



Analisis Perbandingan Ketelitian Pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dan *Handheld Slam Lidar* untuk Pemetaan dalam Ruangan

(Studi Kasus: PT. Asaba)

Andila Rahma Putri¹, Dwi Arini^{2*}, Fajrin³, Defwaldi⁴

¹⁻⁴ Institut Teknologi Padang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: dwiarini@itp.ac.id²

Abstract. Due to the rapid development of mapping technology using lasers, especially in the context of indoor mapping, such as *Terrestrial Laser Scanners* and *Handheld SLAM LiDAR*, it is necessary to understand the advantages and disadvantages of each technology. Therefore, it is necessary to validate both technologies to ensure their accuracy and reliability. The objective of this study is to identify the accuracy of the data produced by *Terrestrial Laser Scanners* and *Handheld SLAM LiDAR* by comparing the measurement results obtained using these methods with data obtained from an *Electronic Total Station* (ETS). The *Total Station* is used as a validation tool because of its higher accuracy compared to the *LiDAR* technology used in *Terrestrial Laser Scanners* and *Handheld SLAM LiDAR*. This is due to the *Total Station's* operating principle, which relies on *Electronic Distance Measurement* (EDM) to measure distances with very high accuracy. The *Terrestrial Laser Scanner* excels in numerical accuracy, while the *Handheld SLAM LiDAR* has higher precision than the *Terrestrial Laser Scanner*. This is demonstrated by the RMS value in distance calculations of 0,0258 m for the *Handheld SLAM LiDAR* and an RMS value in distance calculations of 0,0313 for the *Terrestrial Laser Scanner*.

Keywords: Independent Control Point; LiDAR; SLAM; Terrestrial Laser Scanner; Total Station.

Abstrak. Karena perkembangan teknologi di bidang pemetaan dengan menggunakan laser, terutama dalam konteks pemetaan dalam ruangan, semakin pesat, seperti *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR*. Namun, masing-masing teknologi memiliki kelebihan dan kekurangan yang perlu dipahami. maka perlu dilakukan validasi terhadap kedua teknologi tersebut untuk memastikan akurasi dan keandalannya. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengidentifikasi hasil ketelitian data yang dihasilkan oleh *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR* dengan membandingkan hasil pengukuran menggunakan metode tersebut terhadap data yang diperoleh dari *Electronic Total Station* (ETS). *Total Station* digunakan sebagai alat validasi karena tingkat akurasinya yang lebih tinggi dibandingkan teknologi *LiDAR* yang digunakan pada *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR*. Hal ini disebabkan oleh prinsip kerja *Total Station* yang mengandalkan *Electronic Distance Measurement* (EDM) untuk mengukur jarak dengan ketelitian sangat tinggi. *Terrestrial Laser Scanner* unggul dalam akurasi secara numeris *Handheld SLAM LiDAR* memiliki ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Terrestrial Laser Scanner*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai RMS dalam perhitungan jarak sebesar 0,0258 m untuk *Handheld SLAM LiDAR* dan Nilai RMS dalam perhitungan jarak sebesar 0,0313 untuk *Terrestrial Laser Scanner*.

Kata kunci: LiDAR; Pemindai Laser Terestrial; SLAM; Stasiun Total; Titik Kontrol Independen.

1. LATAR BELAKANG

Pemetaan dalam ruangan memiliki berbagai kegunaan di berbagai bidang, yaitu untuk dokumentasi bangunan bersejarah maupun konstruksi. Contohnya, masa pakai suatu bangunan dan *Building Information Modeling* (BIM). Untuk mengumpulkan data dalam sebuah ruangan, dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa teknologi seperti *Terrestrial Laser Scanner* (TLS), *Simultaneous Localization and Mapping* (SLAM) *Laser Scanner*, dan fotogrametri. Namun, tidak semua teknologi cocok digunakan untuk pemetaan ruangan dikarenakan keterbatasan yang dimiliki. *SLAM Laser Scanner* hanya memiliki akurasi tingkat

sentimeter, fotogrametri membutuhkan waktu yang lama dan sering terhambat oleh kondisi cahaya di sekitarnya, sedangkan TLS meskipun akurat membutuhkan biaya mahal serta hanya mampu menangkap titik pengamatan statis yang terbatas dan bersifat polimorfik (Keitaanniemi et al., 2021).

Karena perkembangan teknologi di bidang pemetaan dengan menggunakan laser, terutama dalam konteks pemetaan dalam ruangan, semakin pesat, seperti *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR*. Namun, masing-masing teknologi memiliki kelebihan dan kekurangan yang perlu dipahami. maka perlu dilakukan validasi terhadap kedua teknologi tersebut untuk memastikan akurasi dan keandalannya. Validasi ini penting untuk mengevaluasi performa kedua teknologi dalam berbagai kondisi lingkungan, serta untuk menentukan metode yang paling efektif dalam aplikasi spesifik, seperti perencanaan ruang, renovasi, dan manajemen fasilitas. Dengan validasi yang tepat, pengguna dapat memanfaatkan teknologi pemetaan laser secara optimal, sehingga menghasilkan data yang dapat diandalkan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik.

Total Station digunakan sebagai validasi karena tingkat akurasinya yang lebih tinggi dibandingkan *LiDAR* yang digunakan pada *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR*. *LiDAR*, mengandalkan pantulan *backscatter* sinar laser dari pantulan objek. Jika objek memiliki sifat transparan atau menyerap cahaya maka sinyal pantulan bisa lemah atau hilang yang menyebabkan kesalahan pengukuran. Sedangkan *Total Station* menggunakan *Electronic Distance Measurement (EDM)* untuk mengukur jarak dengan ketelitian sangat tinggi, *Electronic Distance Meter (EDM)* adalah alat yang mengukur jarak dengan cara menghitung waktu yang diperlukan gelombang elektromagnetik untuk melakukan perjalanan bolak-balik antara alat dan objek yang diukur, kemudian mengalikan waktu tersebut dengan kecepatan cahaya (Mahardika et al., 2024). *EDM* pada *Total Station* menggunakan gelombang elektromagnetik (inframerah) dengan fase yang lebih stabil dan kurang rentan terhadap gangguan pantulan yang tidak konsisten.

Total Station digunakan sebagai alat validasi karena tingkat akurasinya yang lebih tinggi dibandingkan teknologi *LiDAR* yang digunakan pada *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR*. Hal ini disebabkan oleh prinsip kerja *Total Station* yang mengandalkan *Electronic Distance Measurement (EDM)* untuk mengukur jarak dengan ketelitian sangat tinggi, *Electronic Distance Meter (EDM)* adalah alat yang mengukur jarak dengan cara menghitung waktu yang diperlukan gelombang elektromagnetik untuk melakukan perjalanan bolak-balik antara alat dan objek yang diukur, kemudian mengalikan waktu tersebut dengan kecepatan cahaya (Mahardika et al., 2024). Sementara *Terrestrial Laser Scanner* dan

Handheld SLAM LiDAR menggunakan teknologi LiDAR yang meskipun efisien untuk pemetaan cepat, memiliki akurasi relatif lebih rendah dibandingkan EDM. Oleh karena itu *Total Station* dapat digunakan untuk menverifikasi hasil pengukuran dari sistem berbasis LiDAR.

Karena perbedaan teknologi antara *Terrestrial Laser Scanning* (TLS) yang bersifat statik dan SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) yang bersifat *mobile*, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan mana yang lebih efektif digunakan di dalam gedung. Penelitian ini penting mengingat kedua teknologi memiliki pendekatan yang berbeda dalam pengumpulan data dan pemetaan. TLS, yang biasanya digunakan untuk menghasilkan model 3D yang sangat akurat dari lingkungan statis, mungkin lebih cocok untuk proyek yang memerlukan detail tinggi dan presisi. Sementara SLAM, yang memungkinkan pemetaan dinamis dan fleksibilitas dalam navigasi, dapat lebih efisien dalam situasi di mana ruang terbatas atau ketika kecepatan pengumpulan data menjadi prioritas .

Dengan melakukan penelitian ini, kita dapat mengevaluasi kinerja masing-masing teknologi dalam berbagai kondisi dan aplikasi di dalam gedung, serta memberikan rekomendasi yang tepat untuk pengguna yang ingin memanfaatkan teknologi pemetaan laser secara optimal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik dalam perencanaan dan pengelolaan ruang di dalam gedung.

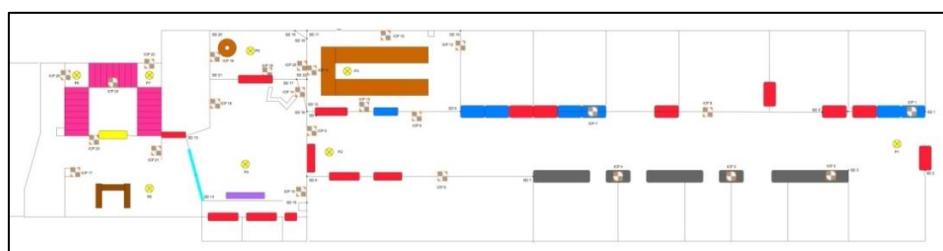
Dalam penelitian ini, ruang Divisi *Surveying* PT. Asaba dipilih sebagai lokasi penelitian karena mudah diakses, sehingga memungkinkan penulis untuk melakukan pengukuran dan pengumpulan data dengan lebih efisien. Selain itu, lokasi ini juga memberikan kesempatan bagi peneliti untuk berinteraksi langsung dengan pengguna yang lebih berpengalaman, yang dapat memberikan wawasan berharga tentang kebutuhan dan tantangan yang dihadapi dalam pemetaan ruangan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang bertujuan menganalisis perbedaan tingkat kemudahan akuisisi data dan ketelitian pengukuran antara *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dan *Handheld SLAM LiDAR* dalam konteks pemetaan dalam ruangan. Metode pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran langsung menggunakan kedua perangkat tersebut, dengan variabel utama berupa waktu akuisisi data (efisiensi) dan tingkat kesalahan pengukuran (akurasi). Data hasil pengukuran selanjutnya divalidasi menggunakan *Electronic Total Station* (ETS) sebagai *reference tool* untuk memastikan keandalan hasil analisis. Pendekatan kuantitatif diterapkan dengan membandingkan statistik deskriptif (seperti rata-rata,

deviasi standar) untuk menentukan signifikansi perbedaan antara kedua metode. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran objektif tentang keunggulan dan kelemahan *Terrestrial Laser Scanner* maupun *Handheld SLAM LiDAR*, serta rekomendasi berbasis data untuk pemilihan teknologi yang paling efektif berdasarkan kebutuhan teknis dan operasional dalam pemetaan *indoor*.

Lokasi Penelitian dilakukan di dalam ruangan kantor Divisi Survei PT. ASABA lantai 3 hingga tangga menuju lantai 2. Sketsa sederhana penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Sketsa Lokasi Penelitian.

Tabel 1. Keterangan Sketsa Lokasi Penelitian.

No	Gambar	Keterangan
1		Tangga
2		Meja
3		Pembatas Ruangan
4		Jendela Kaca
5		Pintu
6		Pintu Kaca
7		Lemari Kaca
8		ICP
9		Posisi berdiri alat

Sebelum melakukan pengukuran perlu menentukan lokasi yang akan dijadikan sebagai area ataupun objek penelitian dan apakah diperlukan perizinan seperti surat izin. Hal ini bertujuan agar pengukuran dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya gangguan ketika pengukuran sudah dimulai. Usahakan memilih area atau objek yang dikira tidak memerlukan perizinan. Selain itu pilih lokasi yang dekat sehingga tidak mempersulit dalam membawa alat. Lokasi yang jauh bisa saja penghalang pekerjaan seperti harus mempersiapkan kendaraan pengangkut alat yang terkadang membutuhkan biaya jika kendaraan tidak ada. Pada tahapan ini penulis melakukan pengukuran yang berlokasi didalam ruangan yang berada di lantai 3 kantor PT. ASABA.

Dalam penelitian ini pengukuran *Total Station* digunakan untuk mendapatkan koordinat yang mana akan digunakan sebagai pengikat titik kontrol dalam proses pengolahan data pengukuran *Handheld SLAM LiDAR* dan sebagai koordinat *backsight* yang akan

digunakan dalam proses penyiaman *Terrestrial Laser Scanner*. Pada pengukuran ini penulis menggunakan 6 (enam) *control point* sebagai titik berdiri alat, dimana 4 diantaranya digunakan untuk pengikat *control point SLAM LiDAR* dan 2 (dua) titik yang akan digunakan untuk *backsight* pada proses penyiaman TLS. Kemudian penulis juga menggunakan 20 (dua puluh) ICP yang tersebar sekitar dinding ruangan.

Selanjutnya pelaksanaan akuisisi data menggunakan TLS dilakukan untuk memperoleh data *point cloud* pada bagian dalam ruangan bangunan. Dalam penyiaman ini menggunakan dua metode yaitu *freescan* (tidak memerlukan koordinat dan *backsight* (memerlukan koordinat). Objek yang akan digunakan sebagai bahan penelitian ini adalah ruangan divisi survei lantai 3 PT. ASABA. Proses perekaman ruangan dilakukan dengan dimulai dari lantai 3 hingga tangga menuju lantai 2, proses perekaman dilakukan dengan melakukan scan area secara memutar.

Proses akuisisi data menggunakan *Handheld SLAM LiDAR* dilakukan untuk memperoleh data *point cloud* pada bagian dalam ruangan bangunan. Pengukuran ini dilakukan menggunakan alat *CHCNAV RS 10*. Pengukuran ini menggunakan metode SLAM. Proses pengukuran dimulai dengan melakukan pengecekan baterai, pastikan baterai cukup untuk melakukan perekaman. Sebelum melakukan perekaman buka semua pintu pada area yang akan dilewati pada saat perekaman. Kemudian perekaman dilakukan dengan cara berjalan melewati area yang akan dilakukan penelitian. Proses ini dilakukan selama 30 menit lamanya.

Pengolahan data *Terrestrial Laser Scanner* dilakukan dengan menggunakan *collage office*, data yang dihasilkan dari akuisisi data berformat .prj. Pada perangkat lunak *collage office* dilakukan registrasi *point cloud* untuk menggabungkan *point cloud* yang saling bertampalan. Selanjutnya proses *Filtering* adalah proses pembersihan *point cloud* yang tidak diperlukan sehingga terbentuk 3 dimensi pada objek yang dibutuhkan.

Point cloud yang didapat dari hasil perekaman menggunakan *Handheld SLAM LiDAR* perlu dilakukan proses *Comprehensiv pre-processing* yaitu suatu proses pengolahan data agar data tersebut bisa digunakan untuk proses pengolahan selanjutnya. Pada proses ini pengolahan dilakukan menggunakan koordinat yang didapat dari hasil pengukuran *Total Station* yang digunakan sebagai titik ikat untuk mengetahui koordinat yang diketahui.

Setelah semua proses pengolahan selesai langkah selanjutnya yaitu Konversi format data dari format “.codata” menjadi format “.las” supaya bisa digunakan untuk proses pengolahan data lanjutan. Tahapan selanjutnya adalah melakukan Segmentasi *point cloud*. Pada proses ini dilakukan pembersihan data objek yang tidak diperlukan di potong sehingga

tersisa objek berbentuk tiga dimensi yang hanya dibutuhkan dalam penelitian ini. Berikut hasil objek yang telah selesai dilakukan segmentasi .

Validasi data digunakan untuk memastikan apakah hasil dari suatu pengukuran sudah akurat atau belum. Validasi data dilakukan dengan menggunakan data jarak hasil pengukuran sebagai parameter ketelitian suatu metode registrasi. Data jarak diperoleh dari hasil pengukuran *Total Station* dan data jarak hasil *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR*.

Uji Statistik yang digunakan adalah metode uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* dengan menggunakan *software SPSS* 19. Dibandingkan dengan uji normalitas lainnya Uji *Kolmogorov-Smirnov* merupakan uji yang paling baik. Uji *Kolmogorov-Smirnov* bertujuan untuk mengetahui apakah distribusi suatu data mendekati distribusi normal atau tidak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan Analisis Pengukuran *Total Station*

Dalam pengukuran ini menggunakan koordinat lokal karena pengukuran dilakukan didalam ruangan. Hasil koordinat yang didapatkan dari pengukuran *Total Station* yang akan dijadikan sebagai referensi adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Koordinat *Backsight Terrestrial Laser Scanner*.

Titik Point	Koordinat(m)		
	x	y	Elevasi(m)
P1	1000	1000	1000
P2	1006,255	1023,382	999,877

Pada pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* membutuhkan dua koordinat *backsight* dimana pengukuran ini dilakukan didalam ruangan maka menggunakan koordinat lokal dengan *backsight point* (1000, 1000, 1000).

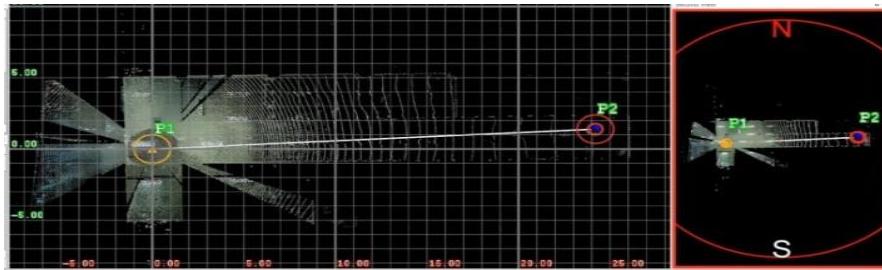
Tabel 3. Koordinat TGCP *Handheld SLAM LiDAR*

Titik Point	Koordinat(m)		
	x	y	Elevasi(m)
P1	1000	1000	1000
P2	1006,255	1023,382	999,877
P3	1006,327	1028,834	999,857
P4	1011,81	1027,045	999,896

Berbeda Pada pengukuran *Handheld SLAM LiDAR* membutuhkan minimal empat Koordinat TGCP yang digunakan sebagai titik ikat.

Hasil dan Analisis Registrasi

Pada metode ini yaitu Proses penggabungan hasil *point cloud* yang menggunakan kombinasi *backsighting* yang digunakan sebagai titik ikat untuk mengetahui koordinat yang diketahui dan *cloud to cloud* untuk menggabungkan *point cloud* yang saling bertampalan.



Gambar 2. Hasil Registrasi *backsight*.

Selanjutnya registrasi *cloud to cloud*, proses registrasi metode *cloud to cloud* dilakukan dengan menggunakan fitur *cloud to cloud registration*. Proses registrasi *cloud to cloud* dilakukan secara manual dengan menggeser *scanworld* yang bertampalan sampai *scanworld* menyatu sampai membentuk 3D yang sempurna. Berikut tampilan objek 3D yang selesai dilakukan registrasi dan proses *filtering* sehingga menghasilkan tampilan 3D yang sempurna.

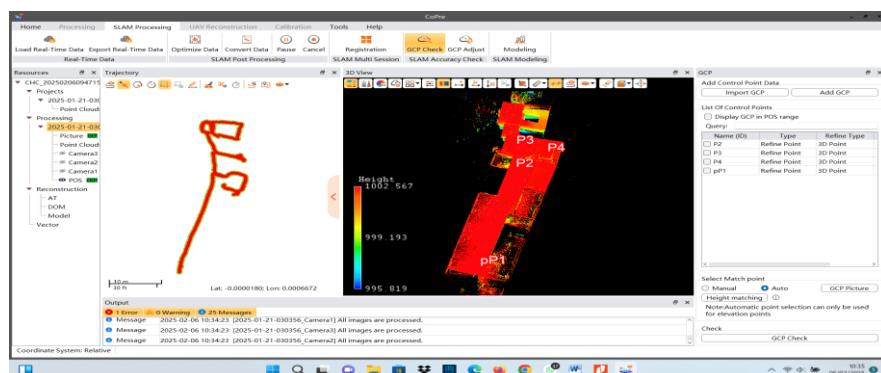


Gambar 3. Tampilan model hasil pengukuran *Terrestrial Laser Scanner*.

Dalam hasil permodelan tiga dimensi *Terrestrial Laser Scanner*, tampak bahwa pada model tiga dimensi terdapat bagian yang berlubang-lubang. Bagian yang berlubang dipengaruhi oleh *resolution* pada jenis *scan*. Pada penelitian ini pada bagian *resolution*, menggunakan 50 mm 10 m sebagai tingkat kerapatan antar *point cloud*. Semakin kecil kerapatan semakin lama proses pengamatan.

Hasil dan Analisis *Handheld SLAM LiDAR*

Point cloud yang didapat dari hasil perekaman menggunakan *Handheld SLAM LiDAR* perlu dilakukan proses *Comprehensiv pre-processing* yaitu suatu proses pengolahan data agar data tersebut bisa digunakan untuk proses pengolahan selanjutnya.



Gambar 4. Hasil *Comprehensiv pre-processing*.

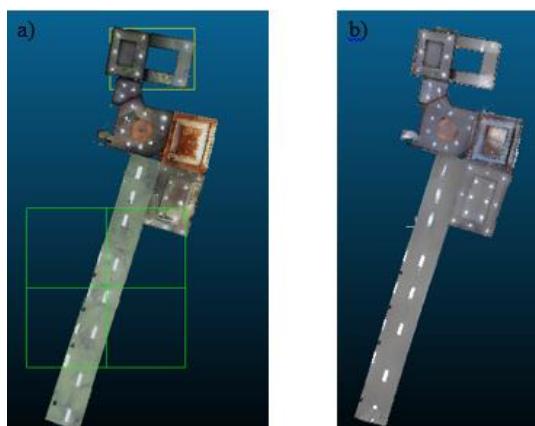
Tahapan selanjutnya adalah melakukan segmentasi *point cloud*. Pada proses ini dilakukan pembersihan data objek yang tidak diperlukan di potong sehingga tersisa objek berbentuk tiga dimensi yang hanya dibutuhkan dalam penelitian ini. Berikut hasil objek yang telah selesai dilakukan segmentasi.



Gambar 5. Tampilan model hasil pengukuran *Handheld SLAM LiDAR*.

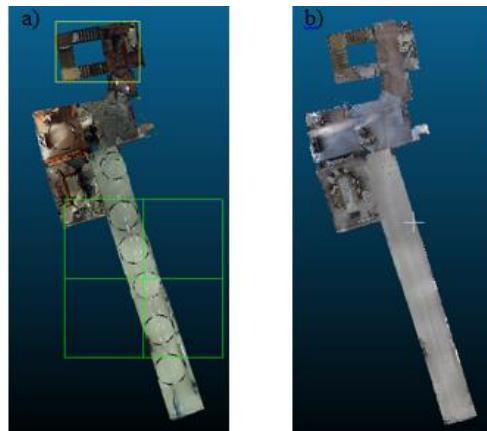
Dalam hasil permodelan tiga dimensi *Handheld SLAM LiDAR*, tampak bahwa pada model tiga dimensi *Handheld SLAM LiDAR* menghasilkan *point cloud* yang rapat. Dimana gambar model dipengaruhi pada proses pewarnaan *point cloud* saat pengolahan data yaitu pada proses *coloring* dimana pada pengolahan ini menggunakan *coloring* dengan jenis *high coloring* sehingga menghasilkan model dengan warna yang sempurna.

Hasil dan Analisis Perbandingan Model antara *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR*



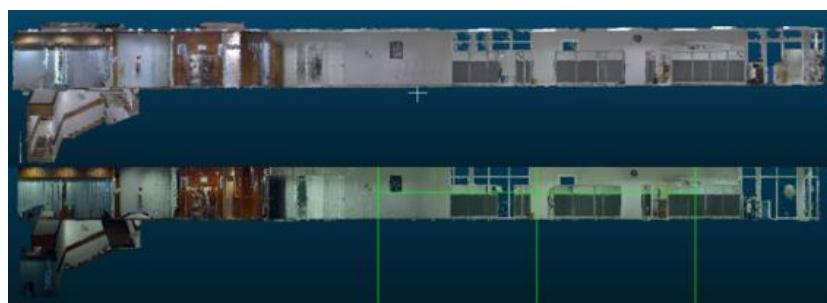
Gambar 6. Model dari Atas, a) *Terrestrial Laser Scanner*, b) *Handheld SLAM LiDAR*.

Terrestrial Laser Scanner (TLS) menghasilkan warna yang lebih bagus karena menggunakan kamera khusus beresolusi tinggi dengan pencahayaan terkontrol, seperti kamera profesional yang bisa mengatur cahaya dengan tepat. Karena diam di satu tempat, TLS bisa menangkap warna dan tekstur dengan detail sangat halus, cocok untuk dokumentasi bangunan bersejarah atau arsitektur yang butuh ketepatan warna.



Gambar 7. Model dari Bawah, a)*Terrestrial Laser Scanner*, b) *Handheld SLAM LiDAR*.

Pada *Terrestrial Laser Scanner*, terdapat area *blind spot* yang tidak terekam yaitu bagian bawah alat karena posisi *scanner* itu sendiri menghalangi proses pemindaian. Hal ini disebabkan oleh sudut pandang terbatas. Sementara itu, *Handheld SLAM LiDAR* mampu menangkap seluruh area termasuk bagian bawah karena perangkat dapat dipindahkan secara dinamis dan fleksibel. Keunggulan ini didukung oleh prinsip SLAM yang memungkinkan pemindaian 360° saat bergerak.



Gambar 8. Model dari Arah Samping, a)*Terrestrial Laser Scanner*, b) *Handheld SLAM LiDAR*.

Handheld SLAM LiDAR lebih baik dalam memindai kaca daripada *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) karena alat ini bisa bergerak bebas dan mengambil data dari berbagai arah bahkan dari samping atau bawah. Sementara itu, TLS yang berdiri di satu tempat sering gagal mendeteksi kaca karena laser yang dipantulkan mengarah ke tempat lain, terutama jika pemindaian dilakukan secara lurus.

Hasil Validasi dengan Data Jarak

Berdasarkan hasil validasi pada data diperoleh nilai RMSE *Terrestrial Laser Scanner* sebesar 0,0313 meter pada jarak 147,683 meter dan nilai RMSE *Handheld SLAM LiDAR* sebesar 0,0258 meter pada jarak 147,930 meter. Seperti pada tabel berikut.

Tabel 4. Perbandingan data jarak antara *Total Station* dengan *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR*.

No	Dari	Ke	Nilai Mutlak (meter) TS-TLS	Nilai Mutlak (meter) TS-HSL	Kuadrat Nilai Mutlak (meter) TS-TLS	Kuadrat Nilai Mutlak (meter) TS-HSL
1	1	2	0,017	0,005	0,0003	0,00003
2	2	3	0,007	0,004	0,00005	0,00002
3	3	4	0,008	0,003	0,0001	0,00001
4	4	5	0,005	0,006	0,00003	0,00004
5	5	6	0,048	0,010	0,0023	0,00009
6	8	9	0,010	0,003	0,0001	0,00001
7	9	10	0,005	0,020	0,00003	0,00040
8	10	11	0,057	0,021	0,0032	0,00045
9	15	16	0,026	0,022	0,0007	0,00048
10	16	17	0,013	0,008	0,0002	0,00006
11	17	18	0,009	0,009	0,0001	0,00008
12	18	20	0,036	0,029	0,0013	0,00084
13	1	8	0,027	0,049	0,0007	0,00240
14	2	8	0,055	0,051	0,0030	0,00260
15	3	8	0,04	0,037	0,0016	0,00137
16	4	8	0,042	0,027	0,0018	0,00073
17	1	3	0,018	0,004	0,0003	0,00002
18	7	9	0,006	0,010	0,00004	0,00011
19	3	9	0,039	0,044	0,0015	0,00194
20	4	9	0,047	0,041	0,0022	0,00168
			Σ	0,0195	0,0133	
			Rata-rata	0,0010	0,0007	
			RMSE	0,0313	0,0258	

Hasil dan Analisis Validasi Ketelitian dengan Data Jarak

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.02830165
Most Extreme Differences	Absolute	.153
	Positive	.106
	Negative	-.153
Kolmogorov-Smirnov Z		.684
Asymp. Sig. (2-tailed)		.737

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Gambar 9. Hasil uji normalitas perbandingan data jarak *Terrestrial Laser Scanner*.

Berdasarkan hasil uji normalitas *Terrestrial Laser Scanner* dari 20 sampel maka didapatkan *Mean* sebesar 0,005 , *Std. deviation* sebesar 0,02830165, *absolute* 0,153, *Positive* sebesar 0,106, *Negative* (-) 0,153, *Kolmogorov-Smirnov Z* sebesar 0,684, *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,737

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.02420821
Most Extreme Differences	Absolute	.156
	Positive	.147
	Negative	-.156
Kolmogorov-Smirnov Z		.698
Asymp. Sig. (2-tailed)		.715

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Gambar 10. Hasil uji normalitas perbandingan data jarak *Handheld SLAM LiDAR*

Berdasarkan hasil uji normalitas *Terrestrial Laser Scanner* dari 20 sampel maka didapatkan *Mean* sebesar 0,00 , *Std. deviation* sebesar 0,02420821, *absolute* 0,156, *Positive* sebesar 0,147, *Negative* (-) 0,156, *Kolmogorov-Smirnov Z* sebesar 0,698, *Asymp. Sig. (2-tailed)* sebesar 0,715.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan analisis dari tugas akhir yang berjudul “Analisis Perbandingan Ketelitian Pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dan *Handheld Slam Lidar* Untuk Pemetaan Dalam Ruangan (Studi Kasus: Pt. Asaba)” diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan karakteristik Pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* dan *Handheld SLAM LiDAR*, Ditinjau dari kemudahan proses akuisisi data, *Handheld SLAM LiDAR* lebih mudah karena Perekaman dilakukan dengan cara digenggam lalu berjalan keseluruh area penelitian

untuk dapat menghasilkan seluruh area penelitian. Sedangkan *Terrestrial Laser Scanner*, Perekaman dilakukan 20 kali berdiri berdiri alat untuk dapat menghasilkan objek seluruh area penelitian. Selain itu *Terrestrial Laser Scanner* juga harus melakukan penembakan *backsight* ketika melakukan pengukuran.

Ditinjau dari durasi waktu dalam proses akuisisi data Perekaman *Terrestrial Laser Scanner* dilakukan dengan 20 kali berdiri alat dimana dalam satu kali perekaman membutuhkan waktu sekitar 15 menit untuk proses *centring* hingga perekaman sehingga untuk 20 kali perekaman membutuhkan waktu sekitar 300 menit atau sama dengan 5 jam lamanya. Sedangkan *Handheld SLAM LiDAR* Perekaman hanya dilakukan dalam satu kali perekaman dimana perekaman membutuhkan waktu 30 menit lamanya.

Ditinjau dari tingkat ketelitian validasi data jarak dari kedua metode registrasi, secara numeris *Handheld SLAM LiDAR* memiliki ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Terrestrial Laser Scanner*. Hal ini ditunjukkan dengan nilai RMS dalam perhitungan jarak sebesar 0,0258 m untuk *Handheld SLAM LiDAR* dan Nilai RMS dalam perhitungan jarak sebesar 0,0313 untuk *Terrestrial Laser Scanner*.

Berdasarkan proses persiapan awal, pengolahan hingga hasil akhir yang diperoleh dalam penelitian ini, ada beberapa saran yang dapat dipertimbangkan dan digunakan dalam penelitian selanjutnya yaitu: (a) Peneliti sangat menyarankan untuk menggunakan *Handheld SLAM LiDAR* dalam melakukan pemetaan 3 dimensi dalam ruangan karena lebih efisien dalam proses akuisisi data. (b) Dalam proses akuisi data *Terrestrial Laser Scanner*, disarankan untuk melakukan pengambilan data *backsight* terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan *foresight* guna mengoptimalkan efisiensi pengolahan data. (c) Untuk mendapatkan kualitas model yang lebih baik, hindari penyiaman disekitar objek yang terbuat dari kaca karena hal tersebut dapat mengganggu pantulan laser yang menyebabkan objek hasil perekaman tidak tertangkap. (d) Agar proses perekaman berjalan lancar, disarankan melakukan perekaman diruangan kosong sehingga tidak ada gangguan dari orang yang lalu-lalang.

DAFTAR REFERENSI

- Alsadik, B., & Karam, S. (2022). The Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) - An overview. *September*. <https://doi.org/10.38094/jastt204117>
- Azam, A., Alshehri, A. H., Alharthai, M., El-banna, M. M., Yosri, A. M., & Beshr, A. A. A. (2023). Surface defects. *1-18*.
- Chao, W. (2022). Application of terrestrial laser scanning (TLS) in the architecture, engineering and construction (AEC) industry.
- CHC Navigation. (2024). *CHCNAV RS 10 MANUAL*. Shanghai: CHC Navigation.

- Gharebaghi, A., Mostafavi, M. A., Larouche, C., Esmaeili, K., & Genon, M. (2022). Precise indoor localization and mapping using mobile laser scanners: A scoping review. *Geomatica*, 75(4), 1-13. <https://doi.org/10.1139/geomat-2021-0011>
- Gumilar, I., Farohi, F., Munarda, M., & Bramanto, B. (2022). The combined use of terrestrial laser scanner and handheld 3D scanner for 3D modeling of piping instrumentation at oil and gas company. 54(6). <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2022.54.6.3>
- Keitaanniemi, A., Virtanen, J., Rönnholm, P., Kukko, A., Rantanen, T., & Vaaja, M. T. (2021). The combined use of SLAM laser scanning and TLS for the 3D indoor mapping. 1-18. <https://doi.org/10.3390/buildings11090386>
- Mahardika, V., Anggraini, L., Wanto, S., & Semarang, U. (2024). Pelatihan dasar total station bagi siswa-siswi SMK Negeri 2 Kendal. 2(4), 1149-1156. <https://doi.org/10.59407/jpki2.v2i4.983>
- Mei, T., Pemetaan, A., Ruangan, D., Simultan, L., LiDAR, S., Tinggi, S., Kejuruan, P., & Arsitektur, D. (2021). Aplikasi pemetaan dan pemasian dalam ruangan dari sistem pemetaan dan pelokalan simultan (SLAM) LiDAR genggam LiDAR Dergisi Turki. *El-tipi LiDAR Eş Zamanlı Konumlama ve Haritalama (SLAM) Sistemlerinin İç Mekân Haritalama ve Konumlandırma Amaçlı Uygulamaları*. <https://doi.org/10.51946/melid.927004>
- Mulyana, D. I., & Pratiwi, T. A. (2024). Optimasi pengukuran dinamis dari visualisasi model ruangan 3D menggunakan sensor LiDAR dan framework RoomPlan. 5(3), 2623-2633. <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i3.950>
- Nikmah, A., Ramadani, R., Khoiro, M., & Firdaus, R. A. (2024). Analisis kinerja sistem LiDAR (Light Detection and Ranging) dalam pengukuran jarak dengan pendekatan simulasi: Evaluasi ketepatan dan keandalan pengukuran. 7(5), 1569-1576. <https://doi.org/10.56338/jks.v7i5.5250>
- Subiyanto, S., Bashit, N., Rianty, N. D., & Savitri, A. D. (2021). Combination of terrestrial laser scanner and unmanned aerial vehicle technology in the manufacture of building information model. 5(2), 520-525. <https://doi.org/10.30871/jagi.v5i2.3444>
- Teknik, F., & Wiraraja, U. (2024). Pelatihan penggunaan dan pengolahan data hasil pengukuran total station di CV. Investama Karya Konsultan. 2(1), 28-32. <https://doi.org/10.24929/rn.v2i1.3108>
- Tiga, P., Bangunan, D., & Tingkat, G. (2024). *Journal of Geospatial Science and Technology*, 02(02), 14-25. <https://doi.org/10.22146/jgst.v2i2.14853>
- Widyastuti, R. (2022). Registration strategy of handheld scanner (HS) and terrestrial laser scanner integration for building utility mapping. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1047/1/012012>. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1047/1/012012>
- Zaini, G. A., Kamil, I., Ridwan, M., Rekayasa, M., Jembatan, R., & Sipil, J. T. (2024). Penerapan pengukuran geometrik konstruksi jembatan menggunakan terrestrial laser scanner (objek penelitian: Jembatan Arief Rahman Hakim, Samarinda). XVI(1), 1-8. <https://doi.org/10.46964/inersia.v16i1.956>
- Zeybek, M. (2021). Indoor mapping and positioning applications of hand-held LiDAR Simultaneous localization and mapping (SLAM) systems Türkiye LiDAR Dergisi. *El-tipi LiDAR Eş Zamanlı Konumlama ve Haritalama (SLAM) Sistemlerinin İç Mekân Haritalama ve Konumlandırma Amaçlı Uygulamaları*. May. <https://doi.org/10.51946/melid.927004>