

PEMANFAATAN TEKNOLOGI 3D TERRESTRIAL LASER SCANNER DALAM MENDUKUNG KONSTRUKSI JEMBATAN (Studi Kasus: Jembatan Layang Jalan Laswi - Pelajar Pejuang 45, Kota Bandung)

SONI DARMAWAN¹, WAHIKA FITRAH²

1. Institut Teknologi Nasional Bandung
 2. Institut Teknologi Nasional Bandung
- Email : wahikafitrah@gmail.com

ABSTRAK

Jembatan layang Laswi – Pelajar Pejuang 45 merupakan jenis jembatan layang Tipe Box Girder Beton Prategang (Prestressed Concrete) yang melintasi Jalan Gatot Soebroto dan merupakan bagian dari proyek strategis provinsi Jawa Barat untuk mengatasi kemacetan yang ada di Kota Bandung, Sehingga perlu dilakukannya perawatan secara berjangka guna monitoring fisik saat dilakukan pengecekan keadaan jembatan. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan 3D menggunakan Terrestrial Laser Scanner (TLS) dan Menganalisis ketelitian data hasil pengukuran metode cloud to cloud berdasarkan hasil validasi lapangan menggunakan alat Electronic Total Station (ETS). Metodologi pada penelitian ini meliputi pengukuran kerangka dasar pemetaan, pengukuran menggunakan alat Terrestrial Laser Scanner, Registrasi, Filtering dan pembentukan model 3D. Penelitian ini dilakukan di jalan Laswi - Pelajar Pejuang 45 yang melintasi jalan Gatot soebroto Kota Bandung. Dalam penelitian ini bentuk jembatan digambarkan dalam model 3D yang diperoleh dari pengukuran menggunakan TLS dengan metode registrasi cloud to cloud. Pengukuran situasi menggunakan ETS digunakan untuk menguji ketelitian data hasil ukuran TLS. Dari penelitian ini diperoleh model 3D Jembatan layang Laswi – Pelajar Pejuang 45 dengan nilai RMSE sebesar 0,022 meter.

Kata kunci: *jembatan layang laswi-pelajar pejuang 45, Terrestrial Laser Scanner (TLS), cloud to cloud, Model 3D.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan salah satu sarana yang digunakan oleh manusia dalam melakukan berbagai interaksi antar manusia sebagaimana halnya makhluk sosial. Mengingat pentingnya peran sarana transportasi dalam kehidupan manusia maka diperlukan sarana penunjang transportasi yang baik diantaranya adalah jalan layang atau jembatan layang. (Jhonatan, 2015). Jalan layang atau jembatan layang adalah struktur yang dibangun dengan tujuan menghubungkan jalan dari suatu tempat ketempat lain. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, jalan layang atau jembatan layang mulai dibuat untuk mengatasi kemacetan dengan menggunakan beton atau beton yang dikompositkan dengan baja. Jembatan layang Laswi – Pelajar Pejuang 45 merupakan jenis jembatan layang Tipe Box Girder Beton Prategang (Prestressed Concrete) yang melintasi Jalan Gatot Soebroto, Yang dibangun bersamaan dengan jembatan layang di Jalan Jakarta - Supratman pada tahun 2019 dan jembatan layang ini

diresmikan oleh gubernur Jawa Barat, Ridwan Kamil, pada tanggal 22 April dan merupakan bagian dari proyek strategis provinsi Jawa Barat untuk mengatasi kemacetan yang ada di Kota Bandung (Pamungkas, 2021).

Salah satu bentuk pendokumentasian Jembatan yaitu dengan memanfaatkan teknologi Terrestrial Laser Scanner (TLS) diantaranya agar mendapatkan geometri dari jembatan itu sendiri. Pengukuran yang dilakukan untuk membuat model 3D jembatan menggunakan data dari Terrestrial Laser Scanner (TLS). TLS biasanya digunakan untuk memodelkan suatu objek dengan bentuk yang rumit dan memerlukan ketelitian yang tinggi. Mengingat peranan jembatan layang Laswi – Pelajar Pejuang 45 yang begitu penting tersebut, Maka dari itu jembatan ini perlu data Model 3D guna monitoring fisik saat dilakukan pengecekan keadaan jembatan. Adapun tujuan dari penelitian ini yakni untuk melakukan pembuatan Model 3D Jembatan layang Laswi – Pelajar Pejuang 45 dan juga untuk menganalisis ketelitian data hasil pengukuran metode cloud to cloud berdasarkan hasil validasi lapangan menggunakan alat Electronic Total Station (ETS).

2. METODOLOGI

2.1 Data dan Peralatan

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data penyiaman berupa point cloud dari alat Terrestrial Laser Scanner, data koordinat titik tanah dilokasi sekitaran jembatan, dan data lapangan yang didapat melalui pengukuran menggunakan ETS Topcon GM 55. Peralatan yang digunakan bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang digunakan

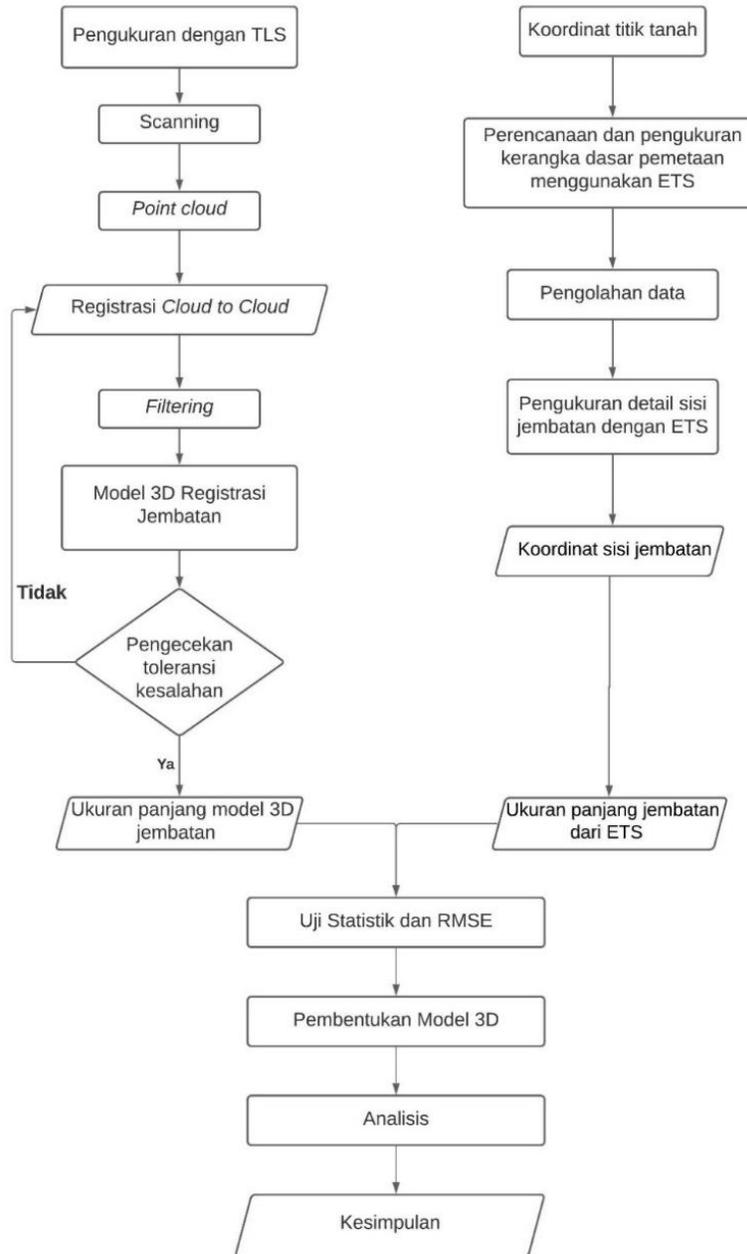
<p>Trimble TX 8 Laser Scanner Spesifikasi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Range akurasi = 0,5'' • Range resolution = 0,3'' • Perpanjangan rentang = 340 m • Jangkauan maksimum = 120 m pada permukaan 340 m dengan upgrade 	Berfungsi sebagai akuisisi data jembatan, sehingga data jembatan yang dihasilkan menjadi model 3D
<p>Total Station Topcon GM 55 Spesifikasi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rentang EDM = Reflectorless, 500m; Prisma, 4.000 m • Memori internal = 50.000 poin • Waktu pengoperasian = mode normal 10 jam 	Digunakan untuk membuat kerangka dasar pemetaan dan pengukuran detail pada sisi-sisi jembatan
<p>Trimble TX8 3D Laser Scanner Camera and Nodal Ninja R1w / RD5 Bracket Kit Spesifikasi :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memori : 8 GB class 4 sdhc flash memory card • Nikon D5100 16.2MP CMOS digital SLR camera with 18 to 55 mm f/3.5 to 5.6 AF-S DX VR Nikkon 	Digunakan untuk membuat foto panorama tempat berdiri alat

Tabel 2. Software yang digunakan

• Trimble Business Center	Digunakan untuk meregistrasi dan georeferensi data hasil <i>point cloud</i>
• Autodesk Recap Pro 2021	Digunakan untuk <i>filtering</i> data <i>point cloud</i>
• Sketchup 2020	Digunakan untuk membuat model 3D jembatan

2.2 Pelaksanaan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan meliputi pengumpulan data titik kontrol tanah, Pengukuran kerangka dasar pemetaan dan pengukuran jembatan layang menggunakan TLS, selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Alur Penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Kualitas Data

Kualitas data dalam penelitian ini dapat dilihat berdasarkan hasil dari nilai Root Mean Square (RMS) yang didapat berdasarkan proses registrasi data hasil pengukuran Terrestrial Laser Scanner.

Tabel 3. Nilai RMS Registrasi Cloud to Cloud

No	Daftar Point Cloud		Average ICP Error (mm)	Toleransi Kesalahan (mm)	Keterangan
	Reference Scan	Moving Scan			
1	SW 1	SW 2	0,003	12	Memenuhi
2	SW 2	SW 11	0,002	12	Memenuhi
3	SW 11	SW 12	0,003	12	Memenuhi
4	SW 12	SW 3	0,004	12	Memenuhi
5	SW 3	SW 13	0,004	12	Memenuhi
6	SW 13	SW 4	0,002	12	Memenuhi
7	SW 4	SW 9	0,005	12	Memenuhi
8	SW 9	SW 15	0,004	12	Memenuhi
9	SW 15	SW 5	0,006	12	Memenuhi
10	SW 5	SW 10	0,004	12	Memenuhi
11	SW 10	SW 9	0,005	12	Memenuhi
12	SW 9	SW 14	0,004	12	Memenuhi
13	SW 14	SW 8	0,003	12	Memenuhi
14	SW 8	SW 7	0,008	12	Memenuhi
15	SW 7	SW 6	0,002	12	Memenuhi

Berdasarkan hasil nilai toleransi kesalahan dan hasil nilai RMS pada proses registrasi data, RMS yang dihasilkan pada proses registrasi data memenuhi nilai toleransi kesalahan dan dapat dikatakan kualitas data yang dihasilkan baik.

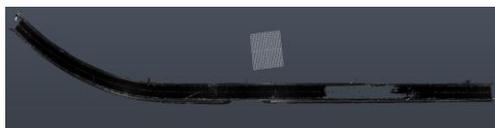
Tabel 4. Uji T TLS-ETS

Jarak	TLS	ETS	S	Selang Kepercayaan (95%)		Keterangan
				Min	Max	
Dp12	1,963	1,953	0,011	1,886	2,02	Diterima
Dp34	1,971	1,982	0,011	1,913	2,051	Diterima
Dp56	7,941	7,924	0,016	7,821	8,028	Diterima
Dp78	1,174	1,188	0,015	1,095	1,281	Diterima
Dp910	1,001	0,960	0,041	0,701	1,219	Diterima
Dp1112	0,938	0,959	0,021	0,824	1,093	Diterima
Dp1314	0,664	0,643	0,021	0,507	0,778	Diterima
Dp1516	0,322	0,284	0,039	0,037	0,53	Diterima
Dp1718	1,961	1,942	0,019	1,821	2,064	Diterima
Dp1920	1,963	1,952	0,011	1,880	2,024	Diterima
Dp2122	7,750	7,726	0,024	7,572	7,879	Diterima

Jika dilihat dari berdasarkan hasil uji T TLS-ETS tersebut, dapat dilihat bahwa semua nilai yang didapat dari pengukuran jarak menggunakan ETS dan TLS dapat diterima secara statistik. Maka dari itu dapat dikatakan bahwa dari kedua metode pengambilan data pengukuran dengan TLS dan ETS tersebut tidak terjadi perbedaan yang signifikan. Jembatan akan mengalami dua macam deformasi yang berbeda, yaitu gerakan jangka panjang dan gerakan jangka pendek, deformasi jembatan jangka panjang tidak dapat kembali kedalam bentuk aslinya, sedangkan deformasi jangka pendek atau yang biasa disebut deflection yaitu objek yang terdeformasi akan kembali keposisi dan bentuknya semula jika terlepas dari seluruh muatannya (Pratama, 2013). Dari hasil perbandingan 2 metode yang dihasilkan dari pengukuran Electronic Total Station dan Terrestrial Laser Scanner menggunakan metode cloud to cloud adalah 0.020 meter. Berdasarkan perhitungan teknis pembebanan jembatan berdasarkan bridge management sistem 1992 untuk beban hidup pada jembatan, maksimal toleransi lendutan vertikal yang diperbolehkan adalah 0.083 m. Berdasarkan hasil RMSE yang didapatkan dari perhitungan teknis bridge management sistem 1992, hasil RMSE yang didapatkan masih diterima sebesar 74% dan masih dapat dipergunakan untuk pengecekan defleksi jembatan. Sedangkan untuk mengetahui tilting dan settlement sebuah jembatan berdasarkan RMSE yang dihasilkan tidak dapat dilakukan karena terjadi penyimpangan 26 % terhadap perhitungan teknis bridge management sistem 1992 dan dapat dikatakan akurasi dari hasil pengukuran Terrestrial Laser Scanner yang telah dilakukan tidak cukup baik, namun presisi yang dihasilkan sudah cukup baik. Berdasarkan RMSE yang dihasilkan untuk pemanfaatan monitoring jembatan yang dihasilkan dari pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* metode *cloud to cloud* dapat dimanfaatkan untuk *accident study, pre- and post- construction, traffic loading quantification, temperature effect*. Namun tidak bisa dimanfaatkan untuk *clearance measurement* dan *bridge displacement*.

3.2 Hasil dan Analisis Pengolahan Model 3D Jembatan

Pengolahan data hasil pengukuran menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* dilakukan menggunakan perangkat lunak Trimble Business Center, proses pengolahan data mencakup registrasi *cloud to cloud*, *filtering* dan *meshing*. Pada gambar 4.2 berikut ini adalah tampak atas *point cloud* hasil pengukuran setelah dilakukan registrasi *cloud to cloud* dan *filtering*.



Gambar 4. Tampak Atas Point Cloud Hasil Registrasi

Setelah dilakukan registrasi pada point cloud terdapat bagian yang bolong pada model 3D registrasi, hal ini disebabkan penempatan alat antara station 10 dan 11 yang terlalu jauh. Tampak atas model 3D jembatan yang sudah solid dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 5. Tampak Atas Model 3D Jembatan

Hal tersebut terjadi karena pada saat akusisi data dengan Terrestrial Laser Scanner, penempatan posisi alat TLS pada saat scan di atas jembatan tidak terencana dengan baik, karna jembatan

layang laswi – pelajar pejuang 45 merupakan jalan yang menghubungkan pusat Kota Bandung, sehingga kendaraan transportasi yang melintasi jembatan cukup ramai. Model 3D jembatan hasil pengukuran dengan TLS dapat dilihat pada gambar 4.5 dan pada gambar terkini dari Jembatan layang laswi – pelajar pejuang 45.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil Kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengukuran Terrestrial Laser Scanner yang dilakukan, diperoleh model 3D jembatan layang Laswi-Pelajar Pejuang 45 dengan detail area yang dimodelkan adalah bentuk jembatan, rambu-rambu lalu lintas dan lampu jalan pada jembatan. Untuk area yang belum termodelkan 3D adalah objek disekitar Jembatan Layang Laswi-Pelajar Pejuang 45.
2. Dengan membandingkan nilai hasil pengukuran Elektronik Total Station dan Terrestrial Laser Scanner. Nilai Ketelitian yang didapatkan dari metode registrasi cloud to cloud menggunakan Terrestrial Laser Scanner adalah 0,022 m.
3. Berdasarkan RMSE yang dihasilkan untuk pemanfaatan monitoring jembatan, Model 3D jembatan yang dihasilkan dari pengukuran Terrestrial Laser Scanner metode cloud to cloud bisa dimanfaatkan untuk Accident study, Pre- and Post- construction, Traffic loading quantification, Temperature effect. Namun tidak bisa dimanfaatkan untuk Clearance measurement dan Bridge Displacement.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam proses penelitian ini khususnya kepada bapak Dr. Soni Darmawan, S.T., M.T. selaku pembimbing selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen-En Chen. (2012). Laser Scanning Technology For Bridge Monitoring, University of North Carolina at Charlotte. Department of Civil and Environmental Engineering.
- Manurung, Jhonatan. (2015). Analisis Perencanaan Jembatan Prategang Dengan Kontruksi Precast Box-Girder Tycpal Segmental (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Non-Tol Cassablanca Kp Melayu – Tanah Abang). Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya.
- Pamungkas, W.W, (2021, April 22). Ridwan Kamil Resmikan Flyover Jalan Jakarta dan Pelajar Pejuang. Diakses dari <https://bandung.bisnis.com/read/20210422/550/1384716/ridwan-kamil-resmikan-flyover-jalan-jakarta-dan-pelajar-pejuang>
- Maharsayanto, P. Y. (2013). Aplikasi Terrestrial Laser Scanner Untuk Pemodelan Tampak Muka Bangunan. Tugas Akhir, Semarang : Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.