

Penghasilan Model 3D Tapak Parking Menggunakan Terrestrial Laser Scanner

(Generating a 3D Model Parking Lot by using Terrestrial Laser Scanner)

Sharifah Lailaton Khadijah binti Syed Abdullah* & Siti Kamisah binti Mohd Yusof

Civil Engineering Department, Politeknik Ungku Omar

*Corresponding author: lailaton@puo.edu.my

Received 1 May 2021, Received in revised form 28 July 2021

Accepted 1 September 2021, Available online 30 May 2022

ABSTRAK

Teknologi Terrestrial Laser Scanner (TLS) kini telah berkembang dalam bidang pemetaan dan pemodelan di mana kelebihan yang dihasilkan oleh alat ini antaranya adalah kelajuan pengambilan data, ketepatan tinggi dan menjimatkan masa. Salah satu penggunaan teknologi TLS ini adalah untuk menganalisis objek real world yang tepat pada permukaan serta bentuk objek kemudiannya dipersembahkan dalam bentuk 3 Dimensi. TLS sering digunakan dalam berbagai bidang seperti Kejuruteraan Awam atau Arkeologi untuk pemodelan objek, tinjauan volume terowong, Sistem Maklumat Geografi (GIS), dan juga untuk mempertahankan bentuk perincian warisan budaya. Walau bagaimanapun TLS ini masih belum diuji keupayaannya bagi menghasilkan 3 Dimensi (3D) untuk tapak letak kenderaan (parking). Dalam projek ini, penghasilan model 3D tapak parking menggunakan TLS dijalankan bagi membuktikan keupayaan TLS dalam menghasilkan dan menganalisis objek real world. Projek ini telah dijalankan di tapak parking Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia (JUPEM), Kuala Lumpur. Kaedah yang digunakan bagi penghasilan model 3D tapak parking JUPEM adalah menggunakan peralatan 3D Terrestrial Laser scanner (TLS) jenis Leica ScanStation C10, pendaftaran imej point cloud, permodelan primitif 3D menggunakan perisian Cyclone dan permodelan parametrik 3D menggunakan perisian Autodesk Revit. Dengan penghasilan model 3D tapak parking ini dapat membantu pihak JUPEM dalam menghasilkan pelan butiran secara 3D dan kaedah terbaru dapat mempercepatkan hasil kerja pengambilan butiran bagi sesuatu objek dan dapat dipersembahkan dalam bentuk yang nyata tanpa perlu turun ke tapak projek dan sebagainya. Selain daripada itu, dengan wujudnya penggunaan permodelan 3D menggunakan laser scanner ini diharap dapat membantu orang awam, jurutera, dan para pengguna yang lain untuk mengetahui kedudukan dan infrastruktur dalaman setiap bangunan dengan mudah.

Keywords: Terrestrial Laser Scanning; Autodesk Revit; Permodelan 3D

ABSTRACT

Nowadays, the usages of Terrestrial Laser Scanner (TLS) have been practise widely use in the mapping and modelling of varies field. This is because of the advantages that TLS provided; such as speed in data collecting, high accuracy as well as saving time. One of the main technologies of TLS is by producing a 3 Dimension (3D) that can be analysed from a surface of an object and form of the real world. TLS is practically use in Civil Engineering or Geographic Information System (GIS) for objects modelling and reviewing tunnels volume whereas for Archaeology it be used by maintaining the details of cultural heritage. However, TLS has not been analysed in 3D for the parking area. The main purpose of this study took place is to prove the ability of TLS in producing and analysing into 3D modelling for this particular area. The study has been done at the parking lot of the Department of Survey and Mapping (JUPEM), Kuala Lumpur. The methods that been used for this study are by using a 3D Terrestrial Laser scanner (TLS), Leica Scan Station C10, image point cloud registration, 3D modelling, Cyclone software, parametric modelling 3D and Autodesk Revit. From this study, it helps the JUPEM department in producing 3D detailing plan as well as speed up the outcome of retrieving details for an object and can be presented in tangible form without physically going to the particular area or a site. Therefore, with this introduction of 3D modelling technology towards the relevant fields, it can help others in solving problems for internal infrastructure for buildings and structures.

Keywords: Terrestrial Laser Scanning; Autodesk Revit; modelling 3D

Dalam era globalisasi yang semakin canggih, penggunaan peralatan automasi adalah amat diperlukan bagi menggantikan peralatan serta kaedah yang konvensional. Ini adalah kerana bagi mengikut arus kemajuan di mana revolusi Industri 4.0 semakin berkembang dengan pesatnya. Dengan kemunculan superkomputer, robot pintar, kenderaan tanpa pemandu dan lain-lain lagi memungkinkan penggunaan fungsi otak yang lebih optima lagi (Klaus Schwab, 2017). Revolusi Perindustrian 4.0 adalah melibatkan teknologi automasi bukan sahaja memberi cabaran kepada pihak industri malah juga kepada semua sektor dalam melakukan perubahan digital untuk kekal berdaya saing seiring dengan transformasi digital.

Seperti yang diketahui, pada masa kini, penghasilan data model 3D adalah menggunakan kaedah konvensional yang memerlukan masa yang lebih lama serta penggunaan tenaga kerja yang ramai. Peralatan seperti Total Station, alat aras serta penggunaan peralatan Global Navigation Satellite System (GNSS) adalah amat merumitkan dan memerlukan kepakaran bagi menghasilkan satu model 3D yang lebih tepat. Dengan adanya teknologi terkini iaitu penggunaan Terrestrial Laser Scanner, model 3D dapat dihasilkan dengan lebih pantas, efisien serta lebih jitu. Ianya dilengkapkan dengan adanya koordinat X, Y dan Z. Terrestrial Laser Scanner atau lebih dikenali sebagai Laser Scanner sahaja merupakan satu instrumen analisis objek dunia sebenar yang tepat serta mengumpulkan data permukaan dan bentuk objek kemudian ditampilkan dalam bentuk 3D yang penuh warna. Alat ini mampu untuk mengetahui kedudukan sesuatu tempat dengan lebih terperinci serta mengetahui isipadu bilik serta peralatan yang berada di dalam bangunan tersebut. Hasil daripada pengimbasan yang dilakukan adalah dalam bentuk point cloud daripada permukaan objek.

Pemprosesan 3D point cloud akan menggunakan perisian Leica Cyclone bagi pemprosesan registrasi dan model primitif dan Autodesk Revit bagi tujuan pemprosesan model parametrik. Manakala proses registrasi dilakukan bagi mendapatkan point cloud yang berkaitan dengan objek yang hendak diproses manakala model primitif adalah untuk mendapatkan model 3D sebagai rujukan. Model parametrik pula ialah point cloud yang telah dieksport ke perisian Autodesk Revit bagi mendapatkan model 3D secara dunia sebenar dan model ini adalah hasil akhir bagi data point cloud yang telah diimbas dan diregistrasi.

Menurut Gerald F. Marshall (2004), pengimbasan laser 3D digunakan dalam pelbagai bidang dan penyelidikan akademik. Ianya telah memanfaatkan reka bentuk pakaian dan produk, industri automotif dan sains perubatan. Pengimbasan laser juga boleh digunakan untuk merekod bangunan, terutamanya di tempat yang orang tidak dapat akses kerana bahaya untuk keselamatan. Pengimbasan Laser 3D digunakan dalam pelbagai aplikasi seperti perindustrian, seni bina, ukur saintifik, topografi bandar, perlombongan, kejuruteraan terbalik, kualiti, arkeologi, pergigian, dan pemeriksaan dimensi mekanikal hanya beberapa aplikasi

serba boleh. Teknologi pengimbasan laser 3D membolehkan resolusi tinggi dan 3D digitasi lebih cepat daripada teknologi dan teknik metrologi konvensional yang lain (Roberto, Massimiliano, Gravia & T. D'Orazio, 2013). Beberapa aplikasi yang sangat menarik adalah aplikasi animasi dan realiti maya.

Menurut kajian Shazmin Amiza Abdul Shukor, (2017) dalam jurnal bertajuk 3D Terrestrial Laser Scanner for Managing Existing Building, teknologi Building Information Modelling (BIM) telah mendapat perhatian dalam bidang senibina, kejuruteraan, pembinaan dan lain-lain. BIM memperkenalkan elemen visualisasi 3D dalam merekabentuk dan membina bangunan baru, dimana rekabentuk yang sama boleh diguna pakai untuk menguruskan bangunan tersebut secara 3D as-built. Bagi bangunan yang sedia ada, ahli profesional memerlukan bantuan daripada perkakasan sedia ada, seperti TLS bagi membantu menghasilkan data model dalam bentuk 3D dengan lebih tepat dan jitu. Ini adalah bagi mengumpulkan data mewakili seni bina dalaman dan luaran bangunan tersebut. Kajian tersebut membuktikan bahawa dengan penggunaan TLS tersebut, banyak membantu bagi menjimatkan proses keseluruhan mendapatkan data di kawasan kajian, kerana kelebihan bagi mendapatkan data yang jitu, pemerolehan data 3D dengan pantas dan tepat.

Penggunaan peralatan terrestrial laser scanner juga telah terbukti berkesan dan menepati ketepatan yang dibenarkan dalam piawai QCLASSIC dalam menghasilkan model rekabentuk dan model 3D. Ini adalah bertepatan dengan kajian yang di lakukan oleh Muhammad Afiq (2019) dalam kajiannya iaitu Dimensional Survey Terrestrial Laser Scanning for Industrial Construction in Malaysia. Ini dapat membuktikan lagi bahawa penggunaan teknologi ini adalah dapat menjimatkan masa serta boleh di terima pakai oleh piawaian Sistem Penilaian Kualiti dalam Pembinaan atau QCLASSIC (Quality Assessment System for Building Construction Works) (CIS 7:2014).

Laser scanning juga di gunakan bagi menghasilkan dan juga mendokumentasikan bangunan-bangunan warisan yang telah berusia beratus tahun. Halina Md. Sharif (2019) mengatakan bahawa pemuliharaan warisan budaya adalah proses kompleks yang memerlukan kaedah dan teknik yang inovatif untuk memudahkan pemulihan, pengurusan dan penentuan nilai. Dokumentasi aset warisan yang tepat sangat penting dalam memastikan bahawa sebarang perubahan, pembaikan, penambahan atau perobohan bahagian aset dicatat dengan betul untuk mengekalkan kesahihan aset. Tujuan kajian ini adalah memperlihatkan kelebihan aplikasi imbasan-ke-BIM dalam mendokumenkan aset warisan budaya di Malaysia sebagai prosedur kritikal dalam langkah-langkah untuk memelihara aset tersebut. Ini bertepatan dengan kajian yang dilakukan oleh beliau bersama rakan-rakan iaitu melakukan dan menghasilkan bangunan warisan bangunan Gedung Raja Abdullah, Klang, Selangor, Malaysia berbentuk 3D dengan menggunakan peralatan TLS.

Dengan perkembangan teknologi TLS dalam bidang pemetaan ini, telah memberi kelebihan bagi memperoleh data yang lebih cepat dan jitu serta lebih ekonomi berbanding kaedah konvensional. Salah satu manfaatnya adalah teknologi TLS ini boleh melakukan pemantauan terhadap deformasi dari bentuk bangunan dan juga geografi bentuk muka bumi. Ini bertepatan dengan kajian yang dilakukan oleh Rifqi Najib Muzaka (2015), dimana beliau dan rakan-rakan telah melakukan satu kajian mengenai pemantauan deformasi bangunan iaitu sebuah Tangki Klarifier di Kota Semarang, Indonesia. Kajian adalah dengan menggunakan data as built drawing sebagai data lama dan data TLS sebagai data terbaru. Pemantauan deformasi bentuk dilakukan dengan mengkaji perbandingan bentuk dari gambaran lama bangunan dengan bentuk bangunan 3 Dimensi yang dilakukan dengan menggunakan kaedah terrestrial laser scanning ini. Perbandingan di antara data as built lama dan juga as built baru menunjukkan data diameter bangunan menggunakan data TLS boleh digunakan dan menepati ketepatan toleransi yang di benarkan iaitu 0.007m.

Kaedah pengukuran manual menjadi kaedah konvensional untuk pemerolehan data dimensi dalam industri pembinaan. Ia sesuai untuk permukaan dan geometri yang tidak kompleks. Walau bagaimanapun, untuk permukaan dan geometri yang kompleks, kaedah pengukuran berhubung memberikan hasil yang tidak memuaskan (Tang et al., 2010).

Maka melalui pernyataan di atas, bagi tujuan mendapatkan data secara terperinci samada bertujuan untuk pemerhatian, pembinaan atau pemeriksaan, data 3D sangat di perlukan. Ianya boleh terhasil dengan menggunakan peralatan pembaris keluli, tali tape meter dan lain lain lagi. Tetapi melalui kaedah ini, data yang diperolehi adalah tidak tepat dan juga mengambil masa yang lama untuk di siapkan. Ini menyebabkan kerja menjadi semakin rumit dan lambat. Terdapat satu lagi kaedah, dimana, alat total station digunakan bagi menghasilkan data mentah. Tetapi kaedah ini terdedah dengan kesilapan yang nyata, contohnya objek atau kawasan kajian tidak mempunyai bentuk atau permukaan yang sekata dan juga ketinggian yang sekata. Alat total station hanya boleh mengambil ketinggian yang tertentu dan tidak berupaya untuk mengambil semua ketinggian yang tidak rata. Ini menyebabkan kejituan di ragui. Jurukur juga terdedah dengan kesilapan cerapan yang boleh menganggu pada data yang di hasilkan. Data mentah tersebut perlu di proses dan di kemaskini serta data tersebut perlu di sambungkan bagi menghasilkan objek 3D. Maka, kaedah yang paling sesuai bagi mendapatkan data 3D yang berkejituan tinggi adalah dengan menggunakan Pengimbas Laser.

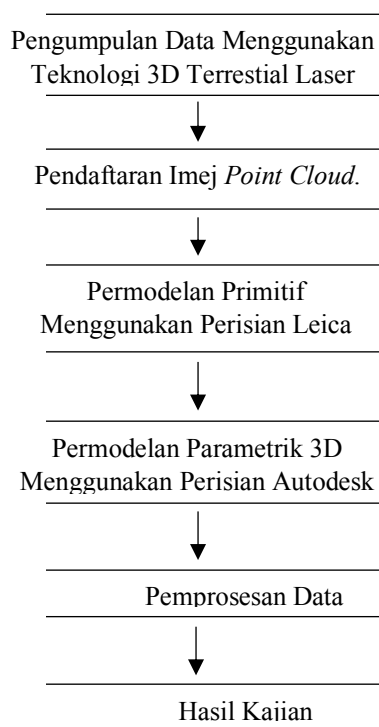
Kajian ini dijalankan untuk memproses data point cloud kepada model 3D. Pengimbas Laser dalam Pengukuran 3D bagi kawasan parking kereta di Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia Wilayah Kuala Lumpur. Alat pengimbas laser 3D merupakan instrumen analisis objek real world yang dapat mengumpulkan data permukaan dan bentuk objek kemudian ditampilkan dalam bentuk 3 dimensi yang

penuh warna. Data yang terkumpul dapat digunakan untuk membina satu bentuk digital dalam model 3 dimensi yang berguna dalam pelbagai keperluan. Objektif kajian adalah bagi menghasilkan satu model 3D menggunakan peralatan Terrestrial Laser Scanning membentuk data point cloud. Kajian ini juga adalah bertujuan bagi menghasilkan kaedah pemrosesan data registrasi sehingga ke permodelan primitif dan parametrik.

METODOLOGI

Kaedah yang digunakan untuk menyempurnakan kajian ini antaranya peralatan Terrestrial Laser Scanning, pendaftaran imej point cloud, permodelan primitif 3D menggunakan perisian Cyclone dan permodelan parametrik 3D menggunakan perisian Autodesk Revit. Kaedah ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah model 3D yang memberi faedah kepada komuniti industri pembinaan, pembangunan dan perancangan bandar dan desa.

Prosedur kerja yang terlibat dalam kajian adalah seperti yang dinyatakan pada Carta Alir 1



CARTA 1. Carta alir metodologi projek

PERALATAN PROJEK

Leica C10

Peralatan Terrestrial Laser Scanning telah banyak digunakan di pasaran dunia mahupun tempatan. Rajah 1 menunjukkan alat Leica ScanStation C10 yang digunakan untuk menghasilkan model 3D tapak parking JUPEM. Alat ini digunakan bagi tujuan kerja-kerja pengimbasan di

lapangan dan menghasilkan data point cloud permukaan sesuatu objek yang diimbas.



RAJAH 1. Leica ScanStation C10

Tripod

Rajah 2 menunjukkan tripod untuk meletakkan alat laser scanner di atas titik di atas permukaan serta untuk melaraskan alat tersebut serentang dengan titik di atas permukaan.



RAJAH 2. Tripod

Target

Rajah 3 menunjukkan target. Alat ini digunakan sebagai penghubung data point cloud semasa melakukan kerja-kerja pengimbasan.



RAJAH 3. Target

SISTEM PENGUKURAN

Pelaksanaan projek dan perletakkan peralatan ditunjukkan pada Rajah 4 dan Rajah 5 di mana sistem pengukuran TLS Leica StanStation C10 dijalankan dari beberapa tempat diri alat yang dapat dilihat pada Rajah 4.



RAJAH 4. Sistem pengukuran Leica StanStation C10



RAJAH 5. Alat *Leica Scanner C10* didirikan di atas tripod

Sesuatu pengukuran biasanya menggunakan metode multiple scan atau melakukan imbasan berkali-kali pada posisi yang berbeza-beza. Imbasan yang banyak dilakukan bergantung pada keperluan atau ketelitian butiran objek yang diinginkan, semakin banyak imbasan yang dilakukan pada suatu objek semakin banyak objek yang akan terbentuk. Setiap kali alat didirikan untuk melakukan imbasan ia dikenal sebagai Scanworld dalam tampilan perisian Cyclone 9.1. ScanWorld yang tersimpan dalam perisian database digunakan dalam proses registrasi untuk menghasilkan model space yang unify.

REGISTRASI IMEJ POINT CLOUD

Cara yang digunakan untuk dalam kajian ini ialah pendaftaran imej dalam perisian Cyclone ialah point cloud to point cloud. Sebagai contoh, titik bucu pintu yang terhasil daripada pengimbasan (data mentah) akan dapat dikenalpasti dalam perisian sebagai satu (1) titik yang unik iaitu mempunyai identiti yang unik. Titik-titik ini dapat dikenalpasti dari stesen-stesen yang diimbas dari pelbagai lokasi.

Bagi memulakan proses pendaftaran titik point cloud satu (1) pangkalan data dibina dalam perisian Cyclone seperti Rajah 6 dan data mentah ini seterusnya diimport bagi proses pendaftaran imej. Selepas proses pendaftaran dibuat, hasilnya akan dapat disemak melalui jumlah selisih yang dikeluarkan oleh perisian Cyclone. Nilai selisih ini menjadi tanda aras samada data pengimbasan yang diambil berada dalam keadaan baik atau tidak. Sekiranya selisih yang diperolehi daripada kerja-kerja pengimbasan ini tidak kurang daripada 3-5 mm maka kualiti pendaftaran berada dalam keadaan baik atau mengikut kehendak klien.

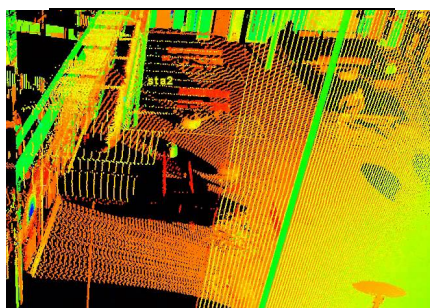
Akhir sekali, melakukan proses unify. Proses unify ialah proses penyatuan data-data pengimbasan di antara semua stesen menjadi satu (1). Proses penyatuan ini meliputi unit ukuran (unit), dimensi point cloud (point thickness), dan tingkat dari point cloud (Thickness).



RAJAH 6. LEICA Cyclone 9.1

PERMODELAN PRIMITIF 3D MENGGUNAKAN PERISIAN CYCLONE

Grafik model primitif 3 dimensi (3D) ialah proses membentuk pra model persembahan pada paramuka 3D yang dikehendaki dengan menggunakan perisian khas. Model primitif 3D seperti Rajah 7 digunakan sebagai rujukan dalam membangunkan proses permodelan BIM 3D atau parametrik tanpa menggunakan point cloud sedia ada dalam tempoh yang singkat. Akhir sekali, model ini perlu dieksport kepada format perisian cad Autodesk Revit. Selepas dieksport ke perisian cad Autodesk Revit, model 2D akan ditukarkan kepada model 3D.



RAJAH 7. Model primitif 3D

Permodelan parametrik merupakan proses yang menggunakan computer untuk merekabentuk objek atau system komponen atribut model seperti binaan sama seperti di bumi. Ciri utama model ini ialah ianya dapat mewujudkan hubungan secara langsung antara atribut dengan objek. Bagi menghasilkan model 3D, kerja-kerja pendigitalan perlu dilakukan bagi semua objek.

Rajah 8 merupakan Permodelan parametrik/model 3D dihasilkan menggunakan perisian Autodesk Revit.

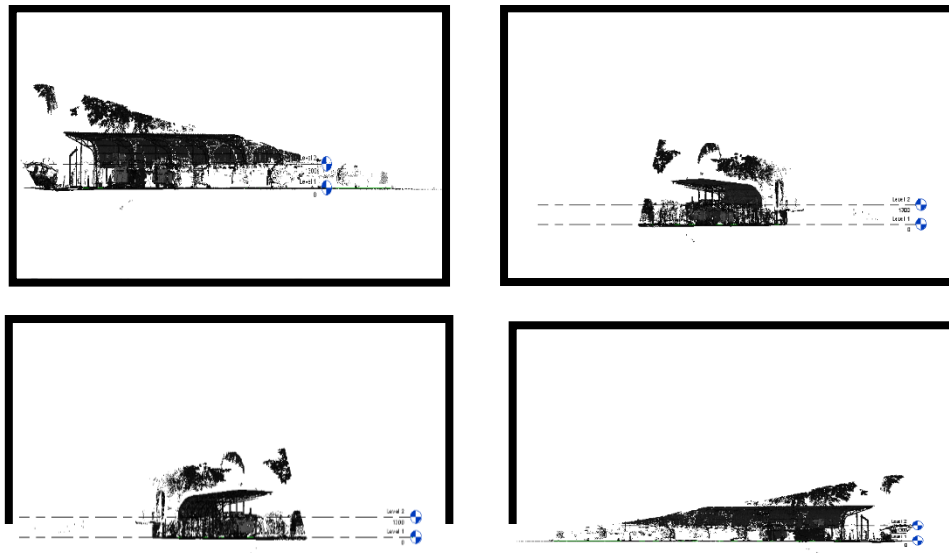


RAJAH 8. Perisian Autodesk Revit

Point cloud dapat dilihat dalam pelbagai perspektif, ianya boleh dilihat secara 360 darjah. Rajah 9 menunjukkan pandangan point cloud tersebut dari arah yang diberi di dalam perisian Autodesk Revit. Nilai level juga diberi sebagai rujukan kepada permukaan bagi tujuan permodelan 3D point cloud.

HASIL DAPATAN KAJIAN

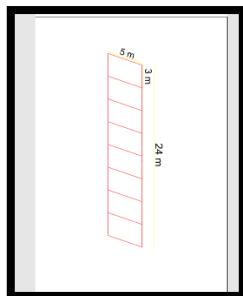
Analisis telah dibuat berdasarkan daripada kajian dan juga pengguna perisian yang berbeza bagi mendapatkan hasil dapatan kajian yang jelas. Analisis yang teliti serta kaedah logik juga digunapakai dalam melakukan perbandingan. Perbandingan pemprosesan data model 3D menggunakan Revit dengan pemprosesan data 2D kaedah konvensional menggunakan Autocad. Perbandingan ditunjukkan dalam rajah serta penggunaan jadual bagi menampakkan perbezaan



RAJAH 9. Paparan point cloud oleh autodesk revit

HASIL PEMROSESAN DATA KAEDAH KONVENSIONAL MENGUNAKAN PERISIAN AUTOCAD

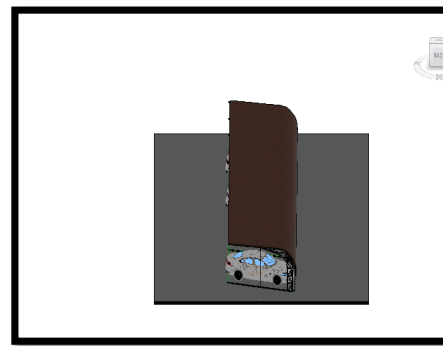
Data bagi jarak dan lebar diukur dengan menggunakan pita ukur dan juga total station bagi mendapatkan ukuran tapak letak kereta. Rajah 10 merupakan pelan 2D menggunakan perisian Autocad.



RAJAH 10. Pelan Lantai Tempat Letak Kereta dalam Autocad

HASIL PEMROSESAN DATA 3D MENGGUNAKAN PERISIAN AUTODESK REVIT DAN LEICA CYCLONE

Data diperoleh daripada alat laser scanner yang dilakukan pada tempat letak kereta. Setelah data tersebut diproses menggunakan Autodesk Revit dan juga Leica Cyclone, model 3 Dimensi telah dapat dihasilkan. Rajah 10 hingga Rajah 14 menunjukkan model-model 3D yang telah siap bagi parking kereta tersebut. Rajah 10 adalah merupakan model 3D dari pandangan atas.

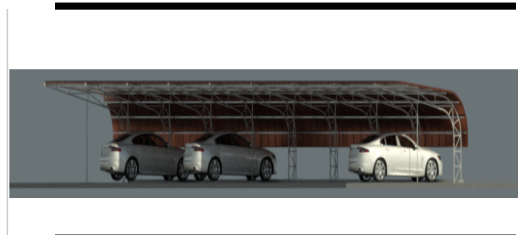


RAJAH 10. Model 3D tempat letak kereta (1)

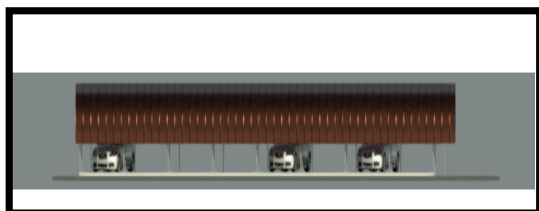
Rajah 11 pula menunjukkan model 3D yang dapat dilihat secara jelas dan mempunyai setiap butiran-butiran yang jelas bagi kegunaan penyelenggaraan, penyimpanan dan lain-lain lagi. Manakala Rajah 12 pula menunjukkan rajah 3D daripada pandangan hadapan. Setiap struktur dan binaan akan dapat dilihat. Bagi Rajah 13 pula adalah pandangan belakang bagi parking tersebut dan akhir sekali Rajah 14 merupakan rajah 3D daripada pandangan sisi.



RAJAH 11. Model 3D tempat letak kereta (2)



RAJAH 12. Model 3D *Render* pandangan Hadapan



RAJAH 13. Model 3D *Render* pandangan belakang

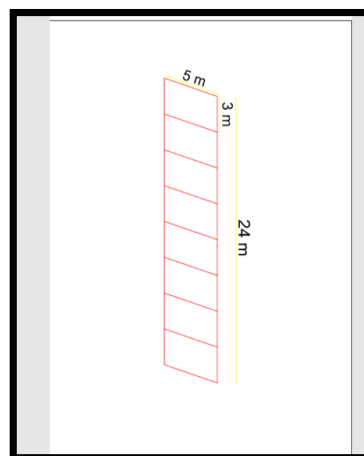


RAJAH 14. Model 3D *Render* Pandangan Sisi

ANALISIS DAPATAN

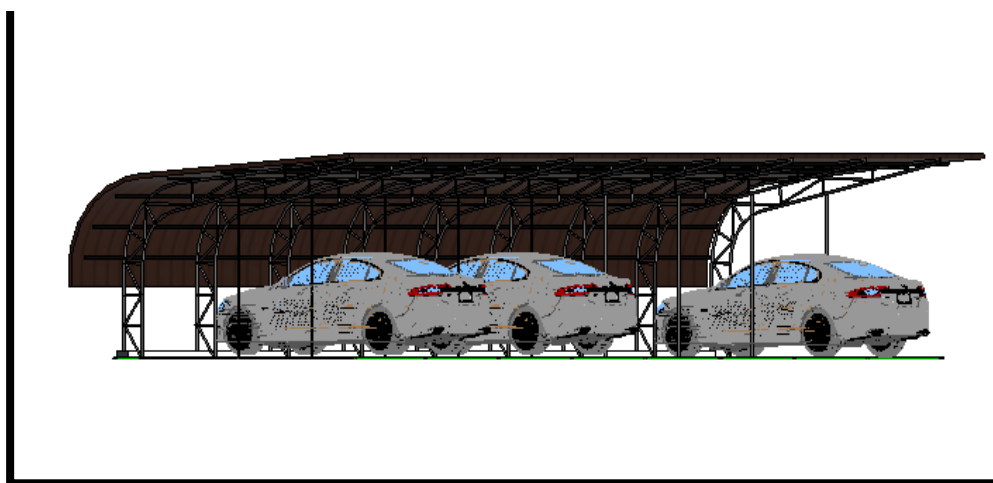
Merujuk kepada pernyataan yang dibuat pada topic pengenalan, TLS ini merupakan satu peralatan pengukuran yang diperlukan bagi menggantikan peralatan serta kaedah yang konvensional. Ini adalah kerana bagi mengikut arus kemajuan di mana revolusi Industri 4.0 semakin

berkembang dengan pesatnya. Hasil daripada projek yang dijalankan ini, terdapat beberapa analisis yang telah dibuat dan dikaji terhadap perbandingan antara kaedah penghasilan pelan butiran secara konvensional 2D dan permodelan 3D. Antaranya adalah objek diproses menggunakan kaedah konvensional dan satu lagi adalah menggunakan kaedah 3D. Rajah 15 menunjukkan data yang terhasil dengan menggunakan data 2 Dimensi. Data ini kelihatan ringkas dan tidak mempunyai bentuk seperti bentuk asal. Bagi kerja kerja yang berkejituan tinggi, data yang terhasil haruslah mempunyai data-data yang terperinci dan jitu bagi mengenalpasti sebarang masalah yang mungkin timbul.



RAJAH 15. Hasil dapatan objek dalam bentuk 2D

Manakala Rajah 16 menunjukkan data 3 Dimensi yang terhasil menggunakan kaedah laser scanner. Hasil ini amat terperinci dan mampu mempamerkan bentuk sebenar dan mudah untuk memberi rujukan kepada pihak yang memerlukan bagi pelbagai tujuan kerja.



RAJAH 16. Hasil dapatan dalam bentuk 3D mengikut spesifikasi yang sebenar

Ianya juga adalah sangat asli dengan menampilkan gambarajah yang sama dengan objek asal. Setiap lekuk dan bentuk dapat di ambil dan mempunyai data-data yang terperinci.

Berdasarkan kepada Jadual 1, analisis perbandingan yang dilakukan ternyata kedua-dua kaedah mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing akan tetapi jelas kaedah laser scanner dan permodelan 3D mampu memberikan maklumat yang lebih jelas dan real world berbanding kaedah konvensional. Penggunaan kaedah laser scanner sudah mula digunapakai dalam industri pembangunan dan pembinaan di luar negara namun di Malaysia hanya segelintir syarikat yang menggunakannya seperti Geodelta Sdn.Bhd atas faktor harga alat yang mahal.

JADUAL 1. Perbandingan kaedah Konvensional 2D dan Permodelan 3D

Konvensional 2D	Permodelan 3D
Kaedah yang murah serta mudah didapati	Kaedah yang mahal serta susah didapati tetapi bermutu tinggi
Memerlukan beberapa tenaga pekerja ketika melakukan pengukuran	Seorang pekerja sudah memadai untuk menggunakan alat pengimbas laser
Data yang diperoleh ringkas dan tidak memberi spesifikasi yang lengkap hanya sekadar pelan lantai	Data yang diperoleh bermutu tinggi, <i>real world</i> , dipercayai dan memberi spesifikasi yang lengkap seperti bahan digunakan sesuatu objek, warna dan gambaran objek

PERBINCANGAN

Berdasarkan data yang diperolehi, kajian ini telah mencapai objektif iaitu Penghasilan model objek 3 Dimensi dengan menggunakan alat pengimbas laser 3D dan pemprosesan data register sehingga ke pemodelan primitif dan parametrik. Di samping itu, setelah analisis dijalankan perbandingan antara kaedah konvensional 2D dengan pengimbas laser 3D telah dijalankan dalam kajian ini, didapati bahawa pengimbas laser 3D memudahkan lagi kerja-kerja pembinaan serta bersepadu dengan konsep BIM yang kini menjadi satu kepentingan dalam era perindustrian 4.0.

KESIMPULAN

Pada Era Perindustrian 4.0, penggunaan BIM amat diperlukan bagi melancarkan lagi kerja kerja pembinaan BIM. Secara umumnya, kaedah BIM adalah menggunakan, jurutera dan pereka bangunan akan membina projek bangunan bersama maklumat bersepadu dalam format yang tersusun merangkumi semua aspek. Kaedah yang paling berkesan adalah bagi menghasilkan bentuk bangunan dalam bentuk 3D. Ianya membolehkan arkitek dan jurutera sama-sama bekerja pada satu projek dari mana saja. BIM juga dapat

mengumpul pelbagai maklumat mengenai setiap butiran ke dalam format yang boleh dilaksanakan. Ianya memudahkan ujian dan analisis semasa fasa reka bentuk untuk mencari jawapan yang terbaik untuk masalah. BIM ini bukan sahaja boleh membuat reka bentuk yang lebih mudah, malah koordinasi mudah antara ahli pasukan dan penyelenggaraan struktur dapat merentasi keseluruhan persekitaran yang dibina. Penggunaan Laser Scanner mampu menyelaraskan dan memudahkan lagi kerja-kerja BIM dalam masa yang singkat.

Kesimpulannya, kajian ini adalah sangat penting bagi memperkenalkan kaedah terbaru bagi mendapatkan model 3D dengan menggunakan Terrestrial Laser Scanner bagi industri di Malaysia. Teknologi ini tidak meluas lagi penggunaannya berbanding kaedah konvensional. Teknologi ini juga adalah terbukti sangat berkesan, jitu dan lebih efisien bagi mendapatkan model sebenar dalam bentuk 3D. Dunia moden kini memerlukan kaedah teknologi yang terkini. Ini adalah bertepatan dengan prinsip Revolusi Perindustrian 4.0 dalam menuju ke arah negara yang lebih maju dan sebagai pemangkin negara dalam dunia pemodenan.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih pada pihak Politeknik Ungku Omar dan pihak Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia untuk kerjasama yang di berikan bagi menyiapkan kajian ini.

PENGISYTIHARAN KEPENTINGAN BERSAING

Tiada.

RUJUKAN

- Harlina Md Sharif, Hazman Hazumi & Iman Asilah Hishamuddin. Kelebihan aplikasi imbasan-ke-bim dalam pendokumentasian aset warisan budaya di Malaysia. *TENIAT* 8(1): 98-118.
- Jacobs, G. 2005. High definition surveying: 3D laser scanning use in building and architectural. *Professional Surveyor Magazine*.
- Kusuma, W. S. 2010. *Perbandingan Metode Registrasi Target to Target, Clouds to Clouds, dan Kombinasi Untuk Data Hasil Pengukuran Menggunakan Terrestrial Laser Scanner*. Skripsi, Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Marani, R., Nitti, M., Cicirelli, G., D'Orazio, T. & Stella, E. 2013. High-resolution laser scanning for three-dimensional inspection of drilling tools. *Advances in Mechanical Engineering* 2013: 1-13.
- Marshall, G. F. & Stutz, G. E. 2004. *Handbook of Optical and Laser Scanning*.
- Mostafa Abdel-Bary Ebrahim. 2011. *3D Laser Scanners*. Civil Engineering Department Faculty of Engineering Assiut University.
- Muhammad Afiq Aziz. 2019. Dimensional survey using terrestrial laser scanning for industrial construction in Malaysia. Master of Philosophy, Universiti Teknologi Malaysia.

- Quality Assessment System For Building Construction Work (Construction Industry Standard; CIS 7: 2006) ; 7 th Floor, Grand Seasons Avenue 72, Jalan Pahang 53000 Kuala Lumpur Malayoperation. *International Journal of Industrial Ergonomics* 34(3): 209-221.
- Rifqi Najib Muzaka, Andri Suprayogi & Arief Laila Nugraha. 2015. Aplikasi terrestrial laser scanner untuk pemantauan deformasi bangunan (Studi Kasus: Tangki Klarifier Pdam Kota Semarang): *Jurnal Geodesi Undip* 4(2): 164.
- S. A. Abdul Shukor, Razak Wong, E. Rushforth, Shafriza Nisha Basah & Ammar Zakaria. 2019. 3D Terrestrial Laser Scanner for Managing Existing Building. *Jurnal Teknologi* 76(12): 133-139.
- Schwab, K. 2017. The Fourth Industrial Revolution.
- Tang, P., Huber D., Akinci, B., Lipman, R., and Lytle, A. 2010. Automatic reconstruction of as-built building information models from laser-scanned point clouds: A review of related techniques. *Automation in Construction* 19(7): 829-843.
- Usman, A. A. 2011. *Peningkatan Aspek Radiometrik Pada Data Point Cloud Menggunakan Algoritma Point Cloud Painter*. Skripsi, Yogyakarta: Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Wolf, P. R. and Ghilani, C. D. 2006. *Elementary Surveying an Introduction to Geomatics*. 11th edition. New Jersey: Athenaem Book Centre Sdn Bhd, Upper Saddle River, New Jersey, United States.