

**PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME BANGUNAN
MENGUNAKAN *TOTAL STATION* DAN *TERRESTRIAL LASER
SCANNER (LOW COST)***

(Studi Kasus : BAZNAS Provinsi Lampung)

(Tugas Akhir)

Oleh

FERI IRAWAN SUBING

2005061009



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

ABSTRAK

PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME BANGUNAN MENGUNAKAN *TOTAL STATION* DAN *TERRESTRIAL LASER SCANNER (LOW COST)*

(Studi Kasus : BAZNAS Provinsi Lampung)

Oleh

FERI IRAWAN SUBING

Volume material sangat penting dalam aplikasi teknik, terutama untuk pengukuran volume bangunan dalam konstruksi dan rekonstruksi pasca-bencana. Alat ukur seperti *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)* digunakan untuk tujuan ini. Meskipun *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)* menawarkan kemajuan teknologi, penggunaannya masih terbatas. Tugas Akhir ini bertujuan menganalisis efektivitas *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)* dalam mengukur volume bangunan dibandingkan dengan *Total Station*, dengan studi kasus di kantor Baznas Provinsi Lampung. Data yang diperlukan untuk mengetahui volume dan bentuk bangunan adalah koordinat dan *point clouds* bangunan.

Metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah pengukuran langsung dengan *Total Station* dan pemindaian dengan *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)*. *Detailing* dilakukan dengan pengamatan non-prisma, sementara *scanning* menghasilkan data *point cloud* melalui pemindaian di sekitar bangunan.

Hasil Tugas Akhir ini menunjukkan bahwa *Total Station* menghasilkan volume 1133,893 m³, sementara *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)* menghasilkan volume 1233,734 m³, dengan selisih 99,841 m³. Perbedaan signifikan disebabkan oleh keterbatasan *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)*, seperti noise yang mempengaruhi akurasi *point cloud*. Meskipun demikian, scanner ini tetap memberikan hasil yang cukup baik dengan waktu pengukuran lebih cepat, meski kurang cocok untuk aplikasi yang membutuhkan ketelitian tinggi. Sebaliknya, *Total Station* lebih akurat namun memakan waktu lebih lama. Pemilihan alat tergantung pada kebutuhan akurasi dan efisiensi waktu.

Kata kunci: Volume Bangunan, *Total Station*, *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)*, *Point Cloud*, Koordinat

ABSTRACT

COMPARISON OF BUILDING VOLUME CALCULATION USING TOTAL STATION AND TERRESTRIAL LASER SCANNER (LOW COST)

(Case Study: BAZNAS Lampung Province)

By

FERI IRAWAN SUBING

Material volume is crucial in engineering applications, especially for measuring building volumes in construction and post-disaster reconstruction. Measuring tools such as Total Station and Terrestrial Laser Scanner (Low Cost) are used for this purpose. Although Terrestrial Laser Scanner (Low Cost) offers technological advancements, its usage remains limited. This thesis aims to analyze the effectiveness of the Terrestrial Laser Scanner (Low Cost) in measuring building volumes compared to the Total Station, with a case study at the Baznas office in Lampung Province. The data required to determine the volume and shape of a building are its coordinates and point clouds. The method used in this thesis involves direct measurements with a Total Station and scanning with a Terrestrial Laser Scanner (Low Cost). Detailing is performed through non-prism observations, while scanning generates point cloud data by scanning around the building. The results of this thesis show that the Total Station measured a volume of 1133.893 m³, while the Terrestrial Laser Scanner (Low Cost) measured a volume of 1233.734 m³, with a difference of 99.841 m³. This significant difference is due to the limitations of the Terrestrial Laser Scanner (Low Cost), such as noise that affects the accuracy of the point cloud. However, the scanner still provides reasonably good results with faster measurement times, although it is less suitable for applications that require high precision. In contrast, the Total Station is more accurate but requires more time for measurements. The choice of tool depends on the need for accuracy and time efficiency.

Keyword: Building Volume, Total Station and Terrestrial Laser Scanner (Low Cost), Point Cloud, and Coordinates

**PERBANDINGAN PERHITUNGAN VOLUME BANGUNAN
MENGUNAKAN *TOTAL STATION* DAN *TERRESTRIAL LASER*
*SCANNER (LOW COST)***

(Studi Kasus : BAZNAS Provinsi Lampung)

Oleh

FERI IRAWAN SUBING

Tugas Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar

AHLI MADYA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Program Studi Teknik Survey dan Pemetaan

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Laporan Proposal : Perbandingan Perhitungan Volume Bangunan Menggunakan
Total Station dan Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)
(Studi Kasus : BAZNAS Prov. Lampung)

Nama Mahasiswa : Feri Irawan Subing

NPM : 2005061009

Program Studi : Teknik Survey Pemetaan

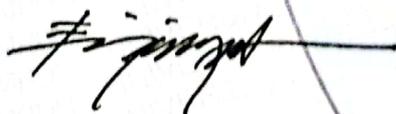
Jurusan : Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.
NIP. 197203022006041002

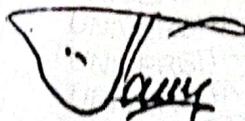


Rahma Anisa S.T., M.Eng.
NIP. 199307162020122032

MENGETAHUI

Ketua Program Studi

Teknik Geodesi dan Geomatika



Ir. Fauzan Murdapa, M.T. IPM
NIP. 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Fajriyanto, S.T., M.T.**



.....

Sekretaris : **Rahma Anisa S.T., M.Eng.**



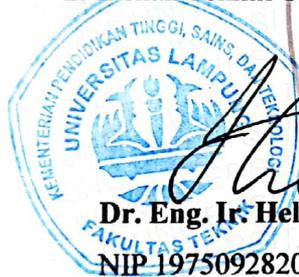
.....

Anggota : **Atika Sari S.T., M.T.**



.....

2. Dekan Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP.197509282001121002



Tanggal Lulus Ujian Komprehensif : 22 Januari 2025

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Feri Irawan Subing

NPM : 2005061009

Tempat, Tanggal Lahir : Bandar Lampung, 29 Maret 2002

Alamat : Jl. Bhayangkara Gg. Garuda No.95 Rajabasa Raya

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir yang berjudul ” Perbandingan Perhitungan Volume Bangunan Menggunakan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)* (Studi Kasus : BAZNAS Prov. Lampung)” Adalah benar hasil karya penulis berdasarkan penelitian yang dilakukan pada bulan Oktober tahun 2024, Tugas akhir ini bukan hasil menjiplak atau hasil karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat sebenarnya, atas perhatiannya saya ucapkan terimakasih.

Bandar Lampung, 22 Januari 2025



Feri Irawan Subing

NPM 2005061009

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kota Bandar Lampung pada tanggal 29 Maret 2002, Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Al'As'Ari dan Ibu Yulaida

Penulis mengawali pendidikan di Taman Kanak-Kanak Dharma Wanita Unila pada tahun 2007-2008 Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Rajabasa Raya pada tahun 2008 – 2014, dilanjutkan Sekolah Menengah Pertama Negeri 20 Bandar Lampung pada tahun 2014 – 2017 dan Sekolah Menengah Atas di SMK 2 Bandar Lampung pada tahun 2017- 2020. Kemudian penulis pada tahun 2020 terdaftar sebagai Mahasiswa Program Study D3 Teknik Survey Dan Pemetaan, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Geodesi sebagai Anggota Departemen Kerohanian pada tahun 2021 – 2022. Pada tahun 2023, penulis melakukan Kerja Praktik di Balai Desa Natar, yang bergerak dalam bidang pengukuran dan pembuatan batas desa. Setelah menyelesaikan Kerja Praktik, penulis melanjutkan penelitian sebagai bahan Tugas Seminar Kerja Praktik yang berjudul **“Pengukuran Batas Dusun 8,9,10,11 Dan Pembuatan Batas Desa Natar, Lampung Selatan”**

MOTTO

Semua akan berlalu

(Dr. Fahrudin Faiz)

PERSEMBAHAN



Dengan segala kerendahan hati, kupersembahkan karyaku ini kepada,

Allah SWT yang telah memberikan kelancaran, kesabaran, dan kesempatan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Kedua orang tua yang sangat kucintai yaitu Bapak Al'As'Ari dan ibu Yulaida yang telah menjadi peran terbaik didalam hidup penulis dan selalu mendoakan keberhasilan penulis dalam hal apapun, Penulis menyadari tidak ada satupun yang sebanding dengan besarnya cinta, kasih sayang, dan perjuangan keduanya sehingga penulis bisa sampai ditahap ini.

Semua orang yang telah menemani dan berjalan bersamaku
Terimakasih atas segala hal yang telah diusahakan untuk penulis.

Dan untuk teman – teman angkatan 2020, terimakasih atas kebersamaannya.

Almamater Tercinta
Universitas Lampung

SANWACANA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “Perbandingan perhitungan Volume Bangunan Menggunakan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)*” dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini disusun guna melengkapi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik di Teknik Survei dan Pemetaan Universitas Lampung.

Dalam proses penulisan sampai dengan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis mendapat dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung.
3. Ibu Citra Dewi ST. M.T selaku Dosen Koordinator Tugas Akhir
4. Bapak Dr. Fajriyanto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing 1.
5. Ibu Rahma Anisa, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing akademik sekaligus Dosen pembimbing 2.
6. Ibu Atika Sari, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji.
7. Semua tim survei yang telah membantu selama pelaksanaan pengambilan data dilapangan.
8. Mamah, Atu, Ota, Adik, dan Keluarga yang selalu mendoakan agar kegiatan perkuliahan penulis dilancarkan oleh Allah SWT serta memberikan dukungan moril dan juga dukungan materil.

9. Semua teman teman angkatan 2020 yang sudah memberi dukungan moril dan materil semua kebaikan kalian akan selalu teringat dan juga terkenang dalam hidup penulis.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sehingga laporan ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna penyempurnaan lebih lanjut. Demikian ini disusun sebaik-baiknya agar dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 22 Januari 2025

Feri Irawan Subing

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. <i>Total Station (Hardware)</i>	5
2.1.1. Pengukuran Kerangka Kontrol Horizontal.....	5
2.1.2. Pengukuran Kerangka Kontrol Vertikal.....	6
2.1.3. Kegunaan <i>Total Station</i>	6
2.2. <i>Terrestrial Laser Scanner-100 Low Cost (Hardware)</i>	7
2.3. Registrasi Metode <i>Cloud to Cloud Berbasis Surface Matching</i>	8
2.4. <i>Point Cloud</i>	9
2.5. <i>Leica Cyclone 3DR (Software)</i>	10
2.6. <i>Cloud Compare Software</i>	10
III. METODE PENELITIAN	
3.1. Lokasi dan Waktu Tugas Akhir	12
3.2. Alat dan Bahan.....	12
3.3. Diagram Alir	14
3.4. Tahap Pengumpulan Data	15
3.5. Tahap <i>Pengolahan Data</i>	15

3.5.1. Pengolahan data <i>Total Station</i> Menggunakan <i>Leica Cyclone 3DR</i>	15
3.5.2. Pengolahan Data TLS Menggunakan <i>Cloud Compare</i> dan <i>Leica Cyclone 3DR</i>	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Tugas Akhir	23
4.1.1. Perhitungan Volume Menggunakan <i>Total Station</i>	23
4.1.2. Hasil Perhitungan Volume Menggunakan <i>Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)</i>	25
4.2. Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Bangunan.....	27
4.3. Faktor Error.....	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
DAFTAR PUSTAKA.	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kelengkapan Alat Pengukuran.....	13
2. Bahan <i>software</i> Tugas Akhir.....	13
3. Keterangan Perbandingan Hasil Volume TS dan TLS	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Total Station</i>	5
2. <i>TLS 100 (Low Cost)</i>	8
3. Metode <i>Cloud to Cloud</i> Berbasis <i>Surface Matching</i> (Reshetyuk, 2009).	9
4. <i>Software Leica Cyclone 3DR</i>	10
5. <i>Software Cloud Compare</i>	11
6. Peta Lokasi Tugas Akhir.....	12
7. Diagram Alir	14
8. Buka Aplikasi.....	16
9. Proses memasukkan data	16
10. Tampilan Koordinat yang telah dimasukan	16
11. Proses <i>Mesh</i>	17
12. Proses Penghubungan antar titik koordinat.....	17
13. Bentuk 3D bangunan.....	17
14. Hasil Perhitungan Volume	18
15. Membuka Aplikasi.....	18
16. Memasukan Data	18
17. Tampilan <i>Point Cloud</i>	19
18. Penyatuan Hasil Cloud.....	19
19. Hasil Registrasi	19
20. Hasil <i>Filtering</i>	20
21. Membuka aplikasi <i>Leica Cyclone 3DR</i>	20
22. Memasukkan data <i>point cloud</i>	20

23. Tampilan <i>Cloud</i> di <i>Cyclone</i>	21
24. Klik <i>Cloud</i> sebelum di <i>mesh</i>	21
25. Tab Informasi <i>Mesh</i>	21
26. Proses perhitungan volume	22
27. Hitungan hasil volume	22
28. Titik Kordinat Polygon di Sekitar Bangunan.....	23
29. Titik Koordinat Hasil Detailing Total Station.....	24
30. Perhitungan Volume Menggunakan Software Leica Cyclone 3DR dengan Total Station.....	24
31. Point Cloud hasil pengamatan Terrestrial Laser Scanner (Low Cost).....	25
32. Perhitungan Volume Menggunakan Software Leica Cyclone 3DR dengan Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)	26
33. Hasil 3D Terrestrial Laser Scanner.....	27
34. Hasil 3D Total Station	28
35. Tampak Asli Bangunan.....	28

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Volume suatu material memiliki peran penting dalam banyak tugas pekerjaan teknik. Estimasi bentuk dan volume material yang akurat penting dalam banyak aplikasi seperti studi erosi, estimasi ekstraksi material pertambangan, dan evaluasi lahan untuk proyek konstruksi. (Schluz dan Schachter 1980 dalam Yakara dan Yilmazb, 2008). Mengukur volume suatu benda merupakan hal yang umum dilakukan di berbagai profesi teknik, khususnya di bidang konstruksi. Pengukuran volume yang dilakukan dalam bidang konstruksi bangunan juga memiliki peran penting dalam rekonstruksi bangunan yang berguna apabila bangunan tersebut sewaktu-waktu terdampak oleh bencana yang mengharuskan untuk di renovasi. Apabila suatu bangunan telah dihitung volumenya maka dapat untuk memperkirakan jumlah material yang akan diperlukan sehingga dapat diketahui pula estimasi biaya yang akan diperlukan untuk merekonstruksi bangunan tersebut.

Dalam pengukuran volume bangunan ataupun volume material di bidang survey dan pemetaan sudah pasti dibantu dengan menggunakan alat, adapun alat yang digunakan dalam pengukuran volume bangunan dan material diantaranya adalah dengan menggunakan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner*. Dengan pesatnya perkembangan teknologi pada saat ini berkembang pula alat ukur salah satunya ialah *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)*, dalam pengukuran volume bangunan masih sedikit yang menggunakan alat *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)*, akan tetapi dalam setiap perkembangan belum tentu memenuhi kebutuhan yang ada di lapangan. Maka penulis ingin mengetahui seberapa efektif penggunaan alat.

Terrestrial Laser Scanner (Low Cost) apabila dibandingkan dengan menggunakan alat *Total Station*, terkhusus pengukuran volume konstruksi bangunan. Dalam Tugas Akhir ini penulis menggunakan studi kasus di Kantor Baznas dikarenakan bentuk bangunan yang beraturan dan juga di sekitar kantor minim terdapat *obstacle* yang dapat mengganggu jalannya pengukuran.

Adapun tujuan dalam Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui hasil perhitungan volume bangunan menggunakan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)* sehingga hasil dari dua alat tersebut dapat dibandingkan dan dapat dilihat hasilnya lebih akurat atau lebih baik alat *Total Station* atau *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)*, khususnya dalam pengukuran volume bangunan,

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu:

Pengukuran volume memiliki peran penting dalam rekonstruksi bangunan yang berguna apabila bangunan tersebut sewaktu waktu terdampak oleh bencana yang mengharuskan untuk di renovasi. Dalam pengukuran volume bangunan sudah banyak yang menggunakan alat *Total Station*, akan tetapi masih sedikit yang menggunakan alat *Terrestrial Laser Scanner (low cost)*, Dari permasalahan tersebut muncul pertanyaan bagaimana perbandingan perhitungan volume bangunan menggunakan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner (low cost)*?

1.3. Maksud dan Tujuan

Tugas Akhir ini memiliki beberapa tujuan yaitu:

1. Mengkaji hasil perhitungan volume bangunan menggunakan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner (low cost)*.
2. Mengetahui hasil perbandingan volume bangunan Menggunakan *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner (low cost)*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Tugas Akhir ini berlokasi di Kantor BAZNAS Provinsi Lampung.
2. Data yang dihasilkan dari *Total Station* adalah koordinat UTM, dan *Terrestrial Laser Scanner* adalah *Point Cloud*
3. Pengolahan data menggunakan Cloud Compare untuk mengolah data *Point Cloud*, dan pengolahan 3D akan menggunakan *software Leica Cyclone 3DR* pada *Total Station* berada pada *LoD 3* sementara *Terrestrial Laser Scanner* *LoD 2*.
4. Tugas Akhir ini dilakukan untuk mengetahui hasil perbandingan volume bangunan menggunakan *Total Station*, dan *Terrestrial Laser Scanner (Low Cost)*.
5. Tugas Akhir ini dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan *Terrestrial Laser Scanner (low cost)* dan *Total Station* dalam pengukuran volume bangunan.

1.5. Sistematika Penulisan

Penulisan pada Tugas Akhir ini memiliki sistematika penulisan yang terdiri dari beberapa unsur yang memiliki bagian-bagian tersendiri, uraian lengkap tentang pengertian dan detail penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan merupakan bab awal yang menjelaskan segala sesuatu yang berkaitan dengan pembuatan Tugas Akhir, terdiri dari latar belakang, tujuan Tugas Akhir, perumusan dan pembatasan masalah, serta sistematika penulisan.
2. Bab 2 Tinjauan Pustaka merupakan teori yang relevan dengan materi Tugas Akhir yang akan dilakukan serta yang mendukung agar tujuan yang diinginkan dapat tercapai, teori-teori tersebut berkaitan dengan pengukuran volume bangunan, pengukuran *Terrestrial*, dan pengertian area objek Tugas Akhir.

3. Bab 3 Metode Tugas Akhir, bab ini berisi mengenai lokasi Tugas Akhir, alat dan bahan yang digunakan, tahap pelaksanaan dan teknis pengambilan data, serta tahap pengolahan data.
4. Bab 4 Hasil dan Pembahasan, bab ini berisi mengenai penyajian hasil Tugas Akhir tentang perhitungan dan perbandingan volume.
5. Bab 5 Kesimpulan dan Saran, bab ini berisikan kesimpulan dan saran mengenai hasil Tugas Akhir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Total Station (Hardware)*

Total Station adalah alat yang secara otomatis mengukur jarak dan sudut (sudut horizontal, sudut vertikal). *Total Station* dilengkapi dengan *chip* memori yang memungkinkannya menyimpan, mengunduh, dan memproses data pengukuran sudut dan jarak. *Total station* merupakan salah satu jenis *teodolit* yang terintegrasi dengan komponen pengukur jarak elektronik, atau alat yang biasa disebut dengan *electronic distance meter (EDM)*, untuk membaca jarak dan kemiringan alat tersebut ke suatu titik tertentu.



Gambar 1. *Total Station*
(Sumber : Indosurta Group)

2.1.1. Pengukuran Kerangka Kontrol Horizontal

Kerangka dasar horizontal terdiri dari titik-titik yang posisinya sudah ditentukan dalam koordinat datar (X, Y) berdasarkan sistem proyeksi tertentu. Untuk menetapkan kerangka ini secara terestris, metode yang dapat digunakan meliputi

triangulasi, trilaterasi, atau poligon. Pemilihan metode tersebut bergantung pada kondisi medan dan tingkat ketelitian yang diinginkan. Triangulasi melibatkan pengukuran sudut dari titik-titik yang sudah diketahui, trilaterasi mengandalkan pengukuran jarak langsung antar titik, sedangkan metode poligon menggunakan kombinasi pengukuran sudut dan jarak sepanjang rangkaian garis yang membentuk poligon. Pada penelitian ini pembuatan kerangka Horizontal menggunakan poligon tertutup terikat sempurna dimana poligon tertutup adalah poligon dengan titik awal sama dengan titik akhir, jadi dimulai dan diakhiri dengan titik yang sama.

2.1.2. Pengukuran Kerangka Kontrol Vertikal

Kerangka kontrol vertikal adalah sekelompok titik yang telah ditentukan atau diketahui posisi vertikalnya, seperti ketinggiannya terhadap suatu bidang referensi tertentu, yang dalam hal ini dapat berupa ketinggian muka air laut rata-rata (*Mean Sea Level* - MSL) (Safrel, 2009). Belanda memulai penyusunan kerangka kontrol vertikal dengan menetapkan *Mean Sea Level (MSL)* di beberapa lokasi, kemudian melakukan pengukuran sifat datar dengan cermat. Kerangka vertikal digunakan dalam suatu pengukuran untuk menentukan beda tinggi dan ketinggian suatu tempat/titik. Pada penelitian ini pengukuran kerangka vertikal menggunakan waterpass.

2.1.3. Kegunaan *Total Station*

Kegunaan TS (*Total Station*) dibagi menjadi 4 kegunaan

1. Mengetahui dan mengukur sudut

Fungsi utama alat ini adalah untuk mengukur sudut dengan menggunakan metode pemindaian *elektro-optik*. Hal ini dapat dicapai dengan hadirnya piringan kaca atau silinder dengan tampilan skala yang presisi.

2. Mengetahui dan mengukur jarak

Kemampuan pengukuran jarak dicapai dengan teknologi inframerah termodulasi. Sinyal ditransmisikan melalui pemancar kecil di dalam perangkat optik. Sinyal kemudian dipantulkan kembali ke lokasi pengujian menggunakan

prisma reflektif. Komputer kemudian menafsirkan pola yang tertanam dalam gelombang sinyal. Hasil pengukuran jarak dapat diperoleh dengan memancarkan dan menerima frekuensi infra merah beberapa kali. Penulis kemudian dapat menghitung jumlah total panjang gelombang untuk setiap frekuensi.

3. Mengetahui Koordinat

Total station juga membantu menentukan koordinat titik. Untuk memperoleh titik koordinat dapat menggunakan rumus trigonometri dan triangulasi titik survei. Bukan hal yang aneh jika alat menyertakan fungsionalitas Sistem Satelit Navigasi Global untuk memfasilitasi prosesnya. Jadi, pembaca dapat mengetahui berbagai fitur nya sebelum membeli alat ukur jarak dan sudut ini.

4. Mengumpulkan dan Memproses Data

Beberapa perangkat jenis ini memiliki memori data internal yang fungsinya untuk menyimpan dan mengolah data hasil pengukuran. Namun ada beberapa tipe dan merk yang mengandalkan penyimpanan data eksternal.

2.2. *Terrestrial Laser Scanner-100 Low Cost (Hardware)*

Terrestrial laser Scanner (TLS) merupakan salah satu teknologi survei dan pemetaan yang prinsip kerjanya adalah laser dipancarkan dari suatu alat ke suatu benda dan dipantulkan kembali ke alat tersebut dari suatu permukaan atau benda. Intensitas dan waktu yang dibutuhkan laser untuk memantulkan suatu objek dan kembali ke perangkat yang selanjutnya akan dihitung, dianalisis, dan diproses untuk mendapatkan *point cloud* yang dapat dimodelkan dalam 3D. *Point clouds* adalah sekumpulan titik data yang dibeberapa koordinat dan membentuk suatu objek tertentu. Dalam system koordinat tiga dimensi, titik-titik ini biasanya ditentukan oleh koordinat X, Y, dan Z. Koordinat ini sering dimaksudkan untuk mewakili permukaan luar objek (Quintero 2008). *Terrestrial Laser Scanner* saat ini banyak dikembangkan untuk berbagai pekerjaan, termasuk pemantauan aktivitas tanah longsor dan gunung berapi, pemodelan perkotaan, pertambangan (desain, pemantauan, kuantitas), teknik sipil dan arsitektur, dokumentasi sejarah lokasi konstruksi, dan pemetaan 3D.



Gambar 2. *TLS 100 (Low Cost)*

TLS-100 LiDAR adalah alat pengukur jarak laser searah yang berbasis pada teknologi *time-of-flight (ToF)*. Alat ini terdiri dari perangkat optik dan elektronik yang terintegrasi dengan algoritma adaptif untuk lingkungan aplikasi dalam dan luar ruangan. Perangkat ini memiliki spesifikasi seperti jarak pemindaian 100 m, kecepatan pemindaian 1.000 titik/detik, dengan berat kurang dari 1 kg, dan keluaran data ascii (Budisusanto dkk, 2022).

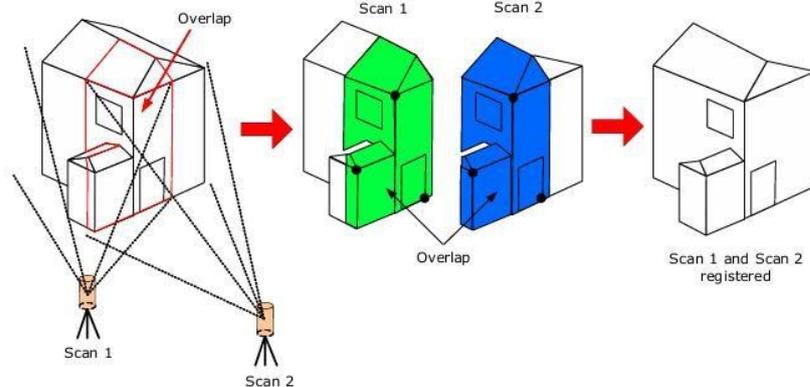
TLS mempunyai berbagai keunggulan dibandingkan dengan metode survei lainnya (Reshetyuk 2009). seperti *tachimetri*, GPS dan fotogrametri yaitu:

1. Menangkap gambaran suatu bidang dalam 3D secara langsung, lebih cepat dan detail
2. Dapat memotong biaya dan penyelesaian pekerjaan yang lebih cepat
3. Dapat dilakukan pada daerah survei yang cenderung sulit apabila menggunakan alat lainnya
4. Dapat melakukan akuisisi data pada malam hari

2.3. . Registrasi Metode *Cloud to Cloud* Berbasis *Surface Matching*

Metode *Cloud to Cloud* ini mengintegrasikan beberapa dataset hasil pemindaian dunia (*Scan World*) dengan cara manual yaitu dengan *feature matching* atau mencocokkan dua data set *point cloud* seperti sudut bangunan yang terdeteksi di

kedua data set *point cloud* (Nandaru dkk, 2014). di mana pengguna perlu memilih setidaknya tiga titik yang cocok di kedua data *point cloud*.



Gambar 3. Metode *Cloud to Cloud* Berbasis *Surface Matching* (Reshetyuk, 2009).

Alat ini memiliki harga 25 juta rupiah dengan spesifikasi sebagai berikut: Rentang Tegangan : 4.5V-6V Antarmuka Komunikasi :UART (TTL) adalah *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)* adalah protokol komunikasi serial yang memfasilitasi pertukaran data antara perangkat elektronik. Protokol ini berfungsi sebagai jembatan untuk komunikasi asinkron, yang memungkinkan perangkat dengan kecepatan clock atau arsitektur yang berbeda untuk berkomunikasi dengan lancar.

Rentang Kerja : 50 m.

Produk ini membutuhkan waktu selama 15 menit dalam satu kali *scan*.

2.4. *Point Cloud*

Point cloud adalah kumpulan titik-titik yang diperoleh dari pengukuran diskrit dan terletak pada sistem koordinat dengan nilai X, Y, dan Z. Kumpulan titik ini dapat dihasilkan melalui berbagai metode seperti pemindaian laser, korelasi gambar, *radargrametri*, *tomografi Synthetic Aperture Radar (SAR)*, kamera *time of flight*, dan *Multibeam Echosounder*, masing-masing dengan karakteristik uniknya. Ada dua jenis *point clouds* yaitu *point clouds* tergeoreferensi dan *point clouds* tak tergeoreferensi (Otepka dkk, 2013). *Point clouds* tergeoreferensi adalah titik-titik

yang terkait dengan sistem referensi koordinat tertentu, seperti WGS 1984, sementara *point clouds* tak tergeoreferensi tidak terhubung dengan sistem referensi koordinat khusus atau menggunakan sistem koordinat lokal.

2.5. *Leica Cyclone 3DR (Software)*

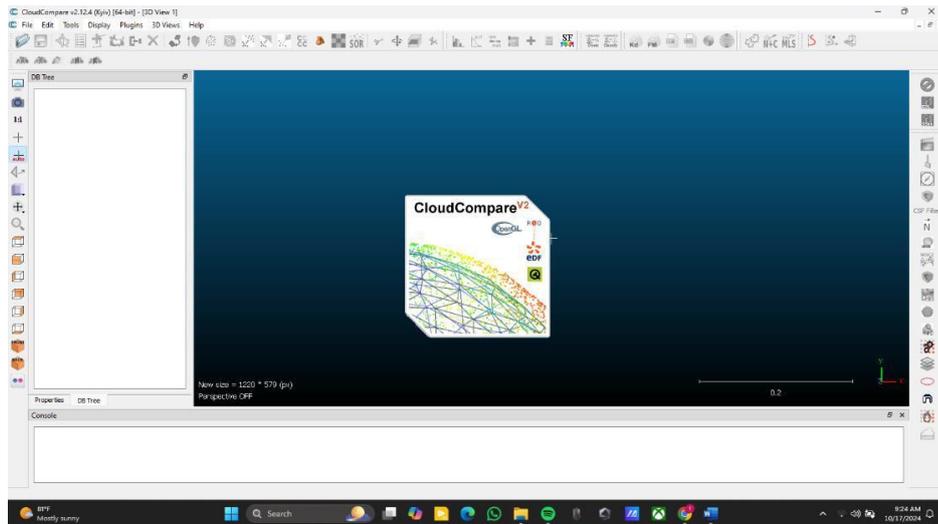
Leica Cyclone 3DR merupakan *software* keluaran dari Leica yang diperuntukkan untuk mengolah data yang berhubungan dengan pembuatan data 3D yang sebelumnya data masih berbentuk *Point cloud* dan *Point* koordinat.



Gambar 4. *Software Leica Cyclone 3DR*

2.6. *Cloud Compare Software*

Cloud Compare Software Ini adalah perangkat lunak yang memproses *Point Cloud* 3D. Tujuan dari aplikasi ini adalah untuk membandingkan dua *point cloud* tetap 3D yang diperoleh oleh pemindai laser. Selain itu, ini dirancang untuk membandingkan *point cloud* dan jaring segitiga. *Cloud Compare* dan *ccViewer* dapat dioperasikan di sistem *Gnu/Linux*, *Windows*, dan *macOS*. Program ini dilisensikan di bawah *General Public License (GPL)*, yang memungkinkan pengguna menggunakannya untuk tujuan apapun.



Gambar 5. Software Cloud Compare

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Tugas Akhir

Lokasi tempat Tugas Akhir ini berada di kantor BAZNAS Provinsi Lampung tepatnya di Jalan Soekarno Hatta Nomor 8, Rajabasa Raya, Kecamatan Rajabasa, Kota Bandar Lampung, Lampung kode pos 35142.



Gambar 6. Peta Lokasi Tugas Akhir

3.2. Alat

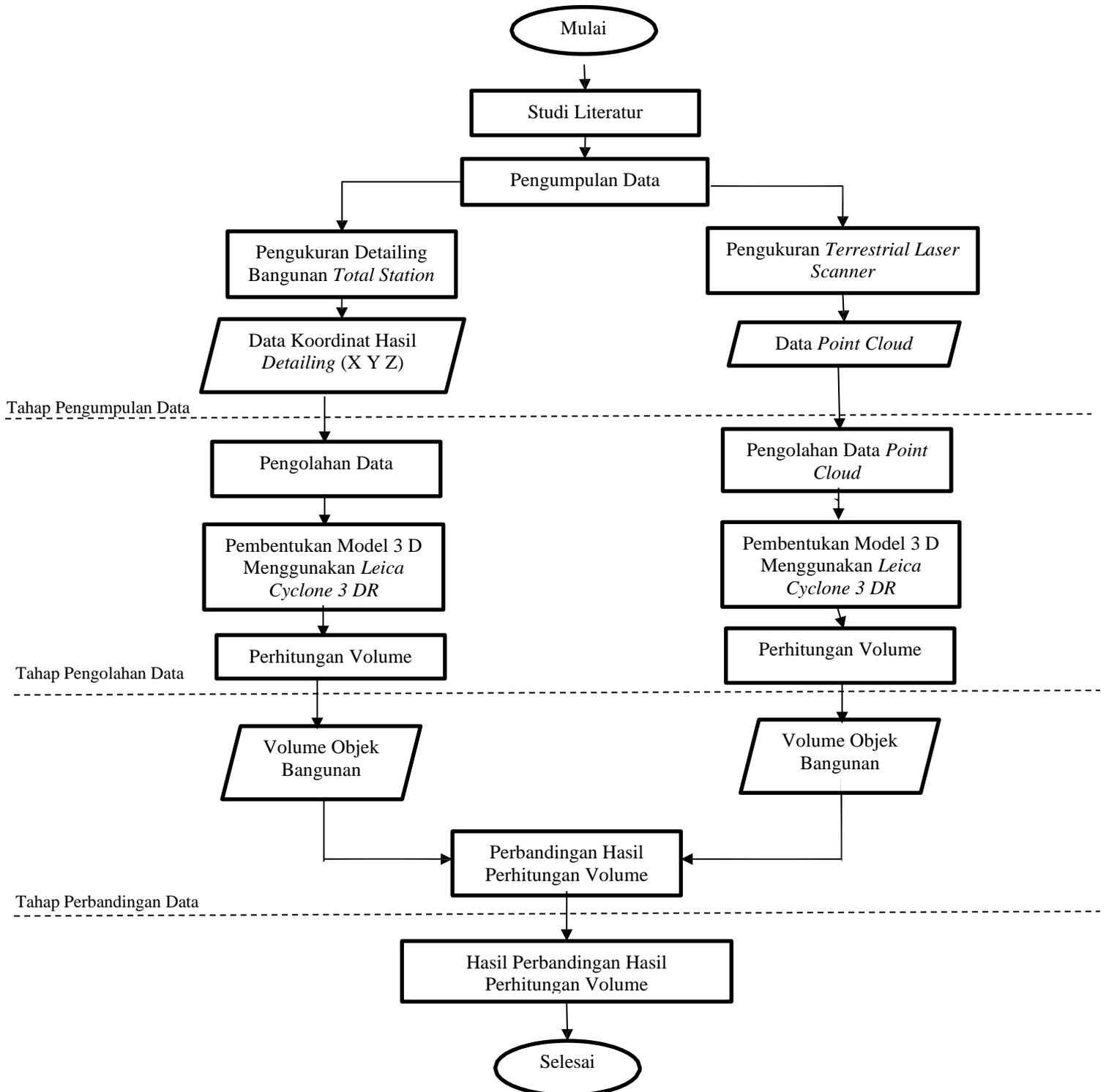
Adapun alat yang digunakan secara rinci dalam pengambilan data di Tugas Akhir ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kelengkapan Alat Pengukuran

NO	JENIS ALAT	JUMLAH
<i>Hardware</i>		
1	<i>Total Station</i>	1 unit
2	TLS 100	1 unit
3	<i>Statif Total Station</i>	3 unit
4	<i>Tribrach dan Prisma</i>	1 unit
5	<i>Tripod TLS</i>	1 unit
<i>Software</i>		
1	<i>Cloud Compare</i>	1 unit
2	<i>Leica Cyclone 3DR</i>	1 unit
3	<i>Microsoft Excel</i>	1 unit
4	<i>Microsoft Word</i>	1 unit

3.3. Diagram Alir

Berikut ini adalah diagram alir dari tahapan penelitian yang dilakukan



Gambar 7. Diagram Alir

3.4. Tahap Pengumpulan Data

Pengukuran dan Pengambilan data dengan tujuan memperoleh data yang diperlukan dalam melakukan suatu pekerjaan lapangan. Adapun Tahap pengumpulan data yang diperlukan yaitu dengan melakukan pengukuran langsung pada objek yang selanjutnya dilakukan dengan tahap pengolahan data.

a. Data hasil *Total Station*

Data *Polygon* yang dibuat di sekitar bangunan sebagai titik ikat sebelum melakukan pengukuran *detail* ke bangunan yang berupa data koordinat X,Y, dan Z.

b. Data hasil *TLS (Low Cost)*

Data yang diambil dengan cara *Scan* disekitar bangunan dengan cara meletakkan alat di sisi depan dan belakang bangunan sebanyak 4 titik sementara untuk sisi kanan dan kiri 3 titik, hasil berupa titik-titik awan (*Point Cloud*).

3.5. Tahap Pengolahan Data

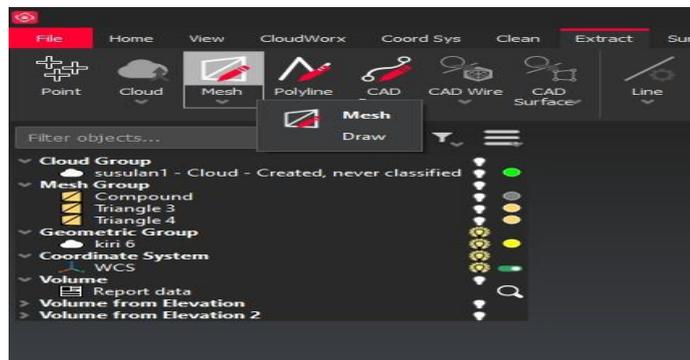
Setelah Pengukuran dan pengambilan data dilakukan, data yang dihasilkan yaitu bentuk *Point* kordinat dari *Total Station* dan *Point Clouds* dari *Terrestrial Laser Scanner*. Maka selanjutnya masuk ke tahap pengolahan untuk data dari *Total Station* menggunakan *Software Leica Cyclone 3DR* sementara untuk data dari *Terrestrial Laser Scanner* menggunakan *Cloud Compare* terlebih dahulu sebelum menggunakan *Leica Cyclone 3DR*.

3.5.1. Pengolahan data hasil pengukuran menggunakan *Total Station*

Menggunakan *Leica Cyclone 3DR*

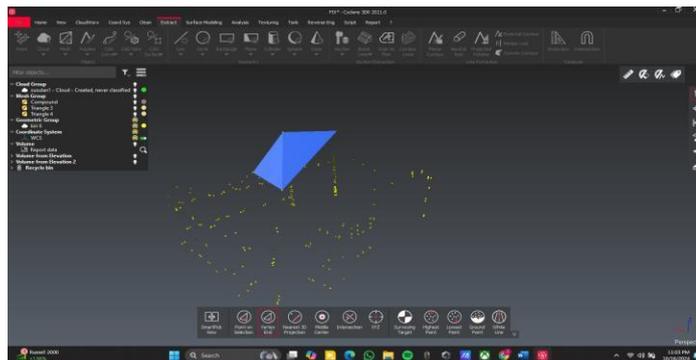
Hal yang harus dilakukan untuk mengetahui hasil perhitungan volume bangunan dibutuhkan pengolahan data menggunakan *software Leica Cyclone 3DR*. Langkah-langkah yang diperlukan dalam pengolahan data menggunakan *Leica Cyclone 3DR* adalah:

4. Selanjutnya pilih *tools extract* kemudian pilih *mesh* yang bertujuan untuk *meshing* secara manual pada kordinat yang dihasilkan dari detailing bangunan



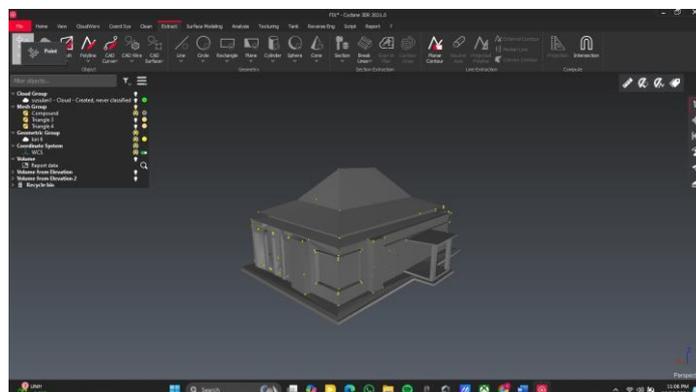
Gambar 11. Proses *Mesh*

5. Kemudian hubungkan per *mesh triangle* dari 3 *point* koordinat yang ada dengan satu persatu sesuai dengan bentuk bangunan



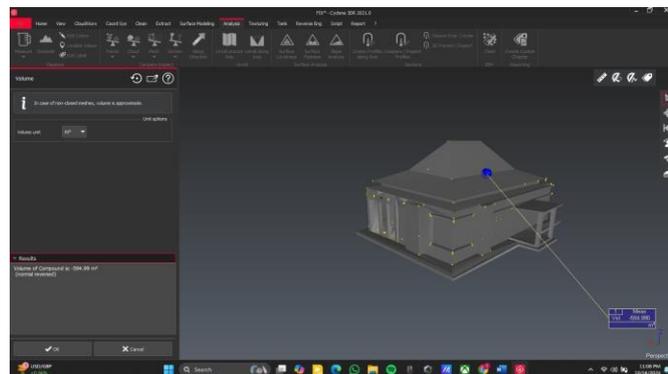
Gambar 12. Proses Penghubungan antar titik koordinat

6. Lakukan sampai bentuk 3D sesuai dengan bangunan seperti dibawah ini



Gambar 13. Bentuk 3D bangunan

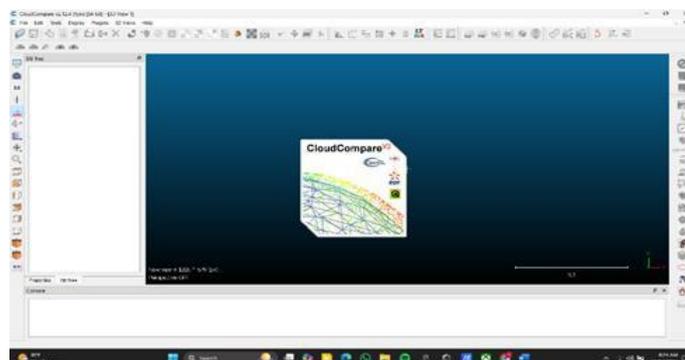
7. Jika sudah terbentuk 3D sesuai dengan bangunan yang ada maka lakukan perhitungan volume dengan klik *tools analysis* dan pilih *measure*



Gambar 14. Hasil Perhitungan Volume

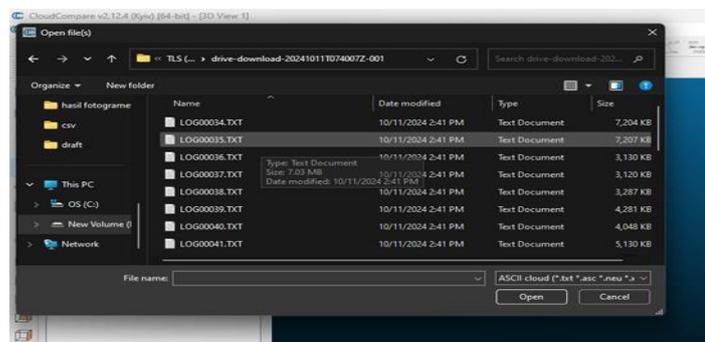
3.5.2. Pengolahan Data Hasil Pengukuran Menggunakan TLS Menggunakan *Cloud Compare* dan *Leica Cyclone 3DR*

1. Buka Aplikasi *Cloud Compare* v2.12.4 (64bit)



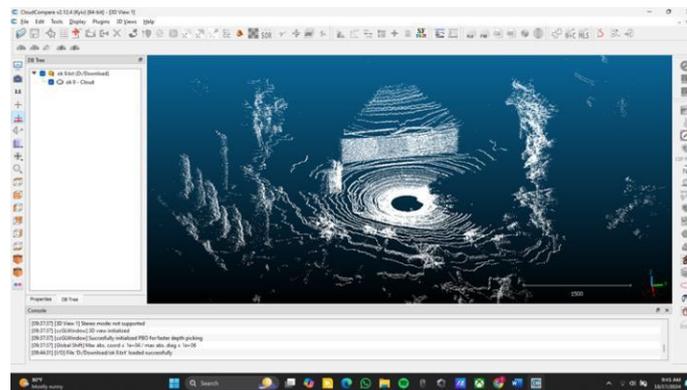
Gambar 15. Membuka Aplikasi

2. Masukkan data hasil dari pengamatan *Terrestrial Laser Scanner* dengan format *.txt*



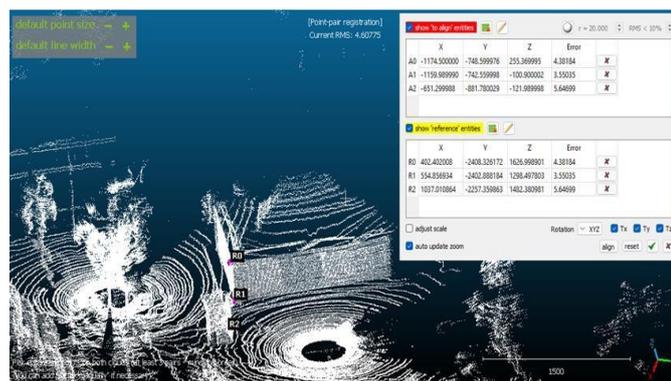
Gambar 16. Memasukan Data

3. Jika data *point cloud* telah dimasukkan maka akan muncul *point cloud* seperti di bawah ini dilanjutkan sampai dengan 4 sisi bangunan



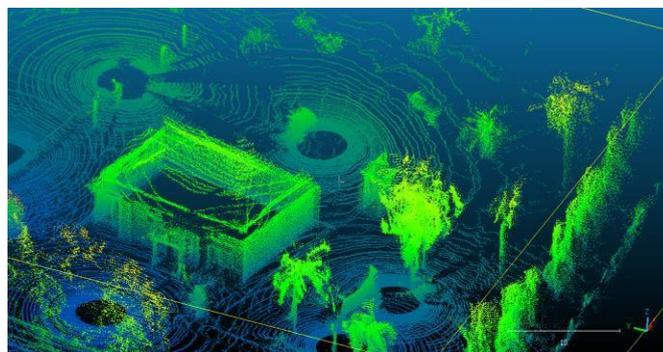
Gambar 17. Tampilan *Point Cloud*

4. Lakukan registrasi pada 2 sisi bangunan data yang sudah dimasukkan dengan klik *file scanning* tersebut dengan tujuan sebagai penyatuan hasil *scanning* 2 sisi bangunan



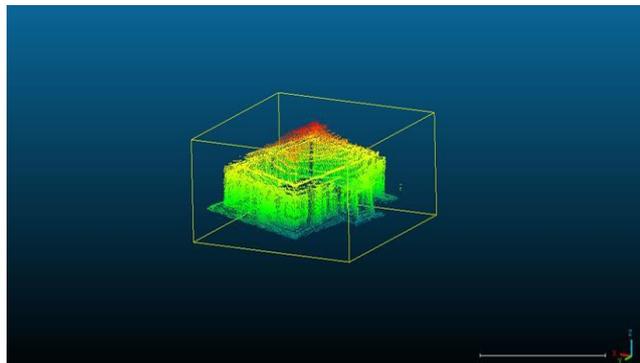
Gambar 18. Penyatuan Hasil Cloud

5. Lakukan hal yang sama pada 4 sisi hasil *scanning* sampai hasil *scanning* berbentuk bangunan seperti dibawah ini



Gambar 19. Hasil Registrasi

- Selanjutnya lakukan filterisasi guna membuang hasil *scanning* yang dianggap tidak perlu lakukan *filtering* sesuai dengan kebutuhan



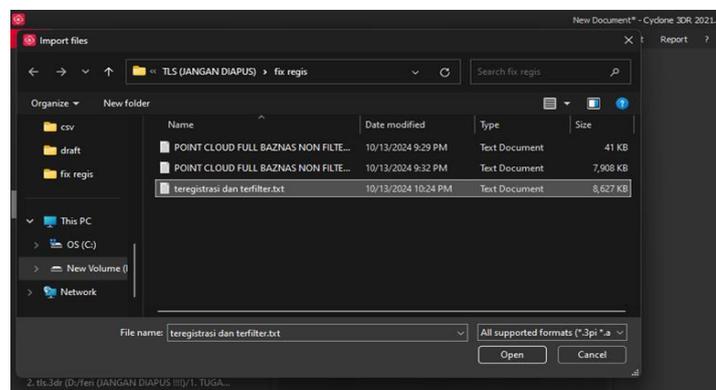
Gambar 20. Hasil *Filtering*

- Jika sudah selesai melakukan pengolahan di *software cloud compare* selanjutnya pindah ke *software Leica Cyclone 3DR* untuk melakukan 3D modelling, buka aplikasi *Leica Cyclone 3DR*



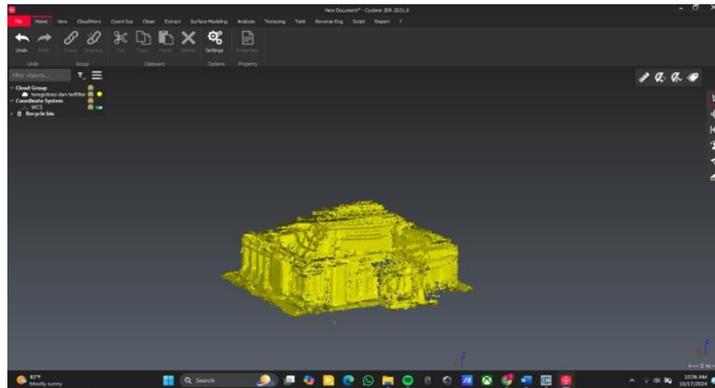
Gambar 21. Membuka aplikasi *Leica Cyclone 3DR*

- Masukkan data *point cloud* yang sebelumnya sudah di olah di *software cloud compare* dengan format *.txt*



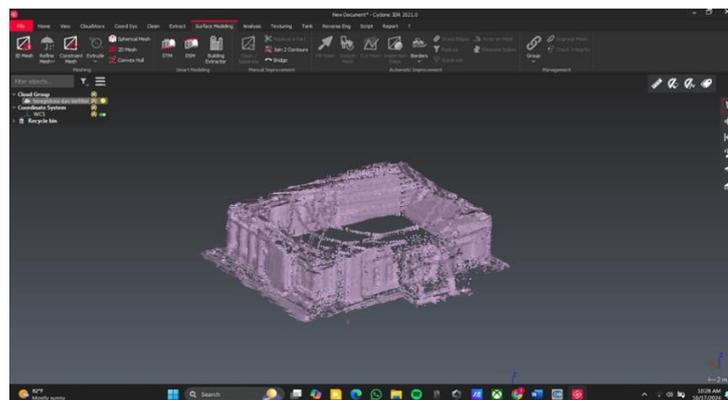
Gambar 22. Memasukkan data *point cloud*

9. Jika sudah *diimport* maka akan muncul seperti dibawah ini



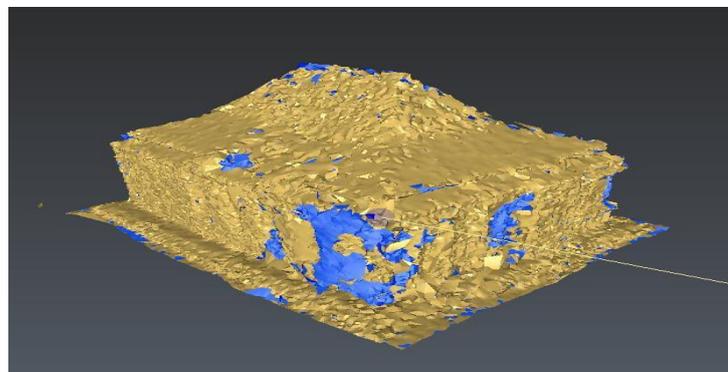
Gambar 23. Tampilan *Cloud* di *Cyclone*

10. Selanjutnya klik *tools surface modelling* dan pilih *3D mesh* bertujuan untuk *meshing* secara otomatis pada *point cloud* yang ada



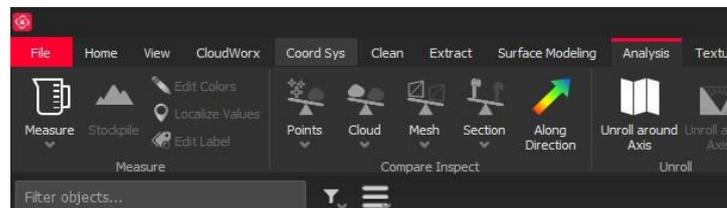
Gambar 24. Klik *Cloud* sebelum di *mesh*

11. Maka *meshing 3D* akan terbentuk secara otomatis pada bangunan yang ada yang sebelumnya hanya berbentuk *point cloud*



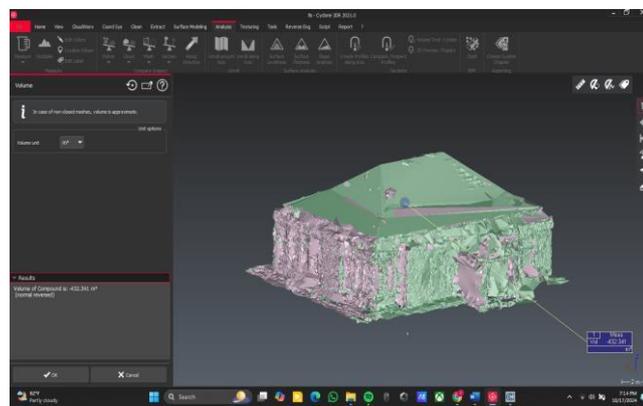
Gambar 25. Tab Informasi *Mesh*

12. Selanjutnya proses perhitungan volume agar mengetahui hasil volume pada bangunan dengan mengklik *tools analysis* dan pilih *measure*



Gambar 26. Proses perhitungan volume

13. Maka hasil perhitungan volume bangunan akan muncul secara otomatis



Gambar 27. Hitungan hasil volume

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pada tugas akhir ini menghasilkan dua data volume bangunan yang berbeda yang di dapatkan dari *Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner*, yaitu data *Total Station* dihitung menggunakan *Leica Cyclone 3DR* menghasilkan data volume bangunan sebesar 1133,893 m³, sementara untuk *Terrestrial Laser Scanner* menghasilkan data volume bangunan sebesar 1233,734 m³ dihitung menggunakan *cloud compare* dan *Leica Cyclone 3DR*.
2. Volume bangunan dari kedua alat tersebut di bandingkan dengan cara volume *Terrestrial Laser Scanner* dikurang dengan volume *Total Station* sehingga didapatkan selisih sebesar 99,841 m³. Hasil perbandingan dari kedua data yang ada memiliki nilai yang cukup jauh hal ini dikarenakan alat TLS memiliki keterbatasan yaitu terdapat *noise* yang dihasilkan oleh TLS yang mengakibatkan kurangnya tingkat representasi dari *point cloud* yang di dapat dari hasil *scanning*.

5.2. Saran

Berdasarkan dari semua yang telah dipaparkan penulis dapat memberikan saran dalam tugas akhir ini :

1. Pengukuran volume menggunakan TS menawarkan data dengan akurasi tinggi akan tetapi memiliki kelemahan terkait dengan pengambilan data sudut sudut bangunan yang kompleks maka penulis menyarankan sebelum melakukan detail bangunan lakukan terlebih dahulu langkah langkah atau bagian bangunan

mana yang akan diambil terlebih dahulu untuk menghindari pengukuran ulang dan akan mengambil waktu lebih lama

2. Pengukuran volume menggunakan TLS *low cost* memiliki beberapa kendala terkait dengan kualitas *point cloud* yang terkadang mengalami distorsi data apabila dilakukan di siang teriknya matahari karena rambatan laser terkena sinar panas matahari sehingga ada sedikit masalah di rambatan cahaya laser yang dipancarkan, maka penulis menyarankan agar melakukan *scanning* pada saat cuaca tidak terlalu terik.
3. Dan untuk *software* pengolahan data menggunakan *Leica Cyclone 3DR* penulis menyarankan untuk memakai laptop yang mendukung minimal menggunakan laptop berkapasitas ram 8GB guna menghindari kendala dalam pengolahan data seperti *lag* atau *not responding*

DAFTAR PUSTAKA

- Anjasmara, I. M. 2005. *Sistem Tinggi*. Surabaya: Pendidikan dan Pelatihan (DIKLAT) Teknis Pengukuran dan Pemetaan Kota.
- Barnes, A. 2012. *Pengunaan Metode Fotogrametri Rentang Dekat dan Laser Scanning dalam Pembuatan Dense Point Cloud (Studi Kasus: Candi Cangkuang)*. (Undergraduate Thesis), Bandung: Departement of Geodetic Engineering, Institut Teknologi Bandung.
- Basuki, Slamet, 2006. *Ilmu Ukur Tanah*. Yogyakarta : Gadjah Mada University.
- Ghilani, C. D., dan Wolf, P. R. 2006. *Adjustment Computation: Spatial Data Analysis (4th ed.)*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Harvey, Bruce R. 2006. *Practical Least Squares: And Statistics for Surveyors*. New South Wales: School of Surveying and Spatial Information Systems.
- Irvine, W. 1995. *Penyigian untuk Konstruksi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Nurjati, Chatarina. 2005. *Modul Ajar Ilmu Ukur Tanah I*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- M. S., Genechten, B. V., Heine, E., dan Garcia, J. L. 2008. *Tools for Advanced Three-dimensional Surveying in Risk Awareness Project (3DRiskMapping)*. Leonardo da Vinci Programme of the European Union.
- Press. Chow, J., Lichti, D. D., dan Teskey, W. F. 2010. Self-Calibration of the Trimble (MENSIS) GS200 Terrestrial Laser Scanner. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII.
- Purwaamijaya. 2008. *Teknik Survei dan Pemetaan Jilid 3*. Bandung: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Purwohardjo, U. 1986. *Ilmu Ukur Tanah Seri A*. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Bandung: Institut Teknologi.

- Putra, R. A. 2014. *Pemodelan 3D Menggunakan Teknologi Terrestrial Laser Scanner (Objek Studi: Masjid Al Irsyad Kota Baru Parahyangan)*. Undergraduate Thesis, Bandung: Departement of Geodetic Engineering, Institut Teknologi Bandung. Quintero.
- Reshetyuk, Y. 2009. *Self-Calibration and Direct Georeferencing in Terrestrial Laser Scanning*. Stockholm: VDM Verlag.
- Schluz, T. 2007. *Calibration of a Terrestrial Laser Scanner for Engineering Geodesy*. Dissertation, Berlin: Dipl-Ing, Technical University of Berlin.
- 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.