

KAJIAN KEANDALAN MODEL 3D HASIL AKUISISI *TERRESTRIAL LASER SCANNER* UNTUK PEMBUATAN *AS BUILT DRAWING*

(3D Model Reliability Study of The Terrestrial Laser Scanner Acquisition for As-Built Drawing)

Monica Maharani, Basuki Rahmad, Ediyanto, Oktavia Dewi Alfiani, Dinda Pratiwi Dwi Putri, Nur Muhammad Ikram

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK Jl. Ring Road Utara No. 104, Ngropoh, Condongcatur, Depok, Sleman, DI Yogyakarta
E-mail: monica.maharani@upnyk.ac.id

Diterima: 20 Desember 2022; Direvisi: 22 Mei 2023; Disetujui untuk Dipublikasikan: 31 Mei 2023

ABSTRAK

Penelitian yang menunjukkan bahwa model 3D hasil akuisisi *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) mampu digunakan sebagai acuan untuk pembuatan *as built drawing* telah banyak dilakukan. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut tidak ada yang mendeskripsikan secara detail mengenai kriteria dan standar pembuatan *as built drawing* yang digunakan. Oleh karena itu, untuk menguji keandalan model 3D hasil akuisisi TLS untuk pembuatan *as built drawing* dalam penelitian ini, terlebih dahulu dilakukan pengumpulan standar *as built drawing* dari 4 perusahaan konstruksi yang dikelola oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN). Hasil pengumpulan kriteria apabila dirumuskan secara umum menunjukkan bahwa suatu *as built drawing* seharusnya memenuhi kriteria karakteristik model *as built drawing* dan kriteria informasi pada gambar, sementara hasil pengumpulan standar apabila dirumuskan secara umum suatu *as built drawing* harus memenuhi parameter validasi gambar. Selanjutnya, model 3D hasil akuisisi TLS dalam penelitian ini diuji kemampuannya dalam memenuhi kriteria dan standar *as built drawing* yang telah dirumuskan tersebut. Hasil kajian menunjukkan *as built drawing* hasil akuisisi TLS dalam penelitian ini mampu memenuhi seluruh standar parameter validasi gambar yang terdiri dari 8 parameter, yang salah satu diantaranya adalah akurasi ketelitian mencapai fraksi cm-mm yang mana nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang diperoleh dalam penelitian ini sebesar 1,9 cm dan standar deviasi 1,4 cm. Selain itu, salah satu kriteria yaitu karakteristik model *as built drawing* yang terdiri dari 5 parameter dapat terpenuhi seluruhnya. Walaupun demikian, kriteria mengenai informasi pada gambar hanya dapat memenuhi 5 dari 7 parameter.

Kata kunci: *as built drawing*, konstruksi, *terrestrial laser scanner*

ABSTRACT

Research showing that 3D model acquired by the *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) can be used as a reference for making *as-built drawing* axes has been widely carried out. However, none of these studies describes the criteria and standards for making *as-built drawing*. Therefore, to test the reliability of the 3D model acquired by TLS for manufacturing *as-built drawings* in this study, the *as-built drawing's* standards were first collected from 4 construction companies managed by State-Owned Enterprises. The results of collecting criteria declared that an *as-built drawing* should meet the criteria for the characteristics of the model *as-built drawing* and the information criteria in the drawing, while the results of gathering standards, stated that an *as-built drawing* must meet the parameters of the drawing validation. Furthermore, the 3D model acquired by TLS in this study was tested for its ability to meet the formulated *as-built drawing* criteria and standards. The results of the study show that the *as-built drawing* resulting from TLS acquisition in this study is able to meet all standard drawing validation parameters (8 parameters), one of them is the accuracy in cm-mm fraction where the *Root Mean Square Error* (RMSE) value obtained in this study was 1.9 cm and a standard deviation of 1.4 cm. In addition, one of the criteria, characteristics of the model *as-built drawing* (5 parameters), can be achieved. However, the criteria information criteria in the drawing can only achieve 5 of 7 parameters.

Keywords: *as-built drawing*, construction, *terrestrial laser scanner*

PENDAHULUAN

Terrestrial Laser Scanner (TLS) merupakan suatu sistem yang menerapkan konsep pengukuran jarak terhadap suatu titik menggunakan gelombang cahaya (laser). TLS menghitung waktu tempuh gelombang dari saat dipancarkan hingga direkam

kembali oleh sensor. Waktu tempuh gelombang akan menentukan jarak titik tersebut terhadap titik berdirinya instrumen. Pemindaian menggunakan TLS memiliki kelebihan dapat merekam objek dengan jumlah titik yang banyak dalam waktu singkat (Van Genechten, 2008). TLS secara acak akan memperoleh kumpulan titik koordinat dengan

kerapatan yang tinggi (Heritage & Large, 2009). Data yang dikumpulkan dari hasil pemindaian laser tersebut merupakan kumpulan awan titik (*point cloud*) yang dapat diolah menjadi gambar 2 dimensi (2D) dan 3 dimensi (3D). Teknik pengukuran menggunakan TLS secara garis besar terbagi menjadi 2, yaitu statis dan dinamis (Sahid, 2020). Teknik pengukuran statis merupakan cara pengukuran dimana alat tetap atau tidak bergerak dalam proses akuisisi data sedangkan teknik dinamis adalah pengukuran objek secara bergerak dengan alat dipasang pada wahana tertentu. Selanjutnya, prinsip pengukuran TLS dibedakan menjadi dua macam, yaitu berbasis pulsa (*pulse based*) dan beda fase (*phase differenced based*) (Alkan & Karsidag, 2012).

TLS telah diaplikasikan pada berbagai bidang pengukuran dan dokumentasi objek, salah satunya diterapkan pada bidang konstruksi. Penerapan TLS dalam dokumentasi proyek konstruksi dilakukan melalui pembuatan *as built drawing*. *As built drawing* merupakan bagian penting dari pekerjaan konstruksi yang menampilkan gambar final proyek hasil pekerjaan yang dapat digunakan sebagai pedoman pengelolaan gedung (Gumilar et al., 2020). *As built drawing* merupakan gambar rekaman akhir pekerjaan konstruksi yang menunjukkan elemen dimensi, geometri, dan letak elemen proyek tertentu setelah pelaksanaan pekerjaan lapangan selesai dilakukan (Widyasari et al., 2023). *As built drawing* merupakan hasil revisi spesifikasi dan gambar rancangan awal (*shop drawing*) yang terjadi selama konstruksi setelah selesai pekerjaan. Akhirnya, *as built drawing* diserahkan kepada konsultan pengawas untuk dicek kesesuaiannya dengan bangunan sebenarnya di lapangan (Kepala Pusdiklat SDA dan Konstruksi, 2018). Jika sesuai, konsultan akan menyetujui gambar dengan memberikan tanda tangan dan stempel. Kontraktor kemudian mencetak gambar *as built drawing* di atas kertas yang telah disetujui dalam kontrak kerja dan akan disetujui oleh kontraktor, manajemen konstruksi, konsultan, dan pemilik pekerjaan (Kepala Pusdiklat SDA dan Konstruksi, 2018). Hasil *as built drawing* akan digunakan untuk memverifikasi nilai dimensi awal dengan nilai dimensi akhir (Shukor et al., 2015). *As built drawing* dibuat untuk dapat menjelaskan bagian-bagian yang mengalami perubahan selama proses pembangunan. Tujuan penggambaran ini adalah sebagai laporan atau arsip serta menjadi pedoman di masa depan dalam pengelolaan infrastruktur.

Telah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa TLS bisa digunakan untuk pembuatan *as built drawing*. Pada penelitian Hendriatiningsih et al. (2014), dilakukan pembuatan model bangunan 3D menggunakan TLS sebagai dokumentasi *as built drawing*. Hasil penelitian secara statistik membuktikan dimensi jarak hasil akuisisi TLS pada model *mesh* sama dengan jarak ukuran *Electronic*

Total Station (ETS) yang dianggap benar dengan ketelitian pada rentang mm sehingga dapat disimpulkan bahwa *as built survey* dapat dilakukan dengan pemetaan 3D menggunakan TLS. Selain itu, pada tahun 2017 dilakukan penelitian oleh Siburian et al (2017) yang memodelkan 3D Jembatan Cisamong menggunakan TLS.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan ukuran model memiliki kesalahan registrasi rata-rata dua cm dan perbandingan hasil ukuran ETS dengan model ada pada rentang 0 – 10 cm. Adapula penelitian yang dilakukan oleh Gumilar et al (2020) tentang *as built drawing* gedung Liga Film Mahasiswa (LFM) ITB dengan TLS menunjukkan bahwa kualitas dimensi *as built* pada penelitian ini adalah 60%. Hal ini disebabkan oleh perbandingan data jarak model *as built* dengan jarak di lapangan sebesar 40% tidak memenuhi toleransi. Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Alhafez et al. (2022) hasil pekerjaan Bronjong diamati dan dibandingkan dengan *as built drawing* yang telah dibuat sebelumnya. Namun demikian, menurut Christian & Kamurahan (2021) pembuatan *as built drawing* menggunakan teknologi TLS tidak dapat mencakup semua aspek dari *as built* yang ada yaitu bagian dalam atap bangunan, jenis material, dan spesifikasi material yang digunakan untuk membangun.

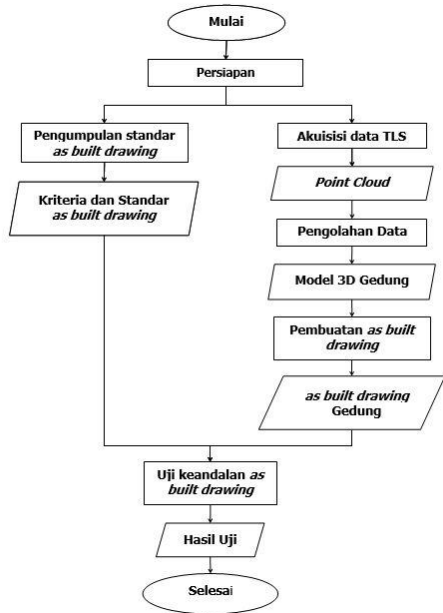
Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, meskipun terdapat kelemahan TLS dalam membuat *as built drawing* namun TLS tetap dianggap mampu menjadi alternatif sebagai alat akuisisi data untuk pembuatan *as built drawing*. Namun demikian, pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, kriteria dan standar *as built drawing* tidak pernah dijabarkan secara spesifik sehingga pengujian yang dilakukan hanya sebatas pada pengujian akurasi dimensi saja. Padahal, komponen *as built drawing* tidak hanya berkaitan dengan hasil ukuran dimensi saja.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pengumpulan standar *as built drawing* dari 4 perusahaan konstruksi yang dikelola oleh Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yaitu PT. Adhi Karya, PT. Waskita Karya, PT. Hutama Karya, dan PT. Nindya Karya agar pengujian keandalan model 3D untuk pembuatan *as built drawing* secara spesifik dapat dilakukan secara spesifik. Pengujian secara spesifik ini diharapkan mampu memberikan rekomendasi untuk melakukan pengembangan terhadap pemanfaatan TLS sebagai alat akuisisi data, untuk pembuatan model 3D yang menjadi acuan pembuatan *as built drawing*.

METODE

Penelitian ini berlokasi di Gedung Rektorat Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta yang beralamat di Jl. SWK (Ring Road Utara) No. 104 Ngropoh, Condong Catur, Kec.

Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**. Gedung ini dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki bentuk bangunan yang unik dan bervariasi sehingga sekaligus dapat dianalisis keandalan TLS dalam memodelkan bangunan dengan kenampakan fasad yang bervariasi dan rumit. Secara garis besar penelitian ini dibagi menjadi seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 1 Diagram alur penelitian.

Pengumpulan Standar As Built Drawing

Pengumpulan standar *as built drawing* merupakan tahapan yang dilakukan untuk menghimpun standar – standar *as built drawing* yang digunakan oleh beberapa perusahaan konstruksi. Pengumpulan tersebut dilakukan melalui proses wawancara dengan pihak-pihak perusahaan konstruksi di Indonesia yang berkaitan langsung dengan pekerjaan pembuatan *as built drawing*. Pertanyaan yang diajukan dalam wawancara adalah pertanyaan teknis terkait dengan pembuatan *as built drawing*, baik dari pengukuran, penggambaran, karakteristik hingga standar yang

ditetapkan perusahaan dalam pembuatan *as built drawing*, serta parameter validasi hasil pembuatan *as built drawing*.

Standar *as built drawing* yang diperoleh dari hasil wawancara tersebut kemudian dijadikan sebagai acuan dalam merumuskan standar baku pembuatan *as built drawing*. Standar baku tersebut dirumuskan berdasarkan persamaan dari masing-masing hasil dari wawancara pada setiap perusahaan konstruksi. Standar baku yang telah dirumuskan akan dijadikan sebagai acuan untuk menguji tingkat keandalan *as built drawing* yang diperoleh dari hasil akuisisi menggunakan TLS.

Akuisisi Data Terrestrial Laser Scanner (TLS)

Dalam penelitian ini, data *point cloud* diakuisisi menggunakan 2 jenis alat TLS, yaitu TLS merek Topcon GLS 1500 untuk akuisisi fasad eksterior dan TLS merek Leica RTC 360 untuk akuisisi interior. Hasil dari kedua alat TLS tersebut berupa data *point cloud* yang memiliki ekstensi *.las. Data tersebut yang akan diolah lebih lanjut pada tahapan pengolahan data *point cloud* untuk menghasilkan model 3D gedung.

Pengolahan Data

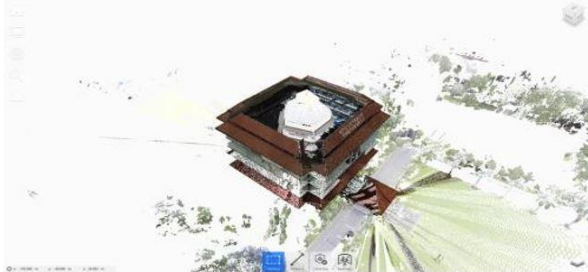
Pengolahan data merupakan kumpulan proses yang dilakukan untuk mendapatkan suatu informasi yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini, tahap pengolahan data terdiri dari tiga tahapan secara umum, yaitu registrasi *point cloud*, *filtering*, dan pemodelan 3D. Tahap pertama yaitu registrasi *point cloud* dengan melibatkan penggabungan beberapa pemindaian *point cloud* menjadi satu kesatuan yang koheren. Selanjutnya adalah tahap *filtering* yaitu tahapan yang dilakukan untuk menghilangkan *noise* atau gangguan di luar *point cloud* objek utama. Tahapan terakhir dalam pengolahan data yakni pemodelan 3D, dimana tahapan ini dilakukan untuk membentuk model 3D dari gedung Rektorat berdasarkan hasil *point cloud* yang telah teregistrasi dan ter-*filtering*. Registrasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses penggabungan data kenampakan fasad (eksterior) dan dalam (interior) Gedung Rektorat UPN “Veteran” Yogyakarta.



Gambar 2 Lokasi penelitian: Gedung Rektorat UPN “Veteran” Yogyakarta, (a)denah lokasi, (b) kenampakan fasad objek penelitian.

Proses registrasi tersebut dilakukan dengan metode *cloud to cloud* menggunakan teknik

Iterative Closest Point (ICP). Metode registrasi ini menggabungkan 2 kelompok data *point cloud* berdasarkan geometri objek pada setiap titik (Gumilar et al., 2020). Hasil registrasi memiliki nilai kesalahan *Root Mean Square Error (RMSE)* sebesar 0,035 meter. Visualisasi data hasil registrasi ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Visualisasi hasil *point cloud* terintegrasi.

Filtering yang dilakukan pada penelitian ini berupa penghapusan dan pembersihan data objek di luar objek utama yang tidak diperlukan. Proses *filtering* yang dilakukan adalah penghilangan benda-benda diluar objek utama yang berada disekitar objek seperti pohon, jalan, bangunan lain, taman, dan manusia (Jia et al., 2019) sehingga yang tersisa hanya objek dari Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta. Proses *filtering* harus dilakukan dengan hati-hati agar objek utama tetap dipertahankan. Visualisasi data *scan* yang sebelum dan sesudah dilakukan *filtering* dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Data akuisisi yang belum dilakukan *filtering* (kiri), sudah dilakukan *filtering* (kanan).

Pemodelan tiga dimensi pada tahap ini merupakan kegiatan pembuatan model 3D solid yang dibentuk dari *point cloud* yang sudah diregistrasi dan *filtering* (Barnes, 2012). Warna yang terbentuk merupakan hasil interpolasi perekaman data pada pemotretan gambar saat akuisisi data *point cloud*. Model 3D ini dibuat untuk mempermudah dalam pembuatan *as built drawing* dan uji validasi dimensi karena model 3D telah memiliki bentuk yang tegas dan dapat memberikan batasan yang jelas.

Pembuatan *As Built Drawing*

As built drawing dalam penelitian ini dibuat dari model tiga dimensi yang telah dibuat. *As built drawing* yang dibuat bukan berdasarkan *shop*

drawing atau tidak menunjukkan detail gedung, sehingga tidak dapat mengidentifikasi bahan dan spesifikasi penyusun objek, melainkan hanya mengidentifikasi struktur bangunan dan ukurannya. Hal ini dikarenakan cakupan pemetaan menggunakan TLS hanya dapat mencakup permukaan objek tidak dapat memindai hingga ke dalam, sehingga tidak dapat dideteksi jenis material dan bahan penyusun objek.

As built drawing yang dibuat berdasarkan 3D solid yang selanjutnya digambarkan dalam bentuk dua dimensi dengan cara digitisasi sesuai dengan tampilan yang dibutuhkan dalam bentuk potongan bangunan, seperti potongan utara, selatan, timur, dan barat. Hasil ini kemudian dimuat pada satu halaman dengan tata letak sesuai standar perusahaan. Denah lantai memiliki gambaran khusus dan tersendiri karena denah lantai akan menunjukkan bentuk utama bangunan dari sudut pandang atas.

Pengukuran Dimensi dan Ketebalan Objek Penelitian

Pengukuran dimensi dan ketebalan dilakukan menggunakan *Electronic Total Station (ETS)* yang bersifat *reflectorless*. Pengukuran dilakukan pada objek jendela, pilar, atap, dan dinding secara tersebar pada 4 sisi fasad bagian luar, serta bagian dalam dalam gedung secara merata dan mewakili objek gedung. Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan besar dimensi dan ketebalan pada suatu objek secara horizontal maupun vertikal, guna kontrol kualitas geometri dan ketebalan dalam pembuatan *as built drawing* (Noor et al., 2011). Contoh objek uji validasi dimensi dan ketebalan dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Objek uji validasi (a) dimensi, (b) ketebalan

Uji Akurasi

Kualitas pekerjaan pemodelan bangunan 3 dimensi dapat dikaji secara kuantitatif, maupun secara visual atau kualitatif. Secara kuantitatif dapat dinyatakan dengan besaran *Root Mean Square Error (RMSE)* dan standar deviasi (Zakaria & Handayani, 2016). Sedangkan, secara kualitatif kenampakan visual objek baik fasad maupun kelengkapan dibandingkan terhadap kenampakan visual di lapangan (Dafrina et al., 2021). RMSE adalah ukuran perbedaan antara nilai besaran yang diprediksi dengan nilai yang diamati sebenarnya (Alkan & Karsidag, 2012). RMSE adalah ukuran

akurasi dari suatu prediksi besaran dan didefinisikan dengan **Persamaan 1.**

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana $x_{1,i}$ adalah nilai prediksi ke i , $x_{2,i}$ adalah nilai pengamatan ke i , dan n adalah jumlah pengamatan. Sedangkan standar deviasi lebih menunjukkan kecenderungan penyebaran nilai suatu prediksi terhadap nilai prediksi rata-ratanya sendiri. Standar deviasi adalah ukuran dari tingkat presisi dan didefinisikan dengan **Persamaan 2.**

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana σ adalah nilai rata-rata prediksi dan x_i adalah nilai prediksi ke i .

Uji akurasi yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas *as built drawing* yang telah dibuat terhadap hasil ukuran ETS. Hasil tersebut merupakan parameter validasi gambar berdasarkan kriteria perusahaan konstruksi nasional. Validasi data ukuran berasal dari panjang jarak yang tergambarkan pada gambar *as built drawing* dibandingkan dengan hasil ukuran lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria dan Standar *As Built Drawing*

Berdasarkan hasil wawancara dari beberapa perusahaan konstruksi yang berkaitan langsung dengan pekerjaan pembuatan *as built drawing* terdapat beberapa poin penting yang dibahas sebagai karakteristik pembuatan *as built drawing*. Karakteristik-karakteristik tersebut antara lain karakteristik model *as built drawing*, informasi pada gambar, dan parameter validasi gambar. Berdasarkan karakteristik tersebut, hasil wawancara terhadap perusahaan menunjukkan bahwa masing-masing perusahaan memiliki kriteria tersendiri untuk setiap karakteristik. Meskipun masing-masing perusahaan yang diwawancarai memiliki kriteria pembuatan *as built drawing* yang berbeda-beda, terdapat beberapa kesamaan antara satu perusahaan dan perusahaan lain.

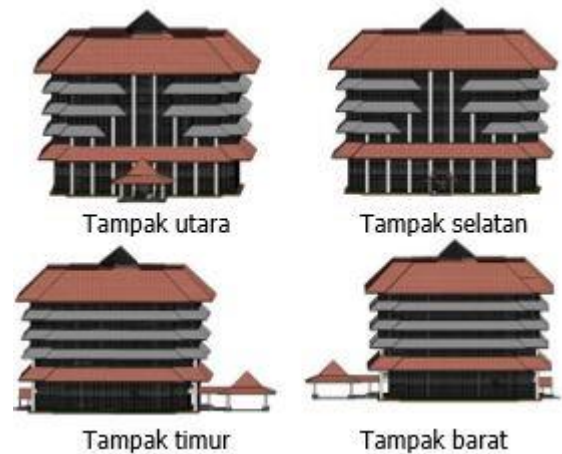
Berdasarkan hasil wawancara, seluruh perusahaan konstruksi nasional belum memiliki karakteristik atau standar baku dalam pembuatan *as built drawing*, masing-masing perusahaan memiliki karakteristik tersendiri dalam pembuatannya. Meskipun demikian, salah satu perusahaan konstruksi yang telah diwawancarai memiliki kriteria yang spesifik dalam pembuatan *as built drawing* dari segi karakteristik model, informasi gambar, dan validasi gambar disamping mengikuti Kerangka Acuan Kerja (KAK) atau kesepakatan antara kontraktor dan pemilik pekerjaan. Dari hasil wawancara tersebut, maka dirumuskan kriteria dan

standar dalam pembuatan *as built drawing* yang dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Hasil wawancara pembuatan *as built drawing* berdasarkan standar perusahaan

Karakteristik model <i>as built drawing</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sesuai kondisi lapangan 2. Fasad terbentuk 3. Detail objek tergambarkan 4. Bisa dibaca dengan mudah 5. Hasil pengukuran = hasil penggambaran
Informasi pada gambar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Objek 2. Dimensi 3. Kemiringan 4. Jenis material 5. Spesifikasi material 6. Struktur 7. Keterangan dan detail objek sesuai kebutuhan
Parameter validasi gambar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sesuai kondisi lapangan 2. Uji dimensi 3. Uji ketebalan 4. Akurasi tinggi ketelitian mm- cm 5. Toleransi kesalahan dimensi maksimum 1 – 2 cm 6. Sesuai mutu 7. Kesesuaian fasad 8. Hasil uji tidak boleh signifikan dan mempengaruhi geometri/elemen proyek lain

Model 3D Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta



Gambar 6. Tampak luar model 3D solid Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta.

Berdasarkan **Gambar 6** dapat dilihat bahwa Model 3D yang dibentuk telah memiliki kenampakan yang sesuai dengan kondisi asli di lapangan. Hasil tersebut diperoleh dengan melalui proses digitisasi berdasarkan *point cloud* hasil akuisisi menggunakan *terrestrial laser scanner*. Kenampakan luar model 3D yang diperoleh telah disesuaikan dengan kondisi luarnya sehingga kenampakan model 3D telah terlihat sesuai dengan kenampakan Gedung Rektorat sebenarnya. Ukuran geometri dari setiap bagian bangunan dilakukan digitisasi berdasarkan

batas-batas terluar dari *point cloud* yang ada sehingga dapat mempertegas bentuk dari bangunan rektorat tersebut. Selain fasad luar, fasad dalam gedung rektorat juga diukur menggunakan *TLS* sehingga dapat dibentuk secara lebih detail fasad dalam dari gedung rektorat (dapat dilihat pada **Gambar 7**). Dalam pembuatan *as built drawing*, hal yang dibutuhkan adalah batas-batas terluar bangunan dalam penggambaran 2D. Dengan demikian, maka dapat diperoleh hasil *as built drawing* yang lebih akurat.



Gambar 7. Tampak dalam model 3D solid Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta

As Built Drawing Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta

Gambar *as built drawing* atau biasa disebut gambar rekaman akhir pekerjaan konstruksi (Pertiwi et al., 2019) pada penelitian ini dibuat berdasarkan hasil model *3D solid* Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta. Hal ini dilakukan karena model *3D solid* memiliki batas-batas bangunan terluar yang jelas dan terbentuk sempurna dibandingkan data *point cloud*. Oleh karena itu, pembuatan *as built drawing* lebih mudah didasari oleh model *3D solid*.

Salah satu kriteria hasil penggambaran *as built drawing* adalah informasi pada gambar yang meliputi objek, dimensi, jenis material, spesifikasi material, struktur bangunan, keterangan dan detail objek (Muntalib, 2016). *As built drawing* yang dibuat dalam penelitian ini hanya dapat memenuhi objek, dimensi, struktur bangunan, serta keterangan dan detail objek. Hal ini dikarenakan keterbatasan pemetaan *TLS* yang tidak dapat mendeteksi spesifikasi dan jenis material bangunan. Berdasarkan ulasan tersebut, *as built drawing* dalam penelitian ini mengutamakan struktur keseluruhan Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta yang meliputi eksterior, pilar-pilar, koridor, pondasi, atap, interior, dan struktur jendela. Gambar *as built drawing* dibuat pada skala 1: 200 ukuran kertas A3 atau 1 : 150 ukuran kertas A2. Hasil *as built drawing* yang dibuat dan menampilkan potongan-potongan bagian struktur gedung dapat dilihat pada **Gambar 8** dan **Gambar 9**.

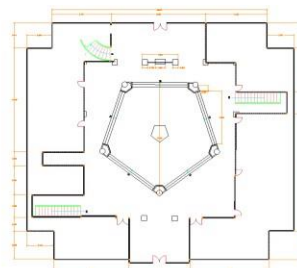


Gambar 8. Hasil penggambaran *as built drawing* potongan utara (kiri) dan selatan (kanan).



Gambar 9. Hasil penggambaran *as built drawing* potongan barat (kiri) dan timur (kanan).

Secara keseluruhan seluruh potongan bangunan memiliki kemiripan struktur pada setiap sisinya, seluruh sisi memiliki beberapa kesamaan struktur seperti kaca, pilar-pilar, dinding, pondasi, dan atap. Disamping menggambarkan potongan-potongan Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta yang merepresentasikan setiap sisi gedung, penggambaran *as built drawing* pada penelitian ini juga menggambarkan denah lantai dasar gedung. Hasil *as built drawing* yang menunjukkan denah bangunan lantai dasar dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Hasil penggambaran *as built drawing* denah lantai dasar.

Denah pada **Gambar 10** merupakan Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta tampak atas pada lantai dasar. Pada denah bangunan menampilkan informasi yang berupa kenampakan lantai dasar tampak atas yang berisi informasi: akses ruang, orientasi ruang, keterbukaan ruang, dan dimensi ruang. Akses ruang menjelaskan akses keluar dan masuk gedung dan ruangan yang digambarkan oleh pintu (). Orientasi ruang menjelaskan orientasi arah bangunan yaitu sisi depan bangunan menghadap ke utara dan menghadap langsung ke jalan raya. Tingkat keterbukaan dapat dijelaskan melalui gambar ketersediaan void di tengah lantai dasar. Dimensi ruang berisi informasi tentang ukuran objek bangunan yang tergambarkan. Dilakukan perbandingan kenampakan fasad dilakukan pada hasil *as built drawing* yang telah dibuat seperti pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Perbandingan gambar *as built drawing* terhadap visual lapangan.

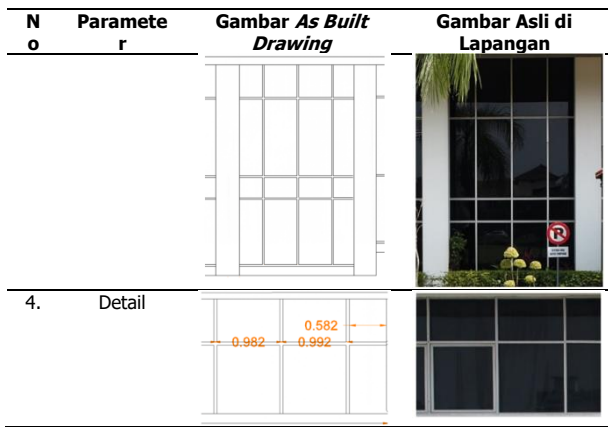
Pada **Gambar 11** dapat dilihat hasil penggambaran *as built drawing* terhadap kenampakan asli di lapangan pada setiap sisi gedung. Sebagai perbandingan yang relevan dibutuhkan parameter yang spesifik untuk dapat menilai hasil *as built drawing* yang dibuat (Apriansyah, 2021). Selanjutnya, pada **Tabel 3** akan dibahas secara rinci melalui hasil *as built drawing* terhadap kenampakan asli di permukaan bumi berdasarkan parameter kedetailan objek.

Berdasarkan **Tabel 3** dapat dilihat bahwa hasil pembuatan *as built drawing* memiliki kemiripan yang sangat baik dan detail yang tinggi. Objek penelitian yang memiliki bentuk yang kompleks dan rumit mampu tergambarkan dalam *as built drawing* yang baik berdasarkan model 3D hasil akuisisi TLS. Hal ini dibuktikan dengan kesamaan jumlah objek, kesamaan detail bentuk, dan penggambaran panjang dimensi objek hingga fraksi mm seperti yang disajikan pada **Tabel 3**.

Berdasarkan **Tabel 3** dapat terlihat bahwa penggambaran *as built drawing* hasil pemodelan TLS dapat menggambarkan hingga detail objek terkecil seperti kusen jendela, pembatas dinding dan jendela bahkan lekukan kemiringan dindingnya terhadap jendela. Tidak hanya itu, penggambaran *as built drawing* hasil pengukuran TLS juga dapat menggambarkan dimensi sesuai dengan kenampakan lapangan dengan perbedaan dalam fraksi cm hingga mm, hal ini dikarenakan kerapatan *point cloud* hasil pengamatannya yang memungkinkan terbentuknya objek yang mendetil.

Tabel 3. Kajian *As built drawing* Gedung Rektorat UPN “Veteran” Yogyakarta

No	Parameter	Gambar <i>As Built Drawing</i>	Gambar Asli di Lapangan
1.	Kesamaan jumlah jendela	<p>Potongan utara kiri atas</p> <p>Potongan Selatan Kiri Bawah</p> <p>Potongan barat bagian selatan</p>	
2.	Jumlah atap		
3.	Kesamaan detail bentuk		



Hasil Uji Validasi Geometri dan Ketebalan Objek Penelitian

Uji validasi dilakukan secara acak pada dimensi objek horizontal dan vertikal Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta. Adapun tabel hasil uji validasi geometri dapat dilihat pada **Tabel 2**. Dari hasil uji validasi yang disajikan pada **Tabel 2** perbedaan hasil ukuran lapangan menggunakan alat ukur ETS yang dianggap benar terhadap gambar *as built drawing* memiliki perbedaan yang beragam pada setiap objek yang diuji. Pada objek ketebalan ruang dan ketebalan kaca tidak memiliki perbedaan antara gambar dan hasil ukuran, sedangkan perbedaan terjauh bernilai 60 mm pada objek pilar. Nilai rata-rata perbedaan uji validasi adalah 1,5 cm dengan RMSE 1,9 cm. Standar deviasi nilai hasil pengujian adalah 1,4 cm.

Sementara itu, perbandingan data jarak penggambaran dan jarak di lapangan memiliki nilai 1 sampai 7 mm, namun ada juga nilai perbandingan yang masih kurang baik mencapai cm. Nilai ini dianggap baik karena nilai registrasi data TLS berada pada rentang 1-4 cm pada setiap sisi, yang berarti masih mungkin terjadi kesalahan pemodelan 3D hingga 4 cm. Meski begitu terdapat beberapa objek yang masih memiliki nilai lebih besar dari nilai RMSE 1,9 cm, hal ini ditunjukkan dengan kolom yang ditandai berwarna merah pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Data perbandingan jarak lapangan dengan gambar *as built drawing*.

Kode Objek	Jarak dalam lapangan	Jarak dalam ABD	ΔD (m)
	(m)	(m)	
B1	2,319	2,336	0,017
B2	2,921	2,911	0,010
B3	1,071	1,070	0,001
B4	0,844	0,839	0,005
B5	0,502	0,505	0,003
B6	12,297	12,284	0,013
S1	1,089	1,042	0,047
S2	14,461	14,401	0,060
S3	1,872	1,857	0,015
S4	2,056	2,043	0,013
S5	9,719	9,691	0,028
S6	6,040	6,048	0,008

U1	2,055	2,033	0,022
U2	1,015	1,020	0,005
U3	6,131	6,142	0,011
U4	12,382	12,365	0,017
U5	1,852	1,862	0,010
U6	1,987	1,980	0,007
T1	1,102	1,121	0,019
T2	26,989	27,033	0,044
T3	2,308	2,304	0,004
T4	1,385	1,387	0,002
T5	0,477	0,494	0,017
T6	4,777	4,789	0,039
I1	7,821	7,811	0,010
I2	0,991	1,002	0,011
I3	0,792	0,784	0,008
I4	1,469	1,470	0,001
I5	0,733	0,726	0,007
I6	6,232	6,220	0,012
K1	0,100	0,100	0,000
Rata-rata			0,015
RMSE			0,019
Standar Deviasi			0,014

Keterangan:

Jarak dalam lapangan: Dimensi hasil ukuran ETS Jarak dalam ABD : jarak pada gambar *as built drawing*

|ΔD|: Selisih jarak hasil ukuran
RMSE: *Root Mean Square Error*

Terdapat 18,75% data yang melebihi nilai RMSE diantaranya 3 objek pada bagian selatan, 1 objek bagian utara, 2 objek bagian timur. Objek yang memiliki perbedaan jauh di bagian selatan adalah objek kusen jendela, pilar, dan dinding pembatas jendela, sedangkan objek di bagian utara adalah objek kusen jendela. Pada bagian timur, objek yang memiliki perbedaan terjauh berada pada objek dinding pembatas jendela dan atap segitiga. Hal tersebut merupakan kesalahan yang dapat disebabkan karena kelalaian proses registrasi maupun pembuatan model, mengingat nilai kesalahan registrasi pada seluruh sisi kurang dari sama dengan 5 cm dan pembuatan model merupakan interpolasi dari hasil *point cloud* yang telah diregistrasi.

Hasil Uji As Built Drawing terhadap Standar Perusahaan Konstruksi

Pada penelitian ini, *as built drawing* hasil akuisisi *terrestrial laser scanner* dikaji terhadap standar dan karakteristik pembuatan *as built drawing* beberapa perusahaan konstruksi. Kajian tersebut dilakukan untuk menjawab apakah model 3D hasil *terrestrial laser scanner* yang dibuat menjadi *as built drawing* dapat memenuhi standar pembuatan *as built drawing* pada perusahaan konstruksi nasional. Kajian pembuatan *as built drawing* hasil pemodelan 3D akuisisi TLS dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Kajian *as built drawing* Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta

No.	Kriteria <i>As Built Drawing</i> Perusahaan	Keandalan TLS (Terpenuhi / Tidak)
1.	Karakteristik Model <i>As Built Drawing</i>	
	Sesuai kondisi lapangan	Terpenuhi
	Fasad terbentuk	Terpenuhi
	Detail objek tergambar	Terpenuhi
	Bisa dibaca dengan mudah	Terpenuhi
	Hasil pengukuran = Hasil penggambaran	Terpenuhi
2.	Informasi pada gambar	
	Objek	Terpenuhi
	Dimensi	Terpenuhi
	Kemiringan	Terpenuhi
	Jenis material	Tidak Terpenuhi
	Spesifikasi material	Tidak Terpenuhi
	Struktur	Terpenuhi
	Keterangan dan Detail Objek sesuai kebutuhan	Terpenuhi
3.	Parameter validasi gambar	
	Sesuai kondisi lapangan	Terpenuhi
	Uji dimensi	Terpenuhi
	Uji ketebalan	Terpenuhi
	Akurasi tinggi ketelitian cm-mm	Terpenuhi
	Toleransi kesalahan dimensi maksimum 1-2 cm	Terpenuhi
	Sesuai mutu	Terpenuhi
	Kesesuaian fasad	Terpenuhi
	Hasil uji tidak boleh signifikan dan mempengaruhi geometri/elemen proyek lain	Terpenuhi

Berdasarkan **Tabel 4** diketahui bahwa hasil pembuatan *as built drawing* metode akuisisi TLS dapat dilakukan untuk pembuatan gambar 2D menggunakan perangkat lunak AutoCAD maupun 3D menjadi *as built model* menggunakan perangkat lunak *Autodesk Revit* dan sejenisnya yang dapat menunjang dalam pembuatan BIM (Che & Abdullah, 2016). Berdasarkan karakteristik, *as built drawing* yang dibuat sesuai dengan kondisi lapangan secara dimensi yang dibuktikan pada Tabel 2 hingga ketelitian 1,9 cm, kenampakan fasad sesuai dan detail objek tergambar seperti perbandingan pada **Tabel 3**. Hal ini dikarenakan menurut Darmawan & Fitrah (2021) penggunaan teknologi TLS yang mampu membentuk model 3D objek dengan kedetailan yang tinggi akibat kerapatan *3D point cloud* yang baik sehingga dapat diperoleh kenampakan data hasil ukuran yang mendekati objek aslinya.

Informasi pada gambar *as built drawing* hasil TLS memuat kenampakan objek, struktur bangunan, dan dimensi. Hal ini merupakan keterbatasan pemetaan menggunakan TLS dikarenakan proses akuisisi jauh setelah Gedung Rektorat UPN "Veteran" Yogyakarta terbangun

sehingga tidak terdapat data pembandingan atau dasar *shop drawing* sebelumnya. Oleh karena itu, pembuatan *as built drawing* hasil *terrestrial laser scanner* tidak dapat memenuhi kriteria untuk dapat menampilkan informasi jenis material, spesifikasi material, dan keterangan detail objek sesuai desain. Berdasarkan perbandingan pembuatan *as built drawing* hasil *terrestrial laser scanner* terhadap standar perusahaan konstruksi yang disajikan pada **Tabel 4** didapati bahwa TLS memiliki keandalan dalam pembuatan *as built drawing*. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya karakteristik yang terpenuhi oleh akuisisi TLS, meskipun dalam penelitian ini belum dapat memenuhi satu karakteristik pembuatan *as built drawing*. TLS dapat diolah diberbagai perangkat lunak dari AutoCAD, *Autodesk Revit*, dan *Sketch Up* yang seluruhnya dapat menunjang teknologi terbaru di bidang pemetaan yaitu pembuatan *Building Information Management* (BIM).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, maka terdapat beberapa kesimpulan terkait dengan penelitian yang dilakukan. Pertama, kualitas hasil pembuatan *as built drawing* memiliki ketelitian geometri yang baik yang ditunjukkan dengan RMSE 1,9 cm dan standar deviasi 1,4 cm yang berarti masuk ke dalam fraksi mm-cm sesuai dengan kriteria validasi gambar. *As built drawing* juga memenuhi seluruh kriteria validasi gambar. Selain itu, *as built drawing* memenuhi seluruh parameter pada kriteria karakteristik model *as built drawing*. Walau demikian, *as built drawing* yang diperoleh parameter tidak mampu memenuhi parameter spesifikasi material pada kriteria informasi gambar. Hal ini disebabkan oleh tidak dapat menampilkan informasi bagian gedung tampak atas, jenis material, spesifikasi material, dan keterangan detail objek sesuai desain, akibat cakupan pemetaan menggunakan TLS tidak dapat memindai bagian atap gedung, serta mendeteksi spesifikasi dan jenis material.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Geomatika UPN "Veteran" Yogyakarta atas dukungan dan fasilitas yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhafez, R. R., Syapawi, A., & Herius, A. (2022). Analisa pekejaan bronjong dengan *as built drawing* di tebing sungai megang kabupaten musi rawas. *Cived*, 9(3), 305–309. Doi: <https://doi.org/10.24036/cived.v9i3.118780>
- Alkan, R. M., & Karsidag, G. (2012). Analysis of the accuracy of terrestrial laser scanning

- measurements. *Fig Working Week*, 6–12.
- Apriansyah, R. (2021). *Implementasi konsep building information modelling (BIM) dalam estimasi quantity take off material pekerjaan struktural*.
- Barnes, A. (2012). Penggunaan 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*.
- Che, C., & Abdullah, K. U. (2016). *Application Of Terrestrial Laser Scanner For Three Dimensional As Built Building Model*.
- Christian, P., & Kamurahan, S. R. (2021). Pengaruh Aplikasi Material Fasade Bangunan Terhadap Upaya Konservasi Energi Dengan Pendekatan Evaluasi Desain Berbasis Bim (Building Information Modeling). *Jurnal Arsitektur Zonasi*, 4(1), 73–83. Doi: <https://doi.org/10.17509/jaz.v4i1.30181>
- Dafrina, A., Hassan, S. M., & Zahara, A. (2021). Identifikasi Langgam Gaya Arsitektur Transisi/Peralihan Serta Karakter Visual Fasad Pada Arsitektur Peninggalan Kolonial Di Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe. *Arsitekno*, 8(2), 56–67. Doi: <https://doi.org/10.29103/arj.v8i2.4159>
- Darmawan, S., & Fitrah, W. (2021). Pemanfaatan Teknologi 3d Terrestrial Laser Scanner Dalam Mendukung Konstruksi Jembatan (Studi Kasus: Jembatan Layang Jalan Laswi-Pelajar Pejuang 45, Kota Bandung). *Ftsp*, 313–318.
- Gumilar, I., Hawaari, T., Sidiq, T. P., & Lukmanulhakim, A. (2020). As-Built Drawing Generation Of Lfm Building Itb Using Terrestrial Laser Scanner. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, 500(1), 12053. Doi: <http://doi.org/10.1088/1755-1315/500/1/012053>
- Hendriatiningsih, S., Gumilar, I., Wisayantono, D., & Paramita, E. L. (2014). Survey Pemetaan Model Bangunan Tiga Dimensi (3d) Metode Terrestrial Laser Scanning Untuk Dokumentasi As-Built Drawing. *Jurnal Teknik Sipil Itb*, 21(2), 163–170.
- Heritage, G., & Large, A. (2009). *Laser Scanning For The Environmental Sciences*. John Wiley & Sons.
- Jia, C. C., Wang, C. J., Yang, T., Fan, B. H., & He, F. G. (2019). A 3d Point Cloud Filtering Algorithm Based On Surface Variation Factor Classification. *Procedia Computer Science*, 154, 54–61. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.06.010>
- Kepala Pusdiklat SDA Dan Konstruksi, K. (2018). *Pelatihan Perencanaan Konstruksi Dengan Sistem Teknologi Building Information Modeling (Bim)*.
- Muntalib, K. (2016). *Pengaruh Warna Dan Jenis Material Target Terhadap Hasil Pengukuran Terrestrial Laser Scanning Leica Scanstation C10*. Universitas Gadjah Mada.
- Noor, A. M., Kamal, S. S., & Mohamad, P. I. (2011). *Ndt (Non Destructive Testing) In Civil Engineering: Structural Integrity Of Concrete Inspection Project*.
- Pertiwi, I. M., Herlambang, F. S., & Kristinayanti, W. S. (2019). Analisis Waste Material Konstruksi Pada Proyek Gedung (Studi Kasus Pada Proyek Gedung Di Kabupaten Badung). *Jurnal Simetrik*, 9(1), 185–190.
- Sahid, M. (2020). Pengukuran Geometri Benda Tipis (Sudu/Blade) Dengan 3d Laser Scanner Berdasarkan Referensi Vektor Dan Pemakaian Benda Pembanding. *Metal Indonesia*, 42(2), 43–51. Doi: <http://dx.doi.org/10.32423/jmi.2020.v42.43-51>
- Shukor, S. A. A., Wong, R., Rushforth, E., Basah, S. N., & Zakaria, A. (2015). 3d Terrestrial Laser Scanner For Managing Existing Building. *Jurnal Teknologi*, 76(12).
- Siburian, L., Gumilar, I., & Wisayantono, D. (2017). Pemodelan 3d Jembatan Cisomang Menggunakan Metode Terrestrial Laser Scanner. *Journal Of Geospatial*, 6 (1).
- Van Genechten, B. (2008). *Theory And Practice On Terrestrial Laser Scanning: Training Material Based On Practical Applications*. Universidad Politecnica De Valencia Editorial; Valencia, Spain.
- Widyasari, I. G. A. A. I., Artadi, I. M. P., & Yupardhi, T. H. (2023). Pelaksanaan Redesain Presidential Suite Room 5070-5071 Pada Siloam Hospitals Bali. *Jurnal Vastukara: Jurnal Desain Interior, Budaya, Dan Lingkungan Terbangun*, 3(1), 18–27.
- Zakaria, A., & Handayani, H. H. (2016). *Studi Pemodelan 3d Menggunakan Terrestrial Laser Scanner Berdasarkan Proses Registrasi Cloud To Cloud Dan Target To Target*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.