

RVS GEDUNG DENGAN PHOTOGAMMETRY & BUILDING INFORMATION MODELLING  
SEBAGAI STRATEGI ASSESMENT

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bandar Lampung, Jl. Zainal Abidin Pagar  
Alam No. 26 Labuhan Ratu Bandar Lampung, 0721-701979

E-mail : [ala.18311034@student.ubl.ac.id](mailto:ala.18311034@student.ubl.ac.id), Telp. +62 823 8836 7932 (Ala Insyirah)

### ABSTRAK

Bangunan gedung yang sudah lama digunakan diperlukan evaluasi berkala sehingga dapat mengurangi kecelakaan selain penanggulangan risiko *assessment* juga berperan penting dalam kegiatan proses renovasi apabila informasi terlewatkan maka hasil renovasi tersebut kurang maksimal, keputusan yang telah dibuat menjadi tidak efektif. Ada banyak metode *assessment* dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti FEMA P-154 yang digunakan untuk evaluasi bangunan yang rentan terhadap gempa dengan cara visual, metode ini sangat mudah dan cepat namun diperlukan ketelitian dan pengalaman.

Pada saat ini BIM terus berkembang sudah banyak dipakai berbagai disiplin ilmu, manfaat penggunaan BIM yang paling mencolok adalah manajemen waktu dan informasi yang begitu lengkap dengan bantuan BIM informasi tersebut dapat disimpan dan dilihat secara digital sehingga para tenaga ahli profesional memiliki visualisasi yang maksimal untuk menentukan keputusan akan diambil selanjutnya. Data BIM tersebut bisa digunakan untuk beragam kepentingan yang dapat digunakan pada masa yang akan datang. Pada penelitian ini memakai gedung sekolahan sebagai objek penelitian, hasil *assessment* yang berdasarkan FEMA P-154 skor yang didapat rata-rata sekitar 2,5 menunjukkan banyak bangunan yang belum memenuhi standar bangunan tahan gempa.

**Kata Kunci:** FEMA P-154, *Building Information Modelling*, *Photogrammetry*, *Assessment*.

### ABSTRACT

Old Building has been using is needed to evaluate periodically to prevent causality in addition to countermeasures risk, assessment have important role in renovation process if the information is not complete then result will be not effective, the judgement has been made will be not effective. There is many other methods can be used for assessment for example FEMA P-154 that using for this experiment, it used to evaluate building that risk from earthquake by visual, this method is very easy to use and fast but accuracy and experience is needed.

Until now BIM keep improving in every discipline, benefit using BIM the most conspicuous is management time and vast information in detailed beside that the information can be recorded and seen digitally so professional engineers have a visualization in detail therefore maximize effectiveness to make judgment in the future. With BIM data can be used for any other interest in the future. In this study we using old school building as study object with result assessment based on FEMA P-154, and score obtained is average 2,5 it indicates many buildings fulfill standard building seismic.

**Keywords:** FEMA P-154, *Building Information Modelling*, *Photogrammetry*, *Assessment*.

## LATAR BELAKANG

*Building Information Modelling* sudah menjadi kebutuhan konstruksi di luar Negeri namun di Indonesia belum banyak digunakan banyak proyek pembangunan, pengembangan BIM di sektor pendidikan pada tingkatan sekolah menengah atas maupun sampai perguruan tinggi untuk BIM sehingga masih sedikit yang tahu.

Pemanfaatan BIM dalam bidang konstruksi sudah banyak dikembangkan untuk setiap disiplin ilmu yang dapat membantu proses perencanaan lebih cepat karena sudah tersedia fitur-fitur yang mempercepat kegiatan setiap item pekerjaan, pada umumnya terdapat 4 topik yang sangat terbantu dengan adanya BIM ini seperti analisa struktur yang sudah mempertimbangkan sambungan baut pada rangkaian struktur baja, informasi volume dan material yang lengkap sehingga mempermudah perhitungan rencana anggaran biaya, mengurangi kesalahan dalam perencanaan karena kurangnya komunikasi antar disiplin karena dengan BIM para *stakeholder* dapat bekerja sama secara langsung dan analisa limbah proyek maksudnya ialah pemanfaatan besi tulangan sehingga tidak terbuang sia-sia. Masih banyak lagi contoh lainnya, BIM juga dapat membantu tidak hanya waktu fase perencanaan tetapi hingga masa perawatan bangunan.

*Building Structure Assessment* adalah kegiatan untuk pemeriksaan dan penilaian kondisi struktur bangunan *eksisting* pada umumnya dilakukan apabila bangunan mengalami gangguan atau sudah lama tidak terawat. Penambahan atau perbaikan struktur bangunan tanpa didasari *assessment* dapat menimbulkan tidak berfungsi secara maksimal atau muncul permasalahan baru. Survei *assessment* di lapangan secara konvensional cukup memakan waktu lama dan mengeluarkan biaya cukup besar selain itu juga cukup tidak mungkin untuk merekam data secara besar seperti objek yang besar, maka penelitian ini dibuat untuk membantu proses berbagai *assessment* dengan BIM. Karena dengan BIM diharapkan dapat membantu lebih efektif dalam pengambilan keputusan.

Pada penelitian ini membahas tentang *assessment* bangunan gedung terhadap gempa bumi dengan landasan menurut FEMA P-154 dan bantuan BIM dengan perangkat lunak Archicad 24, hasil akhir dikeluarkan oleh BIM berupa Model 3D dengan LoD 300. *Photogrammetry* digunakan sebagai

langkah pengambilan data ada di lapangan dan sebagai bahan pertimbangan ketika *assessment* adapun perangkat lunak dipakai adalah Agisoft Metashape, hasil didapatkan berupa *Point Cloud* atau *Mesh*.

## TINJAUAN PUSTAKA

### *Photogrammetry*

*Photogrammetry* merupakan seni dan sains yang berdasarkan informasi 3 dimensi dari hasil pemotretan benda dunia nyata seperti objek, struktur atau ruangan lalu mengubahnya menjadi wujud digital baik model 2D atau 3D dengan cara menyatukan foto yang *overlapping*. Dengan kata lain sebuah metode untuk membuat pengukuran dari sebuah fotografi. Metode ini menggunakan teori paralaks ditemukan dari beberapa foto yang diambil dari berbagai sudut pandang.

BIM (Building Information Modelling)

BIM adalah kepanjangan dari *Building Information Modelling*. Seperangkat teknologi, proses, kebijakan yang seluruh prosesnya memungkinkan berjalan secara kolaborasi dan terintegrasi dalam sebuah model digital. Namun banyak masih salah paham bahwa BIM merupakan metodologi, cara kerja, proses berbagi dan manajemen informasi dan yang terkait di antaranya bukan sebuah perangkat lunak.

### *Assesment* Bangunan

*Assesment* atau penilaian, merupakan sebuah tindakan untuk membuat keputusan tentang suatu hal, ruang lingkup bangunan yang dinilai sangat bervariasi dari menghitung harga bangunan, menghitung kerusakan dialami, melihat potensi dapat dikembangkan, dan lain-lain.

### FEMA P-154

Prosedur FEMA 154 merupakan metode pemeriksaan dalam fase awal dari berbagai fase untuk mengidentifikasi potensi bahaya bangunan. Bangunan berpotensi bahaya telah dilakukan pemeriksaan perlu dilakukan secara mendetail oleh para ahli bidang seismik. Metode *Rapid Visual Screening* menilai atribut bangunan yang mungkin dapat memiliki performa rendah terhadap seismik dan asumsi telah dibuat dalam pengembangan metodologi.

### Agisoft Metashape

Metashape merupakan perangkat lunak yang dikembangkan oleh Agisoft LLC. Perangkat lunak ini memiliki fungsi sebagai alat melakukan pengolahan *photogrammetri* yang datanya berupa gambar digital dan menghasilkan data 3D *spatial* yang bisa digunakan oleh GIS,

dokumentasi monumen warisan budaya, produksi visual efek dan pengukuran objek dari berbagai skala.

Archicad

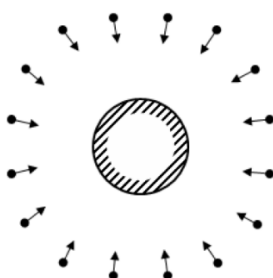
Archicad adalah perangkat lunak yang memakai konsep BIM namun fungsi ditekankan untuk arsitektur sehingga disiplin arsitektur, *plumbing* dan elektronika dapat bekerja sama. Dikembangkan dari negara Hungaria dengan nama perusahaan Graphisoft. Dengan perangkat lunak seperti ini dapat di kolaborasikan dengan *photogrammetry* sehingga dapat dimanfaatkan rekonstruksi ulang lebih akurat.

### METODOLOGI PENELITIAN

Adapun metodologi penelitian digunakan untuk penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian yang pertama seputar Metode *photogrammetry* dan yang kedua Penerapan FEMA P-154 dengan BIM. Berikut tahapan-tahapan metodologi yang diterapkan. Prosedur *Photogrammetry* tujuan percobaan ini dilakukan adalah memahami teknik dasar dalam melaksanakan pengambilan data *photogrammetry*.

1. Menyiapkan alat berupa kamera DSLR atau Kamera *Handphone*. Untuk kesempatan kali ini saya menggunakan kamera dari Redmi Note 9 Pro.
2. Menentukan spesifikasi pengaturan kamera seperti ISO, *Shutter Speed* dan lain-lain.
3. Siapkan benda uji, pastikan pencahayaan cukup jangan terlalu gelap untuk objek dipakai sebaiknya memakai permukaan bertekstur, hindari permukaan mengkilap yang dapat memantulkan cahaya atau bayangan.
4. Ambil foto mengitari objek secara 360 derajat, lakukan secara perlahan dan berurutan pastikan waktu perpindahan sudut pandang jangan terlalu jauh dengan posisi sebelumnya sehingga *overlap* didapat menjadi maksimal. Berikut contoh ilustrasi alur saat pengambilan foto yang baik dan benar (lihat gambar 1).

Isolated Object (Correct)



Gambar 1. Alur pengambilan foto

5. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik usahakan pengambilan foto di setiap sudut pandang yang memungkinkan. Apabila dirasa cukup maka selanjutnya data berupa file (.jpg) foto digital tersebut export ke perangkat lunak Agisoft Metashape.

*Assesment* dengan FEMA P-154. Pada bagian ini merupakan prosedur melakukan *assessment* bangunan berdasarkan FEMA P-154, prosedur ini merupakan metode konvensional dimana sepenuhnya banyak dilakukan di lapangan namun untuk penelitian ini *assessment* dapat dilakukan dari jarak jauh tanpa perlu melihat langsung di lapangan dengan data sudah diolah menjadi model digital.

1. Verifikasi dan *update* informasi bangunan gedung.
2. Mengamati sekitar bangunan untuk mengidentifikasi jumlah tingkat dan bentuk.
3. Menentukan dan dokumentasi okupansi.
4. Mengamati ulang jenis tanah dan bencana geologi yang terlihat ketika proses persiapan pengamatan.
5. Identifikasi jarak antar bangunan, bangunan *irregular* dan beberapa potensi benda eksterior yang mudah jatuh.
6. Menambah komentar bila menemukan sesuatu yang tidak wajar di lapangan.
7. Identifikasi material digunakan.
8. Menentukan skor performa seismik yang sesuai pada lembaran level 1 data collection.
9. Menentukan skor final level 1.
10. Beri kesimpulan pada lembaran bila diperlukan jika diperlukan langkah tambahan.

Metode *assessment* diharapkan dapat sepenuhnya dilakukan secara digital namun untuk melihat perbandingan maka sebaiknya apabila kondisi kerusakan atau bahaya ditemukan waktu survei berlangsung maka diperlukan dokumentasi sesuai yang ada di lapangan. Berikut hasil perhitungan skor final menurut FEMA P-154 setelah dilakukan *assessment* LEVEL 1 untuk performa gedung terhadap gempa dengan material struktur dipakai beton bertulang dan tingkat seismik tinggi.

<i>Basic Score</i>	1,5	
<i>Severe Vertical Irregularity, V<sub>LI</sub></i>	(-0,9)	
<i>Plan Irregularity, P<sub>LI</sub></i>	(-0,6)	
<i>Post Benchmark</i>	1,9	+
<b>FINAL SCORE LEVEL 1, S<sub>LI</sub> ≥ S<sub>MIN</sub></b>	<b>1,9</b>	

## Hasil dan Pembahasan

Tujuan percobaan pertama dilakukan dengan mempelajari proses *photogrammetry* sehingga nantinya dapat diterapkan dan meningkatkan kualitas hasil *photogrammetry* ketika pengambilan data di lapangan. Dalam percobaan pertama saya menggunakan objek dengan skala kecil, syarat objek dipakai harus tidak memantulkan bayangan, transparan, permukaan mengkilap dan permukaan tidak bertekstur. Setelah dilakukan pengolahan data, didapatkan hasil sebagai berikut.

Gambar 2. Perbandingan Objek



a) Objek Nyata

b) Objek Hasil  
*Photogrammetry*

Tampak pada gambar 2.a memiliki tekstur yang rata namun setelah melakukan pengolahan data *photogrammetry* tampak pada sisi yang sama memiliki permukaan tekstur yang bergelombang hal ini dapat disebabkan oleh pantulan cahaya dari permukaan benda yang mengkilap hal seperti ini dapat dihindari dengan memberi cat dengan warna *doff*. Kemudian untuk akurasi pengukuran objek benda dengan *photogrammetry*, hal pertama dilakukan pengukuran Panjang objek nyata sehingga didapatkan ukuran sekitar 10,3cm (lihat gambar 3.a) dan untuk hasil *photogrammetry* dilakukan dengan mengukur di perangkat lunak Agisoft Metashape menggunakan fungsi *measure point to point*.

Gambar 3. Perbandingan Dimensi Objek



a) Objek Nyata

b) Objek Hasil  
*Photogrammetry*

Sehingga didapatkan dengan ukuran 10,2cm hanya memiliki selisih beberapa cm dengan

demikian apabila objek *photogrammetry* digunakan sebagai referensi atau penyimpanan data fisik objek sangat dimungkinkan, untuk meningkatkan kualitas dan akurasi yang tinggi bisa dilakukan dengan menggunakan kamera resolusi tinggi dan pengaturan pengolahan data dengan kualitas tinggi.

Tahap selanjutnya melakukan uji coba menggunakan objek skala besar bangunan Lab Teknik Sipil UBL, percobaan pertama dilakukan menggunakan kamera DSLR dan drone dengan bertujuan membuktikan apakah.



Gambar 4. Atap yang berlubang.

Untuk uji coba yang pertama menggunakan metode penggabungan data dari kamera DSLR dan kamera *drone* dalam pengolahan data di perangkat lunak Agisoft Metashape. Berikut hasil pengolahan data yang pertama. Pada gambar 4 tampak ada sisi yang hilang hal ini dan beberapa bagian tampak tertimpa warna yang tidak selaras dengan sekitarnya selain itu juga apabila di *zoom in* tampak tiap objek tidak memiliki detail akurat (lihat gambar 5). Hal ini dapat cegah dengan menggunakan parameter di lapangan seperti titik acuan dapat terlihat oleh kedua alat tersebut kemudian catat tiap titik dengan GPS sehingga membantu proses pengolahan data lebih akurat dan baik.



Gambar 5. Close Up hasil dari data DSLR+Drone

Percobaan kedua ini lalu dilakukan dengan hanya menggunakan data kamera DSLR, hasil didapat cukup mendapat detail yang baik untuk beberapa objek namun untuk beberapa sisi yang seperti tembok cat putih (lihat gambar 6) tampak berlubang hal ini dapat disebabkan oleh permukaan tembok yang tidak memiliki tekstur kasar sehingga sulit untuk perangkat lunak membedakan foto satu dengan sama lain hal lain



yang dapat mempengaruhi hasil akhir adalah GSD (*Ground sampling distance*), apabila mengambil foto dengan jarak jauh dengan target objek maka detail didapatkan kurang maksimal demikian juga sebaliknya.



Gambar 6. Data Kamera DSLR.

Ditemukan sisi yang mengalami pencampuran warna dengan pohon (lihat gambar 7) hal ini disebabkan terdapat objek menghalangi target objek uji coba untuk contoh ini merupakan pohon berada sekitar bangunan tersebut hal ini dapat mengganggu proses namun hal ini dapat dikurangi dengan memotong bagian data foto objek yang menghalang.



Gambar 7. Warna tembok yang bercampur dengan dedaunan.

Penelitian ini mengambil sampel berupa bangunan gedung sekolah, gedung ini cocok sekali digunakan sebagai sampel karena bangunan gedung Indonesia masih banyak yang belum menerapkan bangunan struktur tahan terhadap gempa mengingat sekolah merupakan fasilitas umum sehingga perlu diberi perhatian untuk menjaga kenyamanan penghuni bangunan. Wilayah penelitian berada di Kota Bandar Lampung, Kecamatan Tanjung Karang Timur dengan mengambil 3 lokasi gedung sekolah yang di antara SD Sawah Berbes, SD Sawah Lama dan SD Kebon Jeruk.

Menurut data yang didapat tentang *Spectrum Ground Motion* ( $MCE_R (S_1)$ ) wilayah Bandar Lampung mendapat sekitar 0,4 – 0,5 g sehingga dikategorikan menurut FEMA P-154 termasuk golongan *HIGH seismicity*. (lihat gambar 8), untuk mencari informasi tipe jenis tanah untuk daerah Bandar Lampung tidak memungkinkan sehingga memakai asumsi *Soil Type F (Stiff)*.



Gambar 8. Peta  $MCE_R (S_1)$

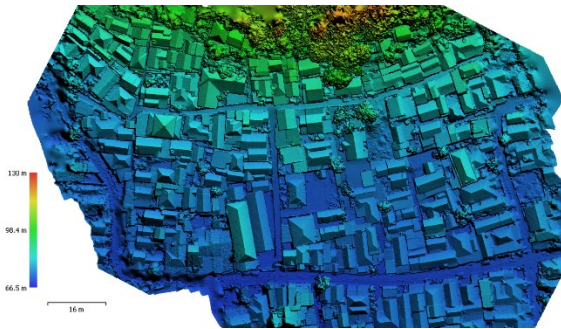
(sumber : <http://rsa.ciptakarya.pu.go.id/>, 2019)

Untuk lokasi digunakan yaitu SD Kebon Jeruk yang berlokasi Jl. Adi Sucipto No.61, Kb. Jeruk, Kec. Tanjung Karang Timur, bangunan ini memiliki 4 bagian, 2 gedung mengajar, 1 gudang dan kantor guru. Memiliki luas tanah sekitar 1226,5m<sup>2</sup> Gedung diambil sebagai sampel penelitian berikut ditandai dengan garis warna kuning. Gedung tersebut merupakan gedung ruang belajar dan sekaligus ruang administrasi, sebagian ruang belajar berada lantai dua selain itu gudang dan ruang guru berhimpit pada sisi samping gedung tersebut. Gedung tersebut memiliki dua lantai, dibangun menggunakan material beton bertulang (C1) untuk struktur bangunannya dan atap menggunakan material genteng/tanah liat. (lihat gambar 9),



Gambar 9. Lokasi Gedung Sekolah SD Kebon Jeruk

Berdasarkan Peta DEM (gambar 10), bangunan sekolah ini dibangun tanah yang miring sehingga mungkin terjadinya potensi bahaya *landslide*. Posisi elevasi bangunan sekolah tersebut berada di ketinggian 67 m dari elevasi permukaan air laut.



Gambar 10. Peta DEM SD Kebon Jeruk

Gedung ini memiliki luas lantai sekitar 627,76m<sup>2</sup> dan tinggi bangunan kurang lebih 11m. Berikut hasil model 3D di BIM (lihat gambar 11). Tampak model tersebut memberikan visual baik dan aktual seperti kondisi ada di lapangan namun untuk memberikan informasi tentang kerusakan yang ada belum maksimal akan tetapi hal ini bisa di atasi dengan memberi simbol atau tekstur pada permukaan struktur yang mengalami kerusakan.



Gambar 11. Model 3D SD Kebon Jeruk

Ditemukan kerusakan terjadi di rangka atap yang mengalami korosi (lihat gambar 12), hasil *photogrammetry* yang menggunakan data besar sulit mendapatkan hasil detail untuk bagian-bagian yang berpotensi bahaya sehingga di sarankan untuk bagian-bagian potensi bahaya tersebut di proses secara terpisah.



Gambar 12. Rangka atap berkarat

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Menurut FEMA P-154 setelah dilakukan *assessment* level 1 untuk performa gedung

terhadap gempa berikut adalah performa seismik gedung sekolah SDN Sawah Brebes, SDN Sawah Lama dan SDN Kebon Jeruk.

No.	Lokasi	Score Final	Catatan
1	SDN SAWAH BREBES	2,3	
2	SDN SAWAH LAMA	2,9	
3	SDN KEBON JERUK	2,3	-Rangka Atap sudah mengalami korosi.

Dengan mengambil *cut-off score* senilai 2 maka dengan membandingkan nilai *score final* membuktikan SDN Sawah Brebes, SDN Sawah Lama dan SDN Kebon Jeruk telah lolos *assessment* yang berdasarkan FEMA P-154 dengan demikian gedung sekolah tersebut memiliki potensi keruntuhan yang rendah akibat gempa bumi namun perlu digaris bawahi bahwa diperlukan lagi investigasi lebih dalam apabila ditemukan keraguan sebab data diperoleh belum lengkap hanya berupa visual sehingga diperlukan lagi pemeriksaan gambar detail bangunan tersebut.

2. Berdasarkan *trial photogrammetry* pertama, objek nyata skala kecil yang telah dilakukan pengukuran dengan mistar mendapat panjang sekitar 10,1cm sedangkan pengukuran dilakukan di perangkat lunak Agisoft Metashape didapatkan sekitar 10,2cm. Objek nyata skala besar didapat panjang 268cm sedangkan pengukuran di perangkat lunak Agisoft Metashape didapatkan sekitar 268cm.
3. Dengan menggunakan perangkat lunak ArchiCAD, dengan bantuan *photogrammetry* proses pemodelan ulang di perangkat lunak ArchiCAD semakin mudah dan akurat dengan demikian visualisasi yang di berikan cukup untuk menggambarkan wujud objek tersebut seperti ada di lapangan selain itu informasi dapat diambil berupa luas lantai bangunan dan tinggi bangunan tiap lantai berikut data didapat untuk tiap bangunan sekolahan.

- a) SD Sawah Brebes : Luas lantai bangunan 2633,2m<sup>2</sup>; elevasi lantai mendapatkan 7,4m dan tinggi bangunan sekitar 19,6m

- b) SD Sawah Lama : Luas lantai bangunan 686,44m<sup>2</sup>, elevasi lantai 2 mendapat 3,5m dan ketinggian maksimal 9,7m.
- c) SD Kebon Jeruk : Luas lantai bangunan 627,76m<sup>2</sup> dan elevasi lantai 2 mendapat 5,5m dan tinggi bangunan kurang lebih 11m.

## DAFTAR PUSTAKA

Agisoft LLC. (2022). Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition, Version 1.8. Russia.

Antonio, J. L., & CALCEDO, J. G. (2019, Desember 19). Use of Bim with Photogrammetry Support in Small Construction Projects. Case Study for Commercial Franchises. *Journal of Civil Engineering and Management*, 26(6), 513-523. doi:10.3846/jcem.2020.12611

Arpit A, B., & Ashish R, A. (2014, Oktober 5 ). Application of BIM in Structural Engineering. *SSRG International Journal of Civil Engineering (SSRG-IJCE)*, I(5), 11-17.

Cynthia, P. A., Randy, A. P., Hidayat, A., & Nugroho, H. (2021, Oktober 26). Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya, dan Sumber Daya Manusia Antara Metode Building Information Modelling (BIM) dan Konvensional (Studi Kasus: Perencanaan Gedung 20 Lantai). *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 220 – 229.

eLogicTech. (2019, April 24). Go Green Architecture - Green Building Tips with BIM Modeling. Diambil kembali dari [www.elogictech.com](http://www.elogictech.com): <https://www.elogictech.com/blog/go-green-architecture-green-building-tips-with-bim-modeling>

FEMA. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook Third Edition*. Washington, D.C.: Applied Technology Council.

FEMA. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: Supporting Documentation*. Washington, D.C.: Applied Technology Council.

Gaget, L. (2018, Juni 18). Best photogrammetry software in 2022 : The ultimate guide. Diambil kembali dari [www.sculpteo.com](http://www.sculpteo.com): <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/3d-printing-software/photogrammetry-software/>

GEOSPASIA Engineering and Geospatial Consultant. (2020, Mei 22). BIM+GIS = DIGITAL TWIN MODEL BIDANG KONSTRUKSI. Diambil kembali dari [geospasia.com](http://geospasia.com): <https://geospasia.com/2020/05/22/bimgis-digital-twin-model-bidang-konstruksi/>

Haines, J. (2019, September 24). Photogrammetry Workflow using a DSLR Camera. Dipetik November 19, 2021, dari [scholarslab.lib.virginia.edu](http://scholarslab.lib.virginia.edu): <https://scholarslab.lib.virginia.edu/blog/documentation-photogrammetry/>

Ikra Nasrul, K., Widyaningsih, N., & Bambang Purwoko, K. (2019). Integrasi Crashing Program dan

Building Information Modelling pada Proyek High Rise Building. *Jurnal Konstruksia*, 10(2), 29-38. Dipetik November 4, 2021

Lim, C. K., Tan, K. L., & Hambira, N. (2018). Proposed Guideline with Building Information Modelling (BIM) for Virtual Transformation of Traditional Housing to Green Housing. *Int. J. Sup. Chain Mgt*, 7(5), 485-491.

Mulyantika, S. (2019). Pengembangan Instrumen Pengamatan Visual Cepat (Rapid Visual Screening) Untuk Evaluasi Bangunan Sekolah Dasar Terhadap Potensi Kerusakan Akibat Beban Gempa. Skripsi Sarjana, Universitas Bandar Lampung, Fakultas Teknik Sipil, Bandar Lampung.

Park, E. S., & Seo, H. C. (2021). Risk Analysis for Earthquake-Damaged Buildings Using Point Cloud and BIM Data: A Case Study of the Daeseong Apartment Complex in Pohang, South Korea. *Sustainability*, 13(456), 1-13. doi:10.3390/sul3020456

Peerless Media, LLC. (2019, Agustus 13). Kisters Offers Advanced Visualization for BIM/AEC Users. Diambil kembali dari [www.digitalengineering247.com](http://www.digitalengineering247.com): <https://www.digitalengineering247.com/article/kisters-offers-advanced-visualization-for-bim-aec-users/simulate>

Tomasowa, R. (2015). Solar Analysis Using Building Information Modelling With The Glass Box Method In Jakarta. *ComTech*, 6(4), 481-488.

Virtual Building Studio. (2021, Mei 27). What is the Role of BIM in Green Building Projects? Diambil kembali dari [virtualbuildingstudio.com](http://virtualbuildingstudio.com): <https://www.virtualbuildingstudio.com/what-is-the-role-of-bim-in-green-building-projects/>