



**PENGUKURAN CHASSIS DUMP TRUCK MENGGUNAKAN LASER SCAN
METODE TARGET-BASED REGISTRATION**

(Studi kasus: Proyek Inspeksi Dimensi Chassis Dump Truck)

*Dump Truck Chassis Measurement Using Laser Scan Target-Based Registration Method
(Case Study: Dump Truck Chassis Dimension Inspection Project)*

Ronni Sandria¹, Oktavianto Gustin¹

¹ Teknologi Geomatika, Indonesia
Politeknik Batam

Penulis Korespondensi: Ronni Sandria | **Email:** ronnisandria2016@gmail.com

ABSTRAK

Dalam industri konstruksi dan pertambangan, dimensi *chassis dump truck* sangat berpengaruh terhadap kapasitas muatan, stabilitas, dan efisiensi operasional. Seiring perkembangan teknologi, penggunaan *terrestrial laser scanner* dalam pengukuran dimensi telah memungkinkan pekerjaan menjadi lebih cepat dan menghasilkan data yang jauh lebih detail. Salah satu perkembangan teknologi terkini adalah pembuatan model tiga dimensi objek menggunakan *terrestrial laser scanner*. Metode pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* yang digunakan untuk mengukur dimensi *Chassis Dump Truck* adalah *Target-Based*. Proses akuisisi data di lapangan dan pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Scene* dan *Cyclone V.9.1*. Pengujian hasil perhitungan dimensi dilakukan dengan dua metode, yaitu perbandingan dimensi menggunakan *Electronic Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner*. Hasil pengukuran pada *Chassis Dump Truck* yang dilakukan pada tanggal 23 Januari 2024 menunjukkan bahwa sebagian besar perbandingan hasil pengukuran antara *Terrestrial Laser Scanner (TLS)* dan *Electronic Total Station (ETS)* tidak melebihi 5 mm. Kesimpulannya perbandingan hasil pengukuran dilakukan untuk memastikan bahwa jarak antar titik pusat (*center point*) mendekati hasil pengukuran sebelumnya. Perbedaan nilai pengukuran jarak dapat disebabkan oleh perbedaan lokasi titik survei dan akurasi alat yang digunakan.

Kata Kunci: *Chassis Dump Truck, Laser Scan, Target-Based Registration*

ABSTRACT

In the construction and mining industries, the dimensions of a dump truck chassis significantly impact its load capacity, stability, and operational efficiency. With advancements in technology, the use of terrestrial laser scanners for dimensional measurements has enabled faster work and the generation of much more detailed data. One of the latest technological developments is the creation of three-dimensional object models using terrestrial laser scanners. The Target-Based method of terrestrial laser scanner measurement was used to measure the dimensions of the dump truck chassis. Data acquisition in the field and data processing were conducted using Scene and Cyclone V.9.1 software. Testing of the dimensional calculation results was conducted using two methods: comparison of dimensions using an Electronic Total Station and a Terrestrial Laser Scanner. The measurement results of the dump truck chassis conducted on January 23, 2024, showed that most of the comparison results between the Terrestrial Laser Scanner (TLS) and the Electronic Total Station (ETS) did not exceed 5 mm. In conclusion, the comparison of measurement results was conducted to ensure that the distance between the centre points was close to the previous measurement results. Differences in measurement values can be caused by differences in survey point locations and the accuracy of the instruments used.

Keywords: *Chassis Dump Truck, Laser Scan, Target-Based Registration*

1. Pendahuluan

Dalam industri konstruksi dan pertambangan, *dump truck* merupakan salah satu alat berat yang sangat penting untuk pengangkutan material. Ukuran dan dimensi *Chassis Dump Truck* berpengaruh terhadap kapasitas muatan, stabilitas, dan efisiensi operasional. Oleh karena itu, pengukuran yang akurat terhadap *Chassis Dump Truck* sangat diperlukan untuk memastikan bahwa kendaraan tersebut memenuhi spesifikasi teknis dan standar keselamatan.

Pada masa lampau, pengukuran dimensi dilakukan menggunakan alat manual seperti penggaris, pita ukur, dan alat ukur lainnya. Namun, metode ini membutuhkan waktu yang lama, dan rentan terhadap kesalahan dalam pengukuran, serta tidak dapat memberikan data yang detail. Kesalahan yang rentan terjadi biasa disebabkan karena kesalahan operator, alat ukur yang tidak dikalibrasi, faktor lingkungan, dan toleransi geometrik suatu bagian (Jonathan, 2023).

Seiring dengan perkembangan teknologi, pengukuran dimensi dapat dilakukan dengan menggunakan *laser scanner* yang dapat membuat pekerjaan menjadi lebih cepat serta data yang dihasilkan lebih detail. Salah satu teknologi yang berkembang saat ini adalah pembentukan objek tiga dimensi menggunakan peralatan *Terrestrial Laser Scanner* (Soedarto, 2018).

Terrestrial Laser Scanning dapat membentuk model secara kompleks dan detail sesuai dengan bentuk aslinya dengan ketelitian tinggi dalam waktu yang singkat. Hasil dari *Laser Scanner* ini berupa *point cloud* dan foto 3D yang akurasi dapat diuji dengan membandingkan jarak objek hasil pengukuran menggunakan *Total Station*. Menganalisis ketelitian *Point Cloud* terhadap kerangka dasar horizontal dan vertikal menggunakan RMSE (Fabian, et al., 2024).

Dalam tugas akhir ini, metode pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* digunakan untuk mengukur dimensi *Chassis Dump Truck*. Proses akuisisi data di lapangan dan pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Scene* dan *Cyclone V.9.1*. Hasil akhir dari penelitian ini adalah laporan ukuran dimensi *Chassis Dump Truck*. Pengujian hasil perhitungan dimensi dilakukan dengan dua metode, yaitu perbandingan dimensi menggunakan *Electronic Total Station* dan *Terrestrial Laser Scanner*.

2. Landasan Teori

2.1 *Dump Truck*

Dump Truck adalah alat yang digunakan untuk memindahkan material pada jarak menengah sampai jarak jauh (500meter atau lebih). Muatannya diisikan oleh alat pemuat, sedangkan untuk membongkar muatannya, alat ini dapat bekerja sendiri. Berikut tipe *Dump Truck* yang banyak beredar di pasaran (Chandra, 2015).

- a. *Articulated Dump Truck*
- b. *Rigid Dump Truck*
- c. *Mining/Quarry Dump Truck*
- d. *Standard Dump Truck*
- e. *Side Dump Truck*
- f. *Rear Dump Truck*

2.2 *Terrestrial Laser Scanner*

Terrestrial Laser Scanner adalah salah satu peralatan atau teknologi pemetaan yang memanfaatkan aplikasi sinar laser untuk mengukur koordinat 3 dimensi suatu objek secara otomatis dan *real time* dengan pemanfaatan sensor aktif (Reshetyuk, 2009). Hasil dari pemindaian *Laser Scanner* ini adalah berupa data yang dinamakan *point cloud*. *Point cloud* adalah kumpulan titik – titik 3 dimensi yang memiliki koordinat (X, Y, dan Z) dalam satu sistem koordinat yang sama.

Pemanfaatan *laser scanner* dalam pekerjaan survei memiliki dua metode akuisisi data, antara lain metode statik dan dinamik. Pada metode statik, TLS ditempatkan di atas tripod dan tetap berada di titik tertentu, sementara pada metode dinamik, TLS dipasang pada *platform* yang bergerak (Fauzi, 2018).

2.3 Survei Rekayasa

Pemodelan adalah kegiatan yang bertujuan untuk membentuk objek dengan skala lebih kecil, yang direpresentasikan dalam bentuk dua dimensi atau tiga dimensi. Pemodelan dua dimensi biasanya digunakan untuk gambar atau ilustrasi yang memerlukan tampilan dari satu sudut pandang, sedangkan pemodelan tiga dimensi menawarkan dimensi tambahan panjang, lebar, dan tinggi yang memberikan gambaran lebih lengkap dan realistis tentang objek yang dimodelkan (Sadeghineko, F., dkk, 2024).

2.4 *Dimensional Control*

Dimensional Control adalah proses penting dalam konstruksi sipil yang melibatkan pengukuran

dimensi presisi dan referensi spasial akurat terhadap tolok ukur yang ditetapkan. Dalam pembuatan kerangka kontrol pada *Chassis Dump Truck*, survei ini memastikan elemen struktural terpasang sesuai desain. Pengukuran menggunakan sistem koordinat lokal dan alat *Electronic Total Station* untuk menentukan posisi dan orientasi objek dengan ketelitian tinggi (Purwaamijaya, 2008).

Kerangka kontrol horizontal meliputi sumbu X dan Y, sedangkan vertikal pada sumbu Z (Rassarandi, et al., 2021). Proses ini menjamin kualitas dan keamanan konstruksi serta memastikan pemasangan elemen struktural sesuai spesifikasi teknis (Gustin Oktavianto, et al., 2018).

3. Metodologi Penelitian

3.1 Lokasi, Waktu dan Objek Penelitian

Objek yang disurvei pada penelitian ini adalah *Chassis Dump Truck*, yang terletak di Jalan Komplek Green Land, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 23 Januari 2024. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dimensi *Chassis Dump Truck* dengan ketelitian tinggi serta menghasilkan data yang mendetail, sehingga data yang diperoleh dapat digunakan untuk mengetahui ukuran dimensi dari segala arah. Berikut peta Lokasi penelitian terdapat pada gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3.2 Metodologi

Penelitian ini berawal dari studi literatur yang dikumpulkan untuk mempermudah penelitian. Kemudian mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian yang diangkat yaitu data 3D objek, titik kontrol dan titik sekutu. Titik kontrol di lapangan meliputi pengukuran menggunakan *Electronic Total Station*.

Setelah data dikumpulkan, peneliti melakukan pengolahan data dengan kerangka kontrol sebagai penentu titik acuan serta orientasi objek yang diteliti. Selanjutnya proses pengecekan data bertujuan memastikan data layak untuk dilakukan proses registrasi. Proses registrasi data *Laser Scanner* menggunakan *Scene V.7.0*.

Analisis data dilakukan dengan pengecekan kualitas data dengan pertampalan antara data atau perpindahan alat *Laser scanner*. Kemudian melakukan *filtering point cloud* atau membersihkan bias-bias data yang disebabkan dari pantulan cahaya dari objek yang dianalisis. Setelah itu analisis ketelitian (QC) dengan melakukan perbandingan ketelitian menggunakan hasil pengukuran *Electronic Total Station*.

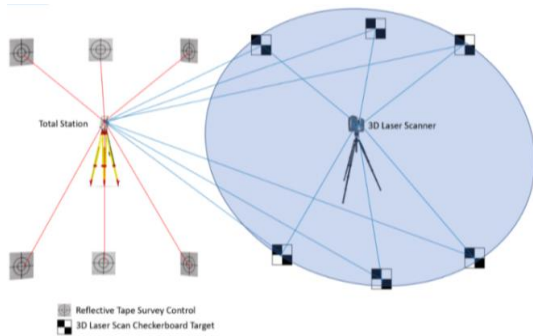
Peneliti juga melakukan pembuatan laporan hasil pengukuran dengan menggunakan perangkat lunak AutoCAD, yang menghasilkan gambar dua dimensi dengan pengukuran dimensi yang rinci.

Teknik pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

1. *Laser Scanner inspector* harus merencanakan lokasi pusat referensi dan orientasi data menggunakan sistem koordinat lokal.
2. Identifikasi dan bersihkan area pemindaian untuk memastikan tidak ada objek atau gangguan yang dapat mempengaruhi hasil pemindaian.
3. Tempatkan target kontrol pada posisi strategis di seluruh area yang akan dipindai, dengan memastikan target tersebut dapat terlihat jelas oleh laser scanner dari berbagai sudut pandang.
4. Pasang target kontrol dengan stabil pada lokasi yang telah ditentukan. Pastikan target tersebut terpasang dengan kuat dan tidak akan bergerak selama proses pemindaian.
5. Siapkan *laser scanner FARO* untuk pemindaian, dengan mengatur parameter pemindaian sesuai dengan kebutuhan proyek, seperti resolusi dan jangkauan pemindaian.
6. Lakukan pemindaian dari berbagai posisi untuk mencakup seluruh area yang diperlukan, pastikan setiap pemindaian mencakup target kontrol yang telah dipasang.

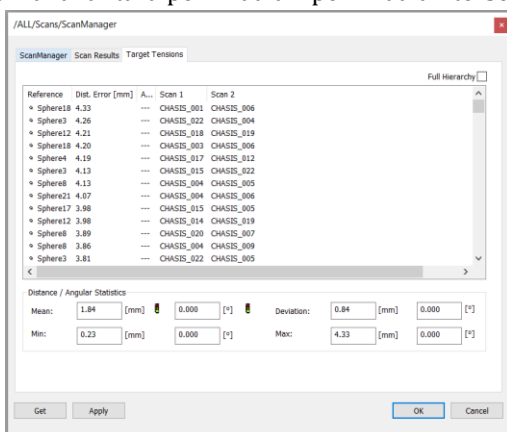
Peneliti melakukan akuisisi pemindaian *Laser Scanner* pada tanggal 23 Januari 2024 menggunakan *Laser Scanner FARO S150 Plus* dan *Total Station Leica TS16*. Sebelum pemindaian dimulai, inspektur menerapkan referensi pemindaian di sekitar area survei. Pemindaian

referensi berupa sticker target disurvei menggunakan *Electronic Total Station*. Ilustrasi persebaran kerangka control dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Stiker Target

Setelah itu peneliti melakukan proses pengolahan data yaitu dengan registrasi dan pengecekan kualitas *point cloud* (QC). Peneliti menggunakan perangkat lunak *Scene V7.1* dalam proses registrasi data. Perangkat lunak *Scene* adalah salah satu bawaan alat *Laser Scanner* merk *FARO*. *Scene* adalah komersial yang lisensinya dapat dibeli bebas pada *website* resmi *FARO*. Selain dengan membeli lisensi, pengguna juga dapat menggunakan mode *Demo* selama 30 hari. Namun, untuk penggunaan mode *Demo*, hanya diperbolehkan satu kali instalasi pada setiap perangkat. Registrasi adalah proses penyalarsan beberapa pemindaian dalam sistem koordinat *Chassis* dengan menggunakan titik referensi bersama antara pemindaian-pemindaian tersebut. Titik referensi ini berfungsi sebagai acuan mencapai keselarasan yang optimal di antara pemindaian-pemindaian tersebut.



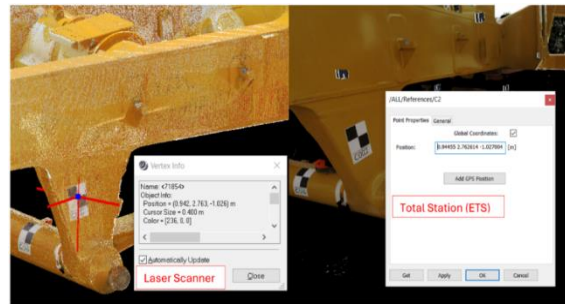
Gambar 3. Status Registrasi

Berdasarkan hasil yang diperoleh, seperti yang terlihat pada Gambar 3, kesalahan maksimum tercatat sebesar 4.33 mm, yang disebabkan oleh prosedur registrasi pada stasiun pemindaian 001 dan 006. Proses registrasi dilakukan dengan tujuan

untuk memastikan bahwa kesalahan jarak target tidak melebihi 5 mm.

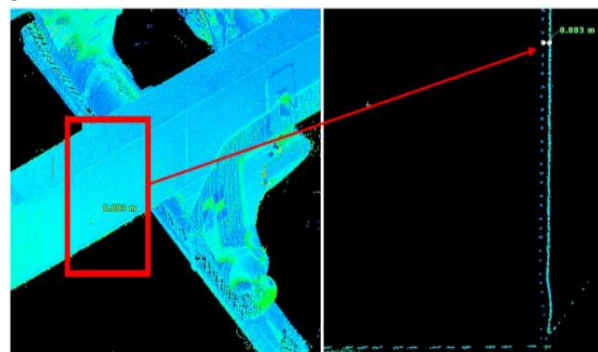
Proses pengecekan kualitas *point cloud* meliputi pemeriksaan visual yang bertujuan untuk memverifikasi apakah objek yang perlu di tangkap sudah termasuk dalam hasil pemindaian, serta pengecekan akurasi target, yang memastikan bahwa *point cloud* sudah memiliki konsistensi posisi setelah penerapan titik kontrol.

Berikut model perbandingan hasil koordinat ETS dan TLS seperti pada gambar 4.

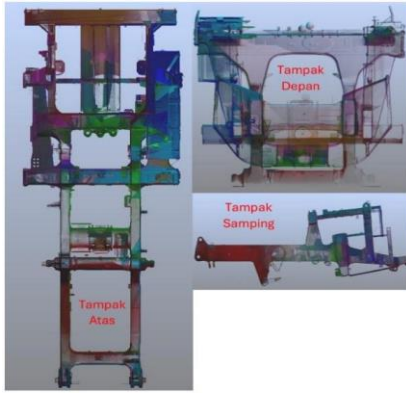


Gambar 4. Perbandingan Hasil Koordinat ETS dan TLS

Selanjutnya, *point cloud* yang direkam dari berbagai pengaturan pemindaian pada objek yang sama disimpan. Dengan melakukan pemotongan pada *point cloud*, penyimpangan antar *point cloud* dari pengaturan pemindaian yang berbeda dapat diidentifikasi. Ketidakkonsistenan hasil tersebut dapat mengindikasikan masalah pada kualitas data pemindaian, kegagalan pada target, atau pengaruh faktor eksternal seperti getaran. Lokasi pemotongan ditentukan secara acak di sepanjang area pemindaian. Berikut ini adalah contoh pengecekan penyimpangan *point cloud* yang dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pengecekan Penyimpangan *Point Cloud*



Gambar 6. Point Cloud Hasil Proses Registrasi

Setiap pengukuran pasti mengandung kesalahan, demikian pula dalam proses pengolahan data, khususnya pada tahap registrasi. Pada penelitian ini proses verifikasi data *Terrestrial laser scanner* dan *electronic total station* dilakukan dengan mengukur nilai RMSE nya. RMSE merupakan nilai yang menggambarkan perbedaan antara nilai yang sebenarnya dengan nilai yang diperoleh dari hasil pengukuran. Semakin besar nilai RMSE, semakin besar pula kesalahan yang terjadi antara hasil pengukuran dengan kondisi sebenarnya (Simbolon, Alfred B S. dkk. 2017).

RMSE dihitung dengan cara mengkuadratkan selisih antara nilai yang diukur dengan nilai yang sesungguhnya, kemudian menghitung rata-rata dari kuadrat selisih tersebut, dan akhirnya mengambil akar kuadrat dari hasil rata-rata tersebut. Berikut adalah rumus RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(R-R_1)^2}{N}} \quad (1)$$

Keterangan:

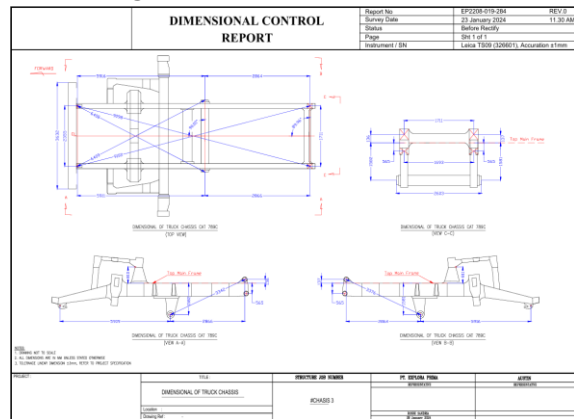
- RMSE : *Root Mean Square Error*
- R : Nilai yang dianggap benar
- R1 : Nilai hasil ukuran
- N : Banyak ukuran yang digunakan

4. Hasil dan Pembahasan

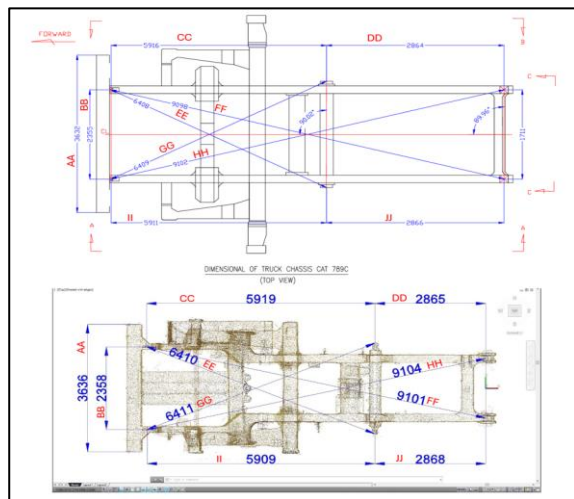
4.1 Hasil Penelitian

Hasil pengukuran pada *Chassis Dump Truck* yang dilakukan pada tanggal 23 Januari 2024 menunjukkan bahwa sebagian besar perbandingan hasil pengukuran antara *Terrestrial Laser Scanner (TLS)* dan *Electronic Total Station (ETS)* tidak melebihi 5 mm. Pengukuran dilakukan setelah *Chassis Dump Truck* selesai melepaskan komponen mesin dan bagian lainnya. Hasil pengukuran selanjutnya akan diserahkan kepada tim *engineering* untuk dianalisis lebih lanjut, dan pihak *engineering* akan menentukan apakah diperlukan

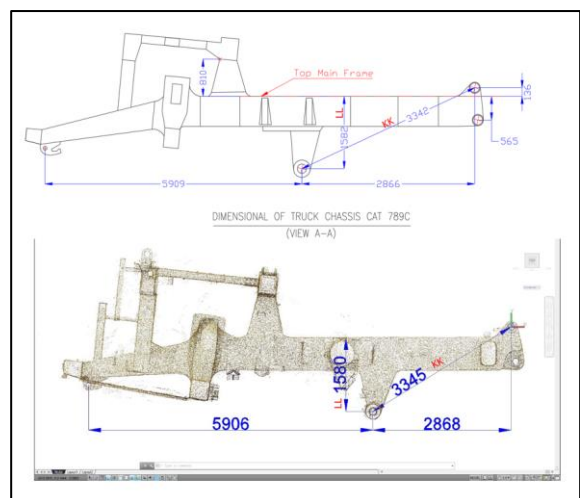
perbaikan atau tidak. Laporan pengukuran dapat dilihat dari gambar 7, 8, 9 & 10.



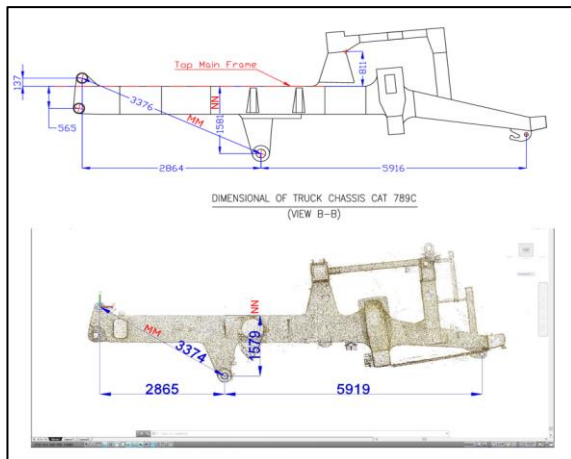
Gambar 7. Laporan Pengukuran *Dimensional Control* Menggunakan *Electronic Total Station (ETS)*



Gambar 8. Detail Tampak Atas Dimensi Chassis Dump Truck (Pengukuran ETS dan TLS)



Gambar 9. Detail Tampak Sisi Kiri Dimensi *Chassis Dump Truck* (Pengukuran ETS dan TLS)



Gambar 10. Detail Tampak Sisi Kanan Dimensi Chassis Dump Truck (Pengukuran ETS dan TLS)

Berikut adalah tabel hasil perhitungan RMSE jarak antar objek antara data *Terrestrial Laser Scanner* dan *Electronic Total Station*.

Tabel 1. Nilai Jarak Hasil Pengukuran ETS dan TLS

Nama Poin	Point Total Electronic Station (ETS)	Point Laser Scanner	Deviasi
	Jarak (mm)	Jarak (mm)	Jarak (mm)
AA	3.632	3.636	-0.004
BB	2.355	2.358	-0.003
CC	5.916	5.919	-0.003
DD	2.864	2.865	-0.001
EE	6.408	6.410	-0.002
FF	9.098	9.101	-0.003
GG	6.409	6.411	-0.002
HH	9.102	9.104	-0.002
II	5.911	5.909	0.002
JJ	2.866	2.868	-0.002
KK	3.342	3.345	-0.003
LL	1.582	1.580	0.002
MM	3.376	3.374	0.002
NN	1.581	1.579	0.002

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat nilai jarak antar objek yang diperoleh dari hasil pengukuran alat ukur *Electronic Total Station (ETS)* dan alat ukur *Terrestrial Laser Scanner (TLS)* menggunakan Uji perbandingan yang dilakukan dengan menghitung nilai RMSE untuk jarak antar objek tersebut. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup nilai-nilai jarak untuk objek AA, BB, CC, DD, EE, FF, GG, HH, II, JJ, KK, LL, MM, dan NN, yang diperoleh dari pengukuran dengan *Terrestrial Laser Scanner* dan *Electronic Total Station*. Penggunaan kedua alat ukur ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh nilai jarak dengan mudah dan akurat.

Tabel 2. Hasil Perhitungan RMSE

Nama Point	$\sqrt{\frac{\sum(R - R1)^2}{N}}$
	Jarak (mm)
AA	0.003
BB	0.002
CC	0.002
DD	0.001
EE	0.001
FF	0.002
GG	0.001
HH	0.001
II	0.001
JJ	0.001
KK	0.002
LL	0.001
MM	0.001
NN	0.001

Berdasarkan Tabel 2, hasil perhitungan RMSE pada nilai jarak antar objek menunjukkan bahwa titik dengan nilai RMSE terendah adalah *point* DD, EE, GG, HH, II, JJ, LL, MM, dan NN, dengan nilai jarak 0.001 mm. Sementara itu, titik dengan nilai RMSE tertinggi adalah *point* AA, yang memiliki nilai 0.003 mm. Dari hasil perhitungan ini, dapat dilihat perbedaan antara titik dengan nilai RMSE terendah dan tertinggi, yang menunjukkan variasi dalam hasil pengukuran.

4.2 Pembahasan

Pengukuran *Chassis Dump Truck* menggunakan metode *target-based* dilakukan dengan pemindaian menggunakan stiker kotak dan bola sebagai titik ikat untuk registrasi data. Stiker kotak berfungsi sebagai marker visual yang mudah dikenali pemindai 3D, sementara bola-bola memberikan titik referensi untuk penyelarasan data. Proses pemindaian mengumpulkan data *point cloud* menggunakan *laser scanner* yang mencakup permukaan *chassis* dan target.

Setelah pemindaian, perangkat lunak *Scene* digunakan untuk registrasi data, menggabungkan pemindaian yang ada dan mencocokkan titik referensi untuk menghasilkan satu set data terkoordinasi. Selanjutnya, perangkat lunak *Cyclone* digunakan untuk memeriksa kualitas *point cloud* dengan mengukur penyimpangan antar titik secara acak di seluruh bagian *chassis*, guna memastikan akurasi dan mendeteksi kesalahan atau distorsi dalam pemindaian.

Proses pengukuran *Chassis Dump Truck* mencakup langkah validasi untuk memastikan akurasi data hasil pengukuran. Validasi dilakukan

pada bagian-bagian penting dari setiap *chassis dump truck* menggunakan peralatan seperti *Electronic Total Station (ETS)*.

Perbandingan hasil pengukuran dilakukan untuk memastikan bahwa jarak antar titik pusat (*center point*) mendekati hasil pengukuran sebelumnya. Perbedaan nilai pengukuran jarak dapat disebabkan oleh perbedaan lokasi titik survei dan akurasi alat yang digunakan. Proses validasi merupakan tahapan yang harus dilakukan oleh juru ukur secara internal untuk memastikan keakuratan data pengukuran, serta berfungsi sebagai bagian dari proses kontrol kualitas (QC).

Hasil perbandingan pengukuran menunjukkan bahwa nilai koordinat TLS dan ETS memiliki perbandingan dengan RMSE sebesar 2 mm, sementara registrasi data TLS menghasilkan error maksimum sebesar 4.33 mm.

5. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil dan analisis penelitian ini adalah proses pengukuran *Chassis Dump Truck* dilakukan menggunakan *Laser Scanner FARO Seri 150+* dengan menerapkan prinsip dasar survei terestris dan menggunakan sistem koordinat lokal. Titik ikat ditandai dengan stiker berbentuk kotak dan bola yang ditempatkan secara acak dalam pola kuadran pada objek yang akan dipindai.

Hasil pemindaian *laser scanner* berupa *point cloud* dan foto 3D kemudian diolah menggunakan perangkat lunak untuk mengekstraksi titik-titik tertentu, yang selanjutnya digunakan sebagai bahan analisis dan pengukuran. Kemudian proses pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Scene* dan *Cyclone*. *Scene* adalah perangkat lunak bawaan yang digunakan untuk proses registrasi data, setelah itu hasil registrasi diekspor dan diimpor ke dalam *Cyclone* untuk dilakukan pembersihan (*cleaning*) *point cloud* dan analisis lebih lanjut.

Setelah proses pembersihan *point cloud*, langkah berikutnya adalah melakukan kontrol kualitas (QC) untuk memastikan bahwa data sudah benar dan layak digunakan.

Pada tahap akhir, laporan dibuat menggunakan perangkat lunak AutoCAD 2013. Hasil pengukuran disajikan dalam bentuk gambar 2D dengan tampilan *top view* (tampak atas) dan *side view* (tampak samping) untuk memperlihatkan dimensi ukuran. Laporan tersebut kemudian diserahkan kepada pihak *engineering* sebagai

referensi untuk perencanaan atau evaluasi lebih lanjut.

6. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam jurnal ini.

7. Referensi

- Chandra. (2015). Pemindahan Tanah Mekanis Dump Truck. Teknik Sipil Universitas Riau.
- Fauzi, A. I. (2018). Metodologi Pemetaan Terrestrial Laser Scanner (TLS). Institut Teknologi Bandung.
- Manoppo, F. J., Lefrandt, L. I., & Marasabessy, R. F. (2024). Analisis Ketelitian Terrestrial Laser Scanner Terhadap Kerangka Dasar Horizontal Dan Kerangka Dasar Vertikal Dalam Pemetaan. Universitas Sam Ratulangi, Indonesia.
- Osman, A. S., Mabrouk, A. M., Mahjoub, A. M., Elkhalfa, A. A., & Abbas-Elhag, A. (2021). Accuracy Investigation of The Three-Point Resection Method Through the Distribution of Control Points Across Four Quadrants. 1Department Of Surveying Engineering, Faculty of Engineering Sciences, Omdurman Islamic University.
- Prasetyo, Y., & Bashit, N. (2018). Analisis Tingkat Akurasi Model Tiga Dimensi Gedung Prof. H. Soedarto Sh. Menggunakan Teknologi Terrestrial Laser Scanner (TLS) Berbasis Metode Traverse. Departemen Teknik Geodesi Undip.
- Purwaamijaya, I. M. (2008). Teknik Survey Dan Pemetaan. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Rassarandi, F. D., Gustin, O., & Putra. (2021). Perbandingan Hasil Koordinat Kerangka Pemetaan Menggunakan Metode Bowditch Poligon Tertutup Dengan Metode Adjustment Triangulated Quadrilateral. Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan.
- Sadeghineko, F., Lawani, K., & Tong, M. (2024). Practicalities Of Incorporating 3d Laser Scanning with Bim in Live Construction Projects: A Case Study. Construction And Surveying Department, Glasgow Caledonian University, Glasgow G4 0ba, Uk.
- Setiawan, A. F. (2018). Analisa Hasil Pengukuran Koordinat Terrestrial Laser Scanner Gls - 200. Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Simbolon, A. B., Yuwono, B. D., & Amarrohman, F. J. (2017). Analisis Perbandingan Ketelitian Metode Registrasi Antara Metode Kombinasi Dan Metode Traverse Dengan Menggunakan

- Terrestrial Laser Scanner Dalam Pemodelan Objek 3 Dimensi. Jurnal Geodesi Undip.
- Staiger, R. (2003). Terrestrial Laser Scanning Technology, System and Application. Fig Regional Conference Marrakech, Morocco.
- Yuliadi, A., & Diyono. (2015). Pengukuran Kerangka Kontrol Pemetaan Dan Pembuatan Peta Situasi Sebagian Wilayah Desa Banyuripan Kecamatan Bayat Kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah. Universitas Gajah Mada.
- Zakaria, A. (2016). Studi Pemodelan 3d Menggunakan Terrestrial Laser Scanner Berdasarkan Proses Registrasi (Cloud to Cloud Dan Target to Target). Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Gustin Oktavianto, et al., Rozikin Arif., Fatulloh Agus (2018). Determination and Measurement of Horizontal Control Points 2nd Orde