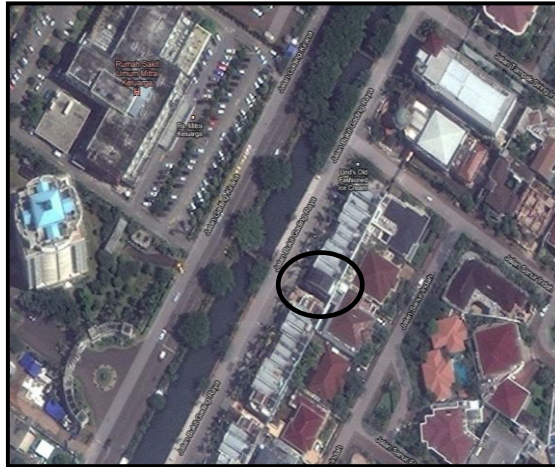
3. Metode kombinasi antara metode *Clouds to Clouds* dengan *Target to Target*

Yaitu suatu metode dengan proses registrasi yang dilakukan secara kombinasi yaitu antara *cloud to cloud* dengan *target to target*. Sehingga untuk kualitas hasil registrasi dan ukurannya untuk metode ini memiliki kualitas yang lebih baik dibanding dengan *cloud to cloud* maupun *target to target*.

PELAKSANAAN PENELITIAN

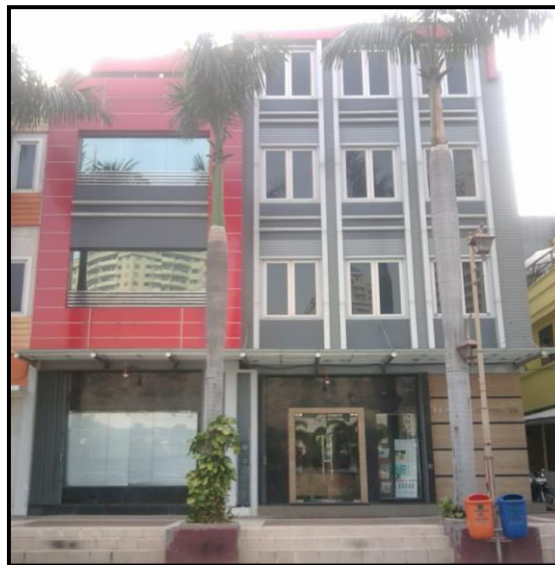
Lokasi Penelitian

Data dalam penelitian ini adalah Gedung Kantor PT. Almega Geosystems yang berlokasi di Jl. Gading Batavia Blok LC. 9 No. 23-25 Kelapa Gading, Jakarta Utara. Gedung Kantor PT. Almega Geosystems terletak pada posisi Latitude $6^{\circ} 9' 9.2753''$ dan Longitude $106^{\circ} 53' 52.5599''$.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

Untuk kajian utama penelitian adalah tampak muka Gedung Kantor PT. Almega Geosystems dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Tampak Muka Gedung Kantor PT. Almega Geosystems

Data Penelitian

Data yang dibutuhkan merupakan data digital dan data pengukuran di lapangan. Berikut data yang dibutuhkan secara terperinci:

Tabel 1. Data Penelitian

No.	DATA	SUMBER DATA	JENIS DATA
1	Pengukuran <i>Terrestrial Laser Scanner</i>	Survey lapangan	Digital
2	Pengukuran <i>electronic total station</i>	Survey lapangan	Teks dan Digital
3	Pengukuran laser disto meter	Survey lapangan	Teks

Pengambilan Data Lapangan

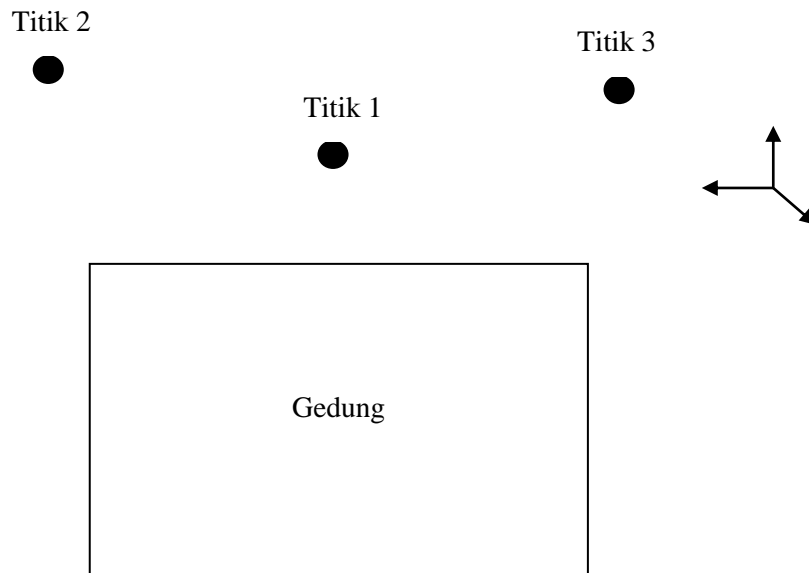
Proses pengambilan data lapangan dilakukan di Gedung Kantor PT. Almega Geosystems daerah Kelapa Gading, Jakarta Utara. Data yang diambil adalah pengukuran dengan *Terrestrial Laser Scanner*, pengukuran dengan *electronic total station*, detail dan pengukuran sisi bangunan dengan laser disto meter.

Pengukuran Dengan Terrestrial Laser Scanner

Pengukuran dengan *Terrestrial Laser Scanner* terdiri dari 2 tahap yaitu tahapan *capture* (pemotretan objek) dan tahapan *scanning* objek berupa *point cloud*. Pengukuran tampak muka Gedung Kantor PT. Almega Geosystems menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* dilakukan di tiga titik berdiri alat, supaya mendapatkan hasil *scanning* yang semaksimal mungkin dan untuk proses registrasi data yang mempunyai syarat minimal dua kali berdiri alat.

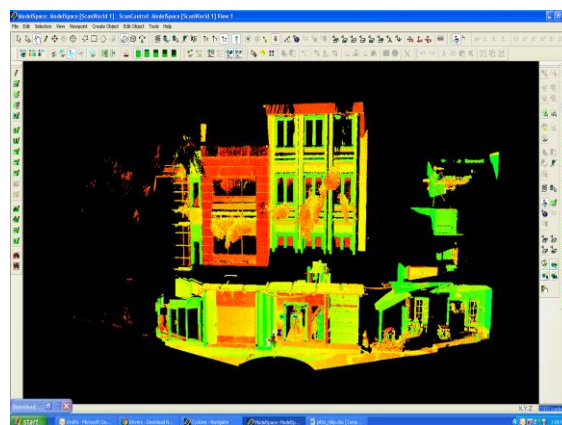
Sebelum dilakukan pengukuran, persiapkan peralatan yang terdiri dari satu set *Terrestrial Laser Scanner*, Laptop untuk pemrosesan data, planar target yang ditempelkan pada objek, serta kabel listrik untuk mengaktifkan alat *Terrestrial Laser Scanner*. Setelah itu, pastikan semua kabel usb terkoneksi antara *Terrestrial Laser Scanner* dengan Laptop.

Lokasi titik berdiri alat *Terrestrial Laser Scanner* berada pada 3 titik, dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

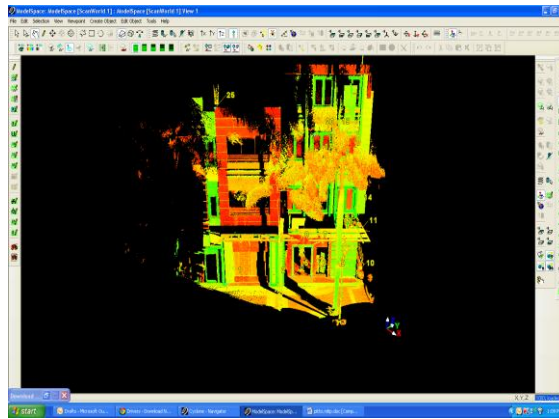


Gambar 4. Posisi Berdiri Alat

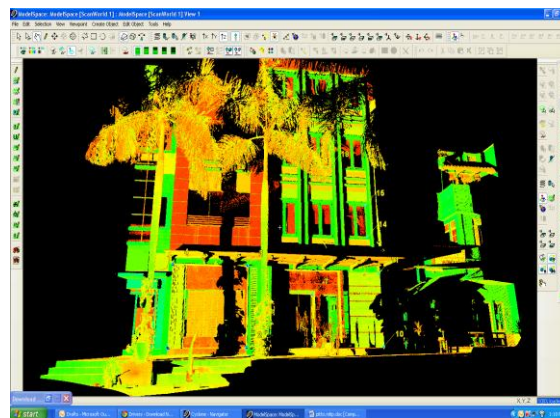
Untuk hasil *scanning* objek dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Hasil *scanning* objek titik 1



Gambar 6. Hasil *scanning* objek titik 2



Gambar 7. Hasil *scanning* objek titik 3

Pengukuran Dengan Total Station

Total Station merupakan teknologi alat yang menggabungkan secara elektronik antara teknologi theodolit dengan teknologi EDM (*electronic distance measurement*). EDM merupakan alat ukur jarak elektronik yang menggunakan gelombang elektromagnetik sinar infra merah sebagai gelombang pembawa sinyal pengukuran dan dibantu dengan sebuah *reflektor* berupa prisma sebagai target (alat pemantul sinar infra merah agar kembali ke EDM).

Pengukuran dengan *electronic total station* dilakukan untuk perbandingan jarak antar sisi dengan *Terrestrial Laser Scanner*. Pada penelitian ini, metode pengukuran *electronic total station* dengan menggunakan metode poligon tertutup dengan menggunakan koordinat lokal.

Pengukuran Dengan Laser Disto Meter

Laser disto meter merupakan alat pengukuran jarak dengan menggunakan sinar laser. Laser disto meter merupakan alat terkini yang mempunyai prinsip pengukuran seperti roll meter. Pengukuran menggunakan disto dinilai lebih akurat dan efisien. Dialat ini terdapat fitur-fitur seperti bluetooth, software pengolahan laser disto meter, dan bisa untuk mengukur kemiringan suatu objek. Untuk rentang pengukuran antara 0.05 m - 200 m dengan akurasi ± 1 mm. Metode pengukuran dalam penelitian ini adalah dengan menembakkan target panjang sisi seperti roll meter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Hasil Registrasi

Proses registrasi merupakan proses yang sangat penting dalam pengolahan data pengukuran *Terrestrial Laser Scanner*. Proses ini merupakan penggabungan dari beberapa *scanworld* menjadi satu sistem koordinat. Dalam registrasi, nilai RMS ICP sangat penting, karena mempengaruhi akurasi dan presisi suatu model. Pada penelitian ini menggunakan metode registrasi *target to target*.

Dari hasil proses registrasi target point dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

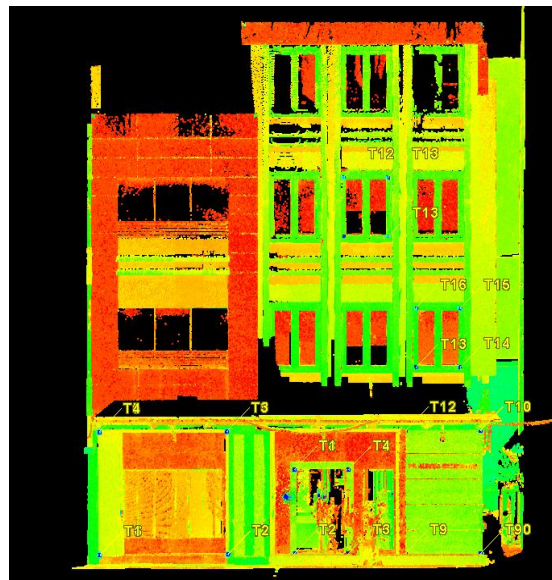
Constraint ID	ScanWorld	ScanWorld	Type	Status	Weight	Error	Error Vector	Group
T6-T3	Station 2 Sca...	Station 1 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	Ungrouped
T11-T10	Station 2 Sca...	Station 1 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.001, 0.000) m	Ungrouped
T10-T9	Station 2 Sca...	Station 1 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.001) m	Ungrouped
T15-T11	Station 2 Sca...	Station 1 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.004 m	(0.000, -0.003, 0.004) m	Ungrouped
T7-T4	Station 2 Sca...	Station 1 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, -0.001) m	Ungrouped
T8-T1	Station 2 Sca...	Station 1 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, 0.002, 0.001) m	Ungrouped
T10-T9	Station 4 Sca...	Station 1 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, -0.001, -0.001) m	Ungrouped
T10	Station 4 Sca...	Station 2 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(-0.001, -0.002, 0.000) m	Ungrouped
T6	Station 4 Sca...	Station 2 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.004 m	(0.001, 0.004, 0.002) m	Ungrouped
T7	Station 4 Sca...	Station 2 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.001) m	Ungrouped
T11-T10	Station 4 Sca...	Station 1 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.001, 0.000) m	Ungrouped
T11	Station 4 Sca...	Station 2 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, -0.001, 0.000) m	Ungrouped
T3-T8	Station 4 Sca...	Station 1 Sca...	Coincident: Vertex - Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.000, -0.001, -0.002) m	Ungrouped

Gambar 8. Hasil Registrasi

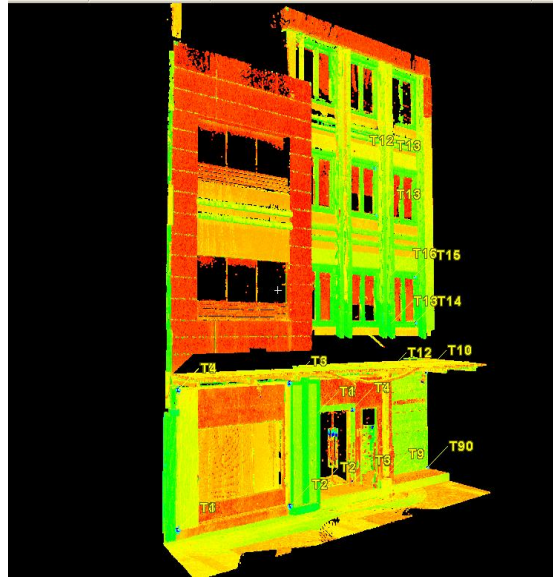
Untuk proses registrasi, syarat titik target minimal adalah 3 titik. Namun pada penelitian ini, jumlah titik untuk registrasi adalah 13 titik. Pemilihan 13 titik karena mencari titik yang dapat terjangkau oleh keseluruhan *station* berdiri alat. Jumlah total RMS adalah 0,022 m dengan nilai rata-rata 0,002 m. Dengan jangkauan jarak pengukuran alat 300 m dan ketelitian pengukuran standar deviasi target adalah 0,002 m, maka nilai rata-rata registrasi memenuhi standar deviasi.

Evaluasi Model Tampak Muka Bangunan

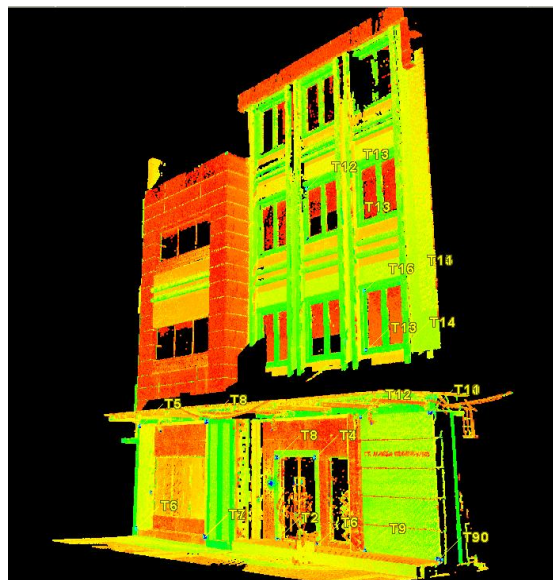
Pada tahap ini, hasil model tampak muka bangunan dibandingkan dengan foto asli bangunan. Dari kenampakan ini, kita analisis model kenampakannya.



Gambar 9. Model Tampak Muka Gedung



Gambar 10. Model Tampak Muka Gedung (dilihat dari utara gedung)



Gambar 11. Model Tampak Muka Gedung (dilihat dari selatan gedung)

Dari kenampakan model hasil pengukuran menggunakan *Terrestrial Laser Scanner*, hasil model mempunyai bentuk yang sama persis dengan aslinya, namun ada beberapa bagian kenampakan objek yang tidak terlihat seperti bagian diatas kanopi lantai satu, bagian lantai 3 dan 4 ada *point clouds* yang terkena obstruksi.

Obstruksi yang merupakan *noise* pada hasil pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya pohon yang menutupi objek, adanya penghalang seperti kendaraan bermotor, manusia yang menjalankan aktivitasnya di dekat objek, dll.

Penempatan titik berdiri alat sangat mempengaruhi bentuk model. Untuk pengukuran pada penelitian ini menggunakan 3 titik berdiri alat yang dapat mencakup kenampakan objek. Pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* alangkah baiknya dilakukan saat pagi sampe sore karena sinar matahari mempengaruhi pencahayaan ke objek.

Evaluasi Perbandingan Panjang Sisi

Analisis perbandingan jarak dilakukan terhadap sisi-sisi bangunan gedung kantor PT. Almega Geosystems. Pengukuran tersebut menggunakan laser disto meter dan *electronic total station*.

Perbandingan pengukuran panjang sisi antara *Terrestrial Laser Scanner* dengan *electronic total station*, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Perbandingan Panjang Sisi *Terrestrial Laser Scanner* dengan *electronic total station*

Sisi	Panjang (meter)		Δ (meter)
	TLS	TS-02	
A	3.745	3.726	0.019
B	3.423	3.421	0.002
C	3.736	3.736	0.000
D	3.416	3.417	0.001
E	1.575	1.580	0.005
F	2.337	2.339	0.002
G	1.575	1.579	0.004
H	2.336	2.340	0.004
I	2.199	2.202	0.003
J	3.417	3.392	0.025
K	2.187	2.206	0.019
L	3.385	3.391	0.006
M	1.287	1.284	0.003
N	1.643	1.64	0.003
O	1.288	1.284	0.004
P	1.647	1.648	0.001
Q	1.289	1.28	0.009
R	1.653	1.651	0.002
S	1.286	1.278	0.008
T	1.655	1.65	0.005
U	1.275	1.279	0.004
V	1.64	1.643	0.003
W	1.277	1.278	0.001
X	1.641	1.642	0.001
Y	4.750	4.752	0.002
Z	6.982	6.983	0.001
Min			0.000
Max			0.025
Mean			0.00527
RMS			0.00808

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai selisih maksimum dengan *electronic total station* sebesar 0,025 meter (sisi J) dan minimum 0,000 meter (sisi C), total nilai selisih panjang sisi sebesar 0,136 m. Sedangkan untuk nilai rata-rata selisih tiap sisi untuk pengukuran dengan *electronic total station* sebesar 0.00527 meter. Nilai *RMS* untuk perbandingan dengan *electronic total station* sebesar 0,00808 meter.

Perbandingan pengukuran panjang sisi antara *Terrestrial Laser Scanner* dengan laser disto meter, dapat dilihat pada Tabel.3.

Tabel 3. Perbandingan Panjang Sisi *Terrestrial Laser Scanner* dengan laser disto meter

Sisi	Panjang (meter)		Δ (meter)
	TLS	Disto	
A	3.745	3.731	0.014
B	3.423	3.417	0.006
C	3.736	3.731	0.005
D	3.416	3.417	0.001
E	1.575	1.582	0.007
F	2.337	2.341	0.004
G	1.575	1.582	0.007
H	2.336	2.341	0.005
I	2.199	2.205	0.006
J	3.417	3.389	0.028
K	2.187	2.205	0.018
L	3.385	3.389	0.004
M	1.287	1.281	0.006
N	1.643	1.645	0.002
P	1.288	1.281	0.007
P	1.647	1.645	0.002
Q	1.289	1.281	0.008
R	1.653	1.645	0.008
S	1.286	1.28	0.006
T	1.655	1.645	0.010
U	1.275	1.281	0.006
V	1.64	1.645	0.005
W	1.277	1.281	0.004
X	1.641	1.645	0.004
Y	4.750	4.76	0.010
Z	6.982	6.983	0.001
Min			0.001
Max			0.028
Mean			0.00708
RMS			0.009

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa nilai selisih maksimum dengan laser disto meter sebesar 0,028 meter (sisi J) dan minimum 0,001 meter (sisi D dan Z), total nilai selisih panjang sisi sebesar 0,184 m. Sedangkan untuk nilai rata-rata selisih tiap sisi untuk pengukuran dengan laser disto meter sebesar 0.00708 meter. Nilai RMS untuk perbandingan dengan laser disto meter sebesar 0,009 meter.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang pemodelan tampak muka bangunan dengan menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. *Terrestrial Laser Scanner* dapat digunakan untuk pemodelan tampak muka bangunan. Pengukuran dengan metode ini sangat efisien karena data yang berupa *point clouds* dapat membentuk suatu objek secara 3 dimensi dengan cakupan pengukuran sampai 300 meter (*Leica Scan Station 2*). Penentuan titik berdiri alat (*station*) *Terrestrial Laser Scanner* sangat mempengaruhi kenampakan suatu objek. Apabila banyak

halangan terhadap objek, maka hasil pengukuran akan mempunyai banyak *noise*, untuk itu perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut. Dengan demikian, pengukuran tampak muka bangunan menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* merupakan solusi dalam pendokumentasian yang digunakan sebagai acuan rekonstruksi dan konservasi.

2. Nilai akurasi pemrosesan model tampak muka bangunan mempunyai akurasi tinggi karena hasil registrasi mempunyai nilai rata-rata 0,002 m. Berdasarkan hasil analisis perbandingan panjang sisi antara dua nilai, yaitu antara *Terrestrial Laser Scanner* dengan *electronic total station* nilai rata-rata selisih tiap sisi untuk pengukuran sebesar 0.00527 meter. Nilai *RMS* untuk perbandingan dengan *electronic total station* sebesar 0,00808 meter. Sedangkan untuk perbandingan dengan laser disto meter, nilai rata-rata selisih tiap sisi sebesar 0.00708 meter. Nilai *RMS* untuk perbandingan dengan laser disto meter sebesar 0,009 meter.

Saran

Beberapa saran yang ingin penulis sampaikan untuk pengembangan pengukuran dan pengolahan data menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* antara lain :

1. Pengukuran objek menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* sebaiknya dilakukan pada pagi sampai sore hari, karena akan mempengaruhi tingkat kecerahan hasil pemotretan objek yang berdampak pada hasil *scanning* objek.
2. Hindari posisi pengukuran obyek yang menentang matahari karena dapat menimbulkan efek *flare* (cahaya masuk dan menyebar di dalam lensa melalui mekanisme yang tidak diharapkan).
3. Posisi berdiri alat sangat menentukan kualitas *scanning* objek. Untuk itu usahakan hindari halangan yang mengganggu objek (hindari adanya *noise*).
4. Proses *Registrasi* data pada setiap *scanworld* dilakukan lebih dari empat titik agar memiliki hasil akurasi yang tinggi.
5. Pengolahan data lebih lanjut, perlu dilakukan untuk mendapatkan kenampakan objek yang diinginkan.
6. Pengukuran dengan menggunakan *Electronic Total Station* dan laser disto meter sebaiknya menggunakan target untuk mengurangi kesalahan pada penempatan titik di obyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhafiz, A. 2009. *Integrating Digital Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanner*. Dissertation, Munchen: Deutshe Geodatische kommission Bei Der Bayerischen Akademie Der Wissenchaften.
- Andaru, R. 2010. *Kombinasi Data Laser Scanning dan Fotogrametri Digital Untuk Pemodelan Candi Borobudur*. Thesis, Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Anonim. 2004. "The Big Dig" mines having from highdefinition surveying, Leica Geosystems. Massachusetts .
- Besl, P. J., and N. D. McKay. *A method for registration of 3D shapes*. *IEEE PAMI* 14, no. 2 (1992).
- Brzezinska. 2008. *Novel geolocation technology for geophysical sensors for detection and discrimination of unexploded ordnance*.
- C. Altuntas and F. Yildiz. 2008. *Registration of Terrestrial Laser Scanner Point Clouds by One Image*. Selcuk University.
- Dewitt, Bon. 1996. *Initial Approximations for the Three-Dimensional Conformal Coordinate Transformations*. USA: Surveying and Mapping, College of Engineering, University of Florida
- Dodd, Michael. 2003. *Combining Terrestrial Laser Scanning And Photogrammetry*. Australia: school of surveying and spatial information system, University of New South Wales, Sydney.
- Evon P. Silvia. 2011. *Terrestrial Laser Scanning Reference Frame Transformations*. Oregon State University
- Firman, A.B. 2010. *Aplikasi Fotogrametri Jarak Dekat Untuk Pemodelan Craniofacial dengan Kamera Digital Non Metrik*. Skripsi, Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.

<http://www.hds.leica-geosystems.com>

- Ismail Elkhachy. 2008. *Towards an automatic registration for terrestrial laser scanner data*. German.
- Jacobs, Geoff. 2005. *High Definition Surveying : 3D Laser Scanning Use in Building and Architectural*. Professional Surveyor Magazine.
- Kholiq, Darul Ikhsan. 2006. *Aplikasi HDS (High Definition Surveying) Laser Scanner Untuk Pemetaan Benda Cagar Budaya (Dengan Registrasi Metode Cloud To Cloud)*. Skripsi, Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Kusuma, W.S. 2010. *Perbandingan Metode Registrasi Target to Target, Clouds to Clouds, dan Kombinasi Untuk Data Hasil Pengukuran Menggunakan Terrestrial Laser Scanner*. Skripsi, Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- North, Frank. 2002. *Laser Scanning Makes Quick Job Of Rail Survey*. Brisbane: North Survey Pty Ltd.
- Prastyo, Ahmad Didik. 2012. *Aplikasi Fotogrametri Jarak Dekat untuk Pemodelan 3D Candi Gedong Songo*. Tugas Akhir, Semarang: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Setiawan, N. 2011. *Evaluasi Jarak Datar Hasil Pengukuran Terrestrial Laser Scanner Riegl LMS Z420i Terhadap Total Station Leica-TPI200+*. Skripsi, Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Usman, A.A. 2011. *Peningkatan Aspek Radiometrik Pada Data Point Cloud Menggunakan Algoritma Point Cloud Painter*. Skripsi, Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Wicaksono, Handoko Putro. 2006. *Pemetaan Candi Pawon Dengan 3D Laser Scanner HDS 3000 (Target to Target Registration)*. Skripsi, Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Wolf, R Paul and Charle D Ghillani. 2006. *Elementary Surveying an Introducing to Geomatics, Eleventh Edition*. Pearson Prentice Hall.