

PEMODELAN 3D KOPEL OBSERVATORIUM BOSSCHA MENGGUNAKAN TERRESTRIAL LASER SCANNER DENGAN METODE CLOUD TO CLOUD

Yuditrian R Wirnajaya¹, G A Jessy Kartini^{1,*}, Hary Nugroho¹

¹Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Nasional, Jln. PHH Mustofa No. 23 Bandung, 40124
*ayujessy@itenas.ac.id

Diterima: 23 Agustus 2019

Direvisi: 21 Oktober 2019

Disetujui: 29 Oktober 2019

ABSTRAK. Menurut UU RI No. 11 Tahun 2010 bangunan Observatorium Bosscha termasuk ke dalam bangunan Cagar Budaya Nasional. Observatorium Bosscha kini difungsikan sebagai lembaga penelitian dan pendidikan formal astronomi di Indonesia. Bangunan Observatorium Bosscha tidak boleh mengalami fungsi ataupun bentuk, maka dari itu diperlukan pendokumentasian model 3D guna pemeliharaan berkelanjutan. Di era modern perkembangan teknologi sangatlah pesat di antaranya adalah teknologi Terrestrial Laser Scanner (TLS) yang dapat memberikan solusi dalam pendokumentasian bangunan Cagar Budaya, dikarenakan dapat merepresentasikan seperti bentuk aslinya, dapat melakukan akuisisi dengan cepat, dan tingkat akurasi yang baik. Dalam penelitian ini alat yang digunakan yaitu TOPCON GLS-2000 dan metode yang digunakan yaitu metode *cloud to cloud*. Hasil dari penelitian ini berupa model 3D bangunan Kopel di Komplek Observatorium Bosscha. Secara statistik penelitian ini menghasilkan hasil yang cukup baik, dikarenakan selisih perbandingan dari kedua alat berada dalam satuan millimeter. Serta nilai RMS saat registrasi sudah masuk kedalam toleransi dikarenakan nilai kesalahan <0.100 meter.

Kata kunci: Bosscha, Cagar Budaya, Terrestrial Laser Scanner, *Cloud to cloud*, Model 3D

ABSTRACT. *Bosscha Observatory building has been designated as a National Cultural Heritage building, according to UU RI No. 11, 2010. Bosscha Observatory has a function as a formal astronomy research and education institution in Indonesia. Building observatory should not change the function or form. Then it is necessary to document the 3D model for ongoing maintenance. In the modern era, the development of technology is very fast, including the Terrestrial Laser Scanner (TLS) technology that can provide solutions in documenting Cultural Heritage buildings because it can represent the original form, can make acquisitions quickly, and the good of accuracy. Tools In this study, are used TOPCON GLS-2000 and cloud to cloud method. The results of this study in the form of 3D models of Kopel buildings in the sophisticated observatory. Statistically, this study produced excellent results, due to the difference in the comparison of the two devices are in millimeters as well as RMS current value is entered into the registration tolerance due to the error value <0.100 meters.*

Keywords: *Bosscha, Cultural Heritage, Terrestrial Laser Scanner, Cloud to cloud, 3D Model*

PENDAHULUAN

Observatorium Bosscha merupakan pusat penelitian astronomi yang dibangun oleh *Nederlandsch Indische Sterrenkundige Vereeniging* (NISV) atau Perhimpunan Bintang Hindia Belanda. Observatorium ini dikelola oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung (FMIPA ITB), yang kini difungsikan sebagai lembaga penelitian dan pendidikan formal astronomi di Indonesia (bosscha.itb.ac.id, 2016).

Observatorium Bosscha termasuk bangunan Cagar Budaya Nasional yang menurut UU RI No.11 Tahun 2010 adalah warisan bersifat kebendaan yang meliputi benda, struktur, bangunan, situs dan kawasan. Cagar Budaya

tidak boleh mengalami perubahan fungsi ataupun bentuk, maka dari itu diperlukan pendokumentasian dengan model 3D guna pemeliharaan berkelanjutan agar bangunan dapat terjaga dengan baik. Salah satu bentuk pendokumentasian Cagar Budaya yaitu dengan memanfaatkan teknologi *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) (Rachmawan, 2016) diantaranya agar mendapatkan geometri bangunan itu sendiri.

Kelebihan dari teknologi TLS ini dapat melakukan akuisisi data dengan cepat, tingkat akurasi yang baik, mampu menangkap objek yang rumit serta dapat memberikan hasil pengukuran yang mendekati dengan objek aslinya (Pfeifer & Briese, 2007). Proses akuisisi data dalam pendokumentasian model 3D membutuhkan beberapa kali berdiri alat

dalam penyiamannya. Hasil yang didapatkan dari penyiaman berupa *point cloud*. *Point cloud* dari setiap berdiri alat perlu dilakukan penggabungan atau biasa disebut dengan proses registrasi (Wibowo, 2013).

Metode *cloud to cloud* merupakan metode registrasi dengan menggabungkan *point cloud* yang sama dari setiap berdiri alat menggunakan teknik *Iterative Closed Point* (ICP). Untuk mendapatkan hasil registrasi yang baik metode *cloud to cloud* harus memiliki pertampalan dari setiap berdiri alat sebesar 30-40 % (Simbolon, Yuwono, & Amarrohman, 2017).

Menggunakan teknologi TLS, seluruh bagian Observatorium Bosscha dapat diperoleh dengan lebih detail. Hal ini diharapkan dapat menjadikan TLS sebagai salah satu solusi untuk mendokumentasikan bangunan-bangunan Cagar Budaya lainnya guna mendukung keilmuan Arsitektur. Dengan adanya pemodelan 3D ini, diharapkan dapat menjadi referensi di masa depan jika akan dilakukan pemugaran atau pemeliharaan terhadap Observatorium Bosscha.

METODE PENELITIAN

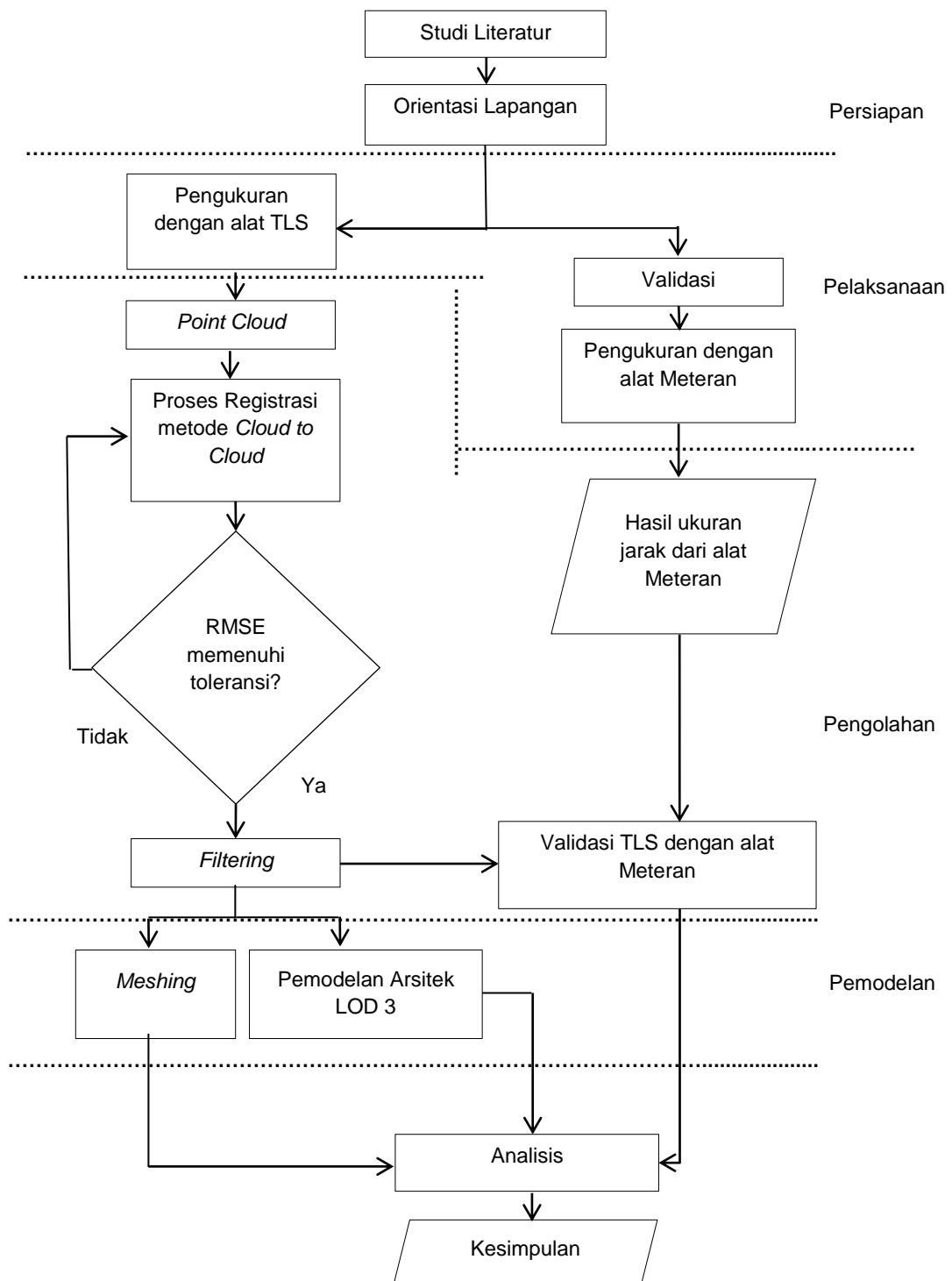
Tempat yang dijadikan sebagai lokasi penelitian adalah bangunan Kopel di Komplek Observatorium Bosscha, Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat, dengan koordinat geografis $107^{\circ} 37' BT$ dan $6^{\circ} 49' LS$.

Tahapan pelaksanaan dimulai dengan kegiatan orientasi lapangan yang dimana untuk mengetahui kondisi topografi lokasi penelitian serta sebagai penentuan titik perencanaan dalam proses pengukuran. Pada pengukuran menggunakan alat (TLS) hal pertama yang dilakukan yaitu dengan penentuan penyebaran posisi berdiri alat yang disesuaikan dengan luasan objek di lapangan. Setelah itu dilakukan penyiaman menggunakan metode *cloud to cloud* (*free scan*) dengan kerapatan titik sebesar 12.5mm dan pertampalan *point cloud* dari setiap berdiri alat antara 30-40%. Pada pengukuran jarak menggunakan alat Meteran dilakukan dengan berulang-kali agar mendapatkan nilai kesalahan yang kecil. Hasil ukuran jarak ini akan dianggap sebagai data ukuran yang valid.

Hasil dari pengukuran menggunakan TLS berupa *point cloud*. Data *point cloud* dari setiap berdiri alat perlu dilakukan penggabungan agar terdapat dalam suatu

sistem koordinat yang sama atau biasa disebut dengan proses registrasi. Metode registrasi yang digunakan yaitu dengan metode *cloud to cloud*, yaitu dengan penggabungan antar *point cloud* yang dianggap sama. Apabila proses registrasi telah dilakukan maka dapat dilanjut dengan cek uji akurasi RMSE yaitu dengan melihat nilai kesalahan dari proses registrasi, bila nilai kesalahan saat proses registrasi telah sesuai maka dapat dilanjut dengan melakukan proses *filtering* atau membuang data yang dianggap *noise*. Setelah dilakukan pembuangan data yang dianggap *noise* kemudian dapat dilanjut dengan proses *meshing* atau pembuatan model secara poligon. Pengolahan data pada alat meteran yaitu dengan mencari nilai rata-rata dari hasil pengukuran berulang kali.

Selanjutnya pada tahap pemodelan hal pertama yang dilakukan yaitu dengan memisahkan aspek bangunan sesuai dengan tingkat kerumitan. Bila aspek bangunan telah dipisahkan maka selanjutnya dapat dilakukan pembuatan rekonstruksi. Hasil dari pembuatan rekonstruksi tersebut kemudian digabungkan agar mendapatkan aspek bangunan secara utuh. Secara garis besar metode penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pelaksanaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

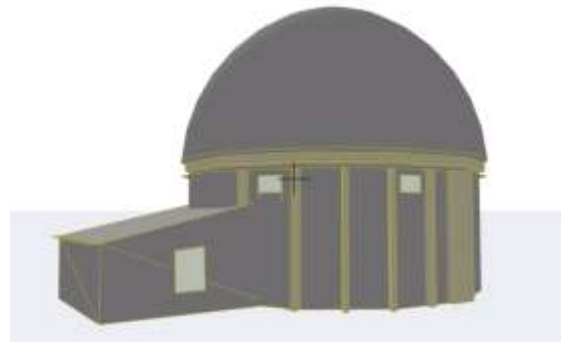
Hasil dari penelitian menggunakan alat *Terrestrial Laser Scanner* adalah model bentuk 3D bangunan Kopel Observatorium Bosscha secara *point cloud*, *meshing* dan secara arsitek. Proses akuisisi data model 3D bangunan Kopel Observatorium Bosscha dilakukan dengan metode *cloud to cloud* yang proses akuisisi datanya dilakukan secara *free scan*. Untuk memperoleh hasil model 3D bangunan Kopel Observatorium Bosscha secara *point cloud* dilakukan beberapa tahapan pengolahan yaitu proses registrasi dan filterisasi yang dilakukan menggunakan software *Maptek i-site studio*, sedangkan dalam model 3D *meshing* dilakukan di software *Cloud Compare* dengan *octre depth* 10 dan *kkn* 10, sedangkan pada rekonstruksi model 3D secara arsitek tahap LOD3 menggunakan software *Cloud Compare* dan *ArchiCAD*. Berikut ini hasil model 3D bangunan Kopel Observatorium Bosscha secara *point cloud* dapat dilihat pada Gambar 2, sedangkan hasil model 3D secara *meshing* dapat dilihat pada Gambar 3 dan hasil model 3D bangunan Kopel Observatorium Bosscha secara arsitek tahap LOD3 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 2. Hasil Model 3D Bangunan Observatorium Bosscha Secara Point cloud



Gambar 3. Hasil Model 3D Bangunan Observatorium Bosscha Secara Meshing dengan Octre Depth 10 dan Kkn 10.



Gambar 4. Hasil Model 3D Bangunan Observatorium Bosscha Secara Arsitek Tahap LOD3

Analisis Registrasi Metode *Cloud to cloud*

Proses registrasi pada penelitian ini menggunakan metode *cloud to cloud* dengan 10 kali *scan world*, berikut ini report RMS (*Root Mean Square*) registrasi metode *cloud to cloud* dapat dilihat pada Gambar 5.

Overview

	Date	Proportion of matched sample points	Warning	Error	Maximum RMS separation	Cloud Summary
1	ATP1_SCAN001	251.000%	0.100m	0.310m	0.011m	✓
2	ATP2_SCAN001	275.000%	0.100m	0.310m	0.015m	✓
3	ATP3_SCAN001	268.000%	0.100m	0.310m	0.015m	✓
4	ATP4_SCAN001	175.000%	0.100m	0.310m	0.012m	✓
5	ATP5_SCAN001	141.000%	0.100m	0.310m	0.007m	✓
6	ATP6_SCAN001	154.000%	0.100m	0.200m	0.005m	✓
7	ATP1_SCAN001	208.000%	0.100m	0.310m	0.008m	✓
8	ATP6_SCAN001	218.000%	0.100m	0.310m	0.008m	✓
9	ATP5_SCAN001	234.000%	0.100m	0.310m	0.007m	✓
10	BE1_SCAN001	257.000%	0.100m	0.200m	0.014m	✓

Gambar 5. Report RMS Registrasi metode Cloud to cloud

RMS (*Root Mean Square*) registrasi menggunakan metode *cloud to cloud* yang dihasilkan dari 10x *scan world* memiliki nilai rata-rata kesalahan sebesar 0.010 meter. Nilai kesalahan maksimum berada pada ATP2 dan ATP3 sebesar 0.015 meter dari masing-masing data dan nilai kesalahan minimum berada pada ATP6 sebesar 0.005 meter. Toleransi registrasi menggunakan software *Maptek i-site studio* dikatakan *warning* sebesar 0.100 meter dan *error* 0.200 meter. Pada penelitian ini nilai kesalahan sudah masuk kedalam toleransi dikarenakan nilai kesalahan <0.100 meter, kesalahan muncul diakibatkan saat proses registrasi dalam penentuan titik dari setiap *scan world* tidak tepat sepenuhnya.

Uji Statistik T-Student

Uji statistik dilakukan untuk mengetahui apakah alat TLS dapat dianjurkan dalam pengukuran pembuatan model 3D atau tidak, hal ini dibuktikan dengan membandingkan

jarak pada objek menggunakan alat ukur TLS dengan alat konvensional, dimana data hasil pengukuran menggunakan alat konvensional ini dianggap benar. Hasil pengukuran jarak dari alat konvensional tersebut selanjutnya di uji dengan hasil jarak TLS menggunakan metode uji t-student dengan selang kepercayaan 95%. Berikut ini merupakan hasil uji statistik dengan metode uji t-student, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Statistik menggunakan Metode Uji T-Student

Sta	Jarak atau objek		X (m)	σ (m)	Selang Kepercayaan 95%		Kesimpulan
	Meteran (m)	TLS (m)			Lower	Upper	
412	2.370	2.367	2.368	0.005	2.359	2.374	Diterima
423	1.853	1.854	1.853	0.002	1.851	1.857	Diterima
434	2.371	2.366	2.368	0.007	2.356	2.379	Diterima
436	1.265	1.26	1.262	0.008	1.249	1.27	Diterima
443	2.121	2.113	2.117	0.01	2.099	2.127	Diterima
455	2.119	2.112	2.115	0.01	2.098	2.125	Diterima
468	2.735	2.728	2.731	0.011	2.713	2.743	Diterima
488	2.759	2.732	2.735	0.01	2.718	2.746	Diterima

TLS berada di permukaan yang lebih rendah dibandingkan objek. Berikut ini merupakan gambar model 3D secara *Point cloud*, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Model 3D Secara Point cloud

Analisis Model 3D Secara Meshing

Hasil model 3D *meshing*, data *point cloud* telah mengalami perubahan dari kumpulan



Gambar 7. Ilustrasi Perubahan Data Dari Point Cloud Menjadi Bentuk Yang Solid

Dari tabel 1 di atas menunjukkan nilai dari hasil pengukuran TLS dapat dikatakan sangat baik, dikarenakan semua data pengukuran jarak pada objek tidak ada perbedaan yang signifikan dan semua data dapat diterima secara statistik, sehingga pengukuran menggunakan alat TLS dapat dianjurkan dalam pengukuran model 3D karena tidak terdapatnya blunder dalam pengamatan.

Analisis Model 3D Secara Point cloud

Hasil model 3D bangunan Kopel Observatorium Bosscha menggunakan alat Terrestrial Laser Scanner dengan metode *cloud to cloud*, dapat dilihat bentuk *point cloud* 3D bangunan sangat menyerupai dengan bentuk aslinya, namun ada beberapa kekurangan dalam akuisisi penelitian ini diantaranya yaitu alat TLS tidak dapat memperoleh warna sesuai objek, melainkan warna yang didapatkan hanya warna intensitas dari gelombang pantulan, dan pada bagian atap bangunan tidak dapat terpindai sepenuhnya, hal ini dikarenakan posisi alat

titik-titik menjadi bentuk yang solid. Dalam pembuatan model mesh dibutuhkan beberapa kali percobaan dengan mengganti nilai *octre depth* dan use minimum *spanning tree kkn*. Semakin baik kualitas mesh maka akan semakin tinggi tingkat konvergensinya. Pada penelitian ini mesh yang digunakan yaitu dengan nilai *octre depth* 10 dan *kkn* 10, dikarenakan sangat menyerupai bentuk aslinya. Berikut ini merupakan gambar ilustrasi perubahan data dari *point cloud* menjadi bentuk yang solid, dapat dilihat pada Gambar 7.

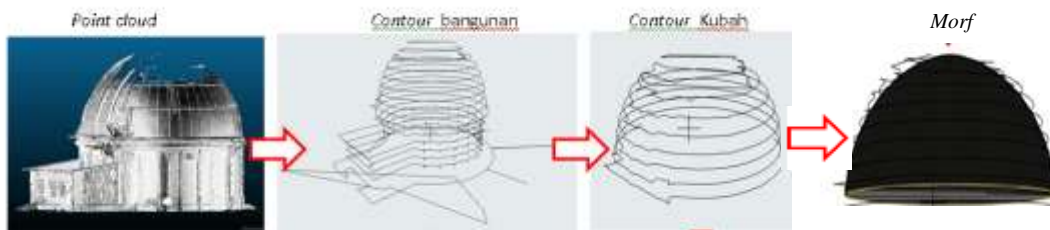
Kekurangan dalam model mesh diantaranya tidak dapat melakukan penambahan titik secara manual, sehingga permukaan bangunan seperti atap kubah yang tidak terdapat data *point cloud* di interpolasi secara sistem dan membentuk permukaan yang tidak sesuai dengan objek. Berikut ini merupakan kekurangan dari model 3D secara *meshing*, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Ilustrasi Kekurangan Dalam Model Mesh

Analisis Model 3D Secara Arsitektural

Pada penelitian ini, hasil model 3D bangunan secara arsitek merupakan perolehan dari data *point cloud* yang kemudian dirubah menjadi data kontur. Dalam rekontruksi model 3D secara arsitektural, data kontur perlu dipisahkan sesuai dengan bagian-bagian pada bangunan yang nantinya setiap bagian bangunan dilakukan pengukuran jarak guna penyesuaian dalam pembuatan model 3D bangunan. Berikut ini merupakan gambar ilustrasi dalam pembuatan model 3D secara arsitektural, dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Ilustrasi Dalam Pembuatan Model 3D Secara Arsitektural

Kekurangan dalam model 3D secara arsitektural diantaranya seperti pembentukan model tidak memiliki koordinat dan nilai kesalahan dalam pembuatan model 3D dapat dikatakan cukup besar dikarenakan pembentukan dilakukan secara manual atau hasil pendekatan. Adapun kelebihanya diantaranya dalam pembuatan model dapat melakukan interpolasi titik untuk memperoleh bagian atap yang tidak terjangkau oleh alat TLS. Berikut ini merupakan kekurangan dari model 3D secara arsitektural dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Kekurangan Dan Kelebihan dalam Model 3D Secara Arsitektural

KELEBIHAN DAN KEKURANGAN TLS

Dari analisis-analisis yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa TLS memiliki kelebihan dan kekurangan. Baik itu pada proses akuisisi data, pengolahan data, hingga penyajian hasil.

Tabel 2. Kelebihan dan Kekurangan TLS

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Pengambilan data lebih cepat dengan tingkat kerapatan 12,5 mm.	Area kubah tidak dapat dipindai dengan baik dikarenakan jarak antara objek dan alat terlalu dekat.
2	Data 3D <i>point cloud</i> yang dihasilkan memiliki tingkat keakuratan yang baik dengan kondisi asli.	Pengolahan data cukup menyita memori perangkat keras.
3	Data 3D <i>point cloud</i> dapat digunakan sebagai data dasar untuk melakukan pemodelan 3D dalam bentuk solid.	Pendekatan yang dilakukan penulis belum sesuai, sehingga model 3D solid yang dihasilkan masih belum sebaik data 3D <i>point cloud</i> .
4	Model 3D <i>point cloud</i> bangunan sangat menyerupai bentuk asli.	Alat TLS tidak dapat memperoleh warna sesuai dengan objek, hanya warna intensitas dari pantulan gelombang.

KESIMPULAN

Akuisisi data dilakukan secara free scan dengan metode registrasi *cloud to cloud*, untuk memperoleh model 3D dilakukan tahapan pengolahan yaitu proses registrasi, filterisasi dan rekontruksi model 3D bangunan.

Secara statistik ketelitian data hasil pengukuran konvensional alat meteran dan TLS dengan metode *cloud to cloud* sudah sangat baik, dikarenakan tidak ada perbedaan yang signifikan dan rata-rata nilai selisih perbandingan dari kedua alat berada dalam satuan millimeter. Serta nilai RMS saat registrasi sudah masuk kedalam toleransi dikarenakan nilai kesalahan <0.100 meter, sehingga semua data dapat diterima.

Secara umum, TLS sangat memungkinkan untuk membantu pengambilan data bangunan cagar budaya dengan kelebihan-kelebihan yang dimiliki, akan tetapi perlu ada penyesuaian dengan kebutuhan yang ada pada keilmuan arsitektur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan pada PT. ASABA yang telah memfasilitasi alat Topcon GLS-2000, pengurus Observatorium Boscha yang telah mengizinkan kami untuk meneliti di kawasan kopel kompleks Observatorium Boscha, dan ibu Shafarina Wahyu T., M.T., yang telah membimbing proses pengolahan data secara arsitektur.

DAFTAR PUSTAKA

- bosscha.itb.ac.id. (2016). Sejarah Observatorium Bosscha. Retrieved from <https://bosscha.itb.ac.id/id/index.php/tentang-bosscha/sejarah-observatorium-bosscha>
- Pfeifer, N., & Briese, C. (2007). *Laser Scanning Principle and Applications*.
- Rachmawan, F. E. (2016). *Visualisasi 3D Bangunan Cagar Budaya (Cultural Heritage) Menggunakan Terrestrial Laser Scanner (Studi Kasus: Tugu Pahlawan, Surabaya, Jawa Timur)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Simbolon, A. B. S., 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*, 6(4), 285–294.
- Wibowo, H. W. (2013). *Pengukuran Plant Satellite Nilam 2 Pt.Vico Indonesia Menggunakan Laser Scanner Scanstation 2 Dengan Registrasi Metode Target To Target*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

