

KAEDAH PEMERIKSAAN BANGUNAN TINGGI MENGGUNAKAN PESAWAT TANPA PEMANDU (UAV)

Masiri Kaamin^{a*}, Nurunnazifah Abd. Aziz^b, Saifullizan Mohd Bukari^b, Zaurin Ali^a, Norhafiza Samion^a, Aslila Abd Kadir^a, Norhayati Ngadiman^a

^aPusat Pengajian Diploma, Universiti Tun Hussien Onn, 86400 Batu Pahat, Johor, Malaysia

^bFakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar, Universiti Tun Hussien Onn, 86400 Batu Pahat, Johor, Malaysia

Article history

2 January 2016

Received in revised form

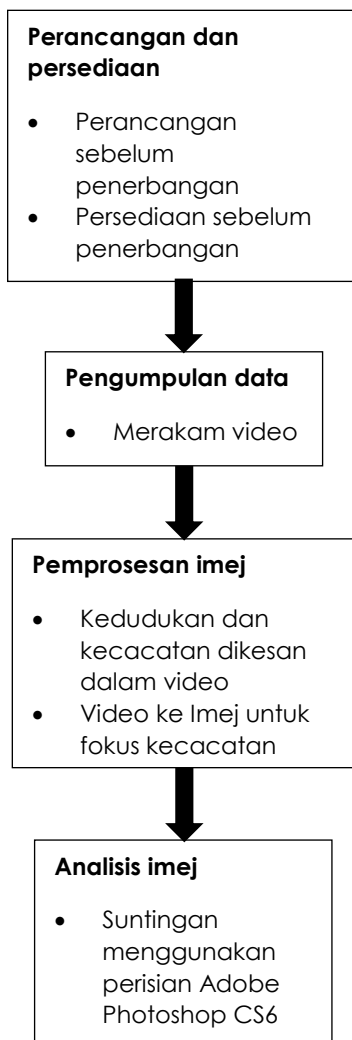
14 March 2016

Accepted

5 June 2016

*Corresponding author
masiri@uthm.edu.my

Graphical abstract



Abstract

Building maintenance is work to undertaken to keep, restore or improve every facilities or part of building or the surround to an agreed standard. Generally the objective of building maintenance repair and replacement of any defect to maximize the building life, to balance building efficiency and also to achieve tenant satisfaction. High building are often as a landmark and inspiring structures to the owner and people. Therefore there are many specific maintenance task on high building that need to be regularly accomplish, including window cleaning, inspection and structure repair. Visual inspection is one of the processes of building maintenance. Binocular and camera are basic tools in visual inspection of high building. Graphic and photographic from the tools will be used in analyzing deterioration. Nowadays, Unmanned Aerial Vehicle - UAV not only as a hobby but it can also be used as broadcasting and also can be used as a tools in visual inspection of high buildings. The aim of this study is to test the suitability of UAVs in visual inspection. Fakulti Kejuruteraan Awam Dan Alam Sekitar, Universiti Tun Hussein Onn building was chosen in this test. The Micro-UAV was flown at a distance of 2 meters from the building envelope. The video was made during the flight. After that, these videos have been processed into an image using the snapshot. Defect area will be w edited using the Adobe Photoshop to get clearer images. There are 39 defect area consisting paint faded, uneven brickwall and crack.

Keywords: High building; visual inspection; micro UAV

Abstrak

Penyelenggaraan bangunan adalah merupakan kerja-kerja pembaikan dan penggantian kerosakkan pada bangunan. Ia bertujuan untuk memaksimumkan usia dan kecekapan bangunan serta memenuhi kepuasan pemiliknya. Bangunan tinggi biasanya menjadi mercu tanda serta tarikan kepada orang ramai. Pembersihan tigitkap, penyasatan dan pembaikan struktur merupakan kerja-kerja penyelenggaraan yang tertentu perlu dilaksanakan. Sebelum kerja penyelenggaraan dikenalpasti, penyasatan visual merupakan proses utama yang perlu dilaksanakan. Ia adalah untuk menentukan jenis kerosakkan atau kecacatan pada bangunan. Teropong dan kamera merupakan alat utama yang digunakan dalam penyasatan visual untuk bangunan tinggi. Grafik dan gambar yang dihasilkan tersebut akan dianalisis. Kini, pesawat tanpa pemandu (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) bukan sahaja digunakan sebagai hobi tetapi ia juga boleh berfungsi sebagai alat penyasatan visual bagi bangunan tinggi. Kajian ini bertujuan untuk menguji sejauh mana penggunaan pesawat mikro UAV dapat membantu dalam kerja-kerja penyasatan visual di bangunan tinggi. Bangunan Fakulti Kejuruteraan Awam Dan Alam Sekitar, Universiti Tun Hussein Onn telah dipilih dalam

kajian ini. Penggunaan pesawat mikro UAV membolehkan kerosakan dan kecacatan pada struktur bangunan dikesan secara dekat dan lebih jelas walau pada ketinggian yang tinggi. Data-data diambil dengan pesawat mikro UAV diterbangkan dengan jarak lebih kurang 2 m dari dinding bangunan sambil merakam video. Video-video tersebut telah diproses ke dalam bentuk imej menggunakan 'snapshot'. Imej kerosakan yang dikesan di 'zoom' dan dianalisis menggunakan suntingan Adobe Photoshop untuk menunjukkan kerosakan dengan lebih jelas. Hasil kajian ini, terdapat 39 kerosakan yang dikesan meliputi kecacatan dalam bentuk cat luntur, cat mengelupas, cat berkapur, permukaan dinding tidak rata dan keretakan.

Kata Kunci: Bangunan tinggi; pemeriksaan visual; mikro UAV

© 2016 Penerbit UTM Press. All rights reserved

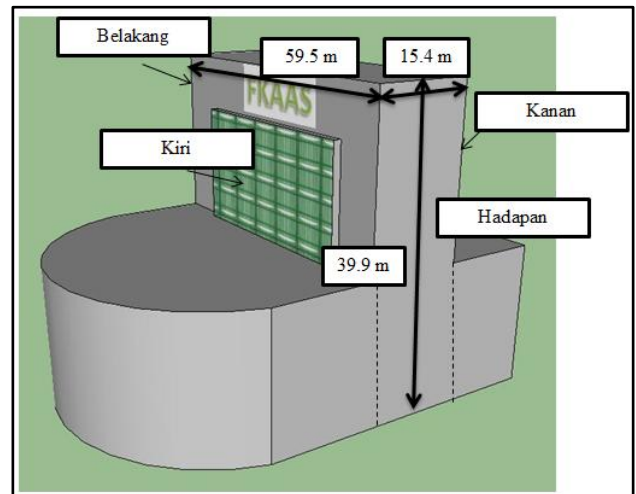
1.0 PENGENALAN

Bangunan merupakan sebuah struktur binaan manusia yang mempunyai pelbagai bentuk dan fungsinya tersendiri. Bangunan bukan sesuatu yang mudah untuk didirikan dan memerlukan kos yang tinggi untuk didirikan. Apabila sesebuah bangunan itu didirikan, ia haruslah menjalani pemeriksaan untuk memastikan keadaan bangunan sentiasa dalam keadaan yang baik. Penyelenggaraan didefinisikan sebagai kerja-kerja yang diperlukan untuk memulihkan dan memelihara setiap bahagian bangunan kepada standard yang boleh diterima [1].

Secara umumnya, bangunan yang dikategorikan sebagai bangunan tinggi ialah bangunan yang mempunyai struktur secara kasarnya 7 tingkat atau lebih [2]. Pada ketinggian tersebut, sebarang kecacatan dan kerosakan bangunan tidak dapat dilihat dengan mata kasar. Langkah-langkah awal sebelum berlakunya kerosakan juga sukar dilakukan. Sehingga kini, tiada format atau garis panduan yang piawai untuk diikuti sebagai panduan atau pelan tindakan untuk pelanggan awam dari segi penyelenggaraan bangunan [3]. Masalah ini semakin rumit dan menjadi tugas yang besar untuk menentukan kos sebenar kerja-kerja penyelenggaraan seperti pembaikan, penggantian atau penyelenggaraan dalaman. Kerja-kerja dan anggaran kos biasanya jauh berbeza dari kos sebenar. Garis panduan adalah penting untuk mengenal pasti kerosakan dan kegagalan, dan seterusnya strategi pencegahan boleh dilakukan sebelum ianya menjadi lebih parah.

Pemeriksaan secara visual adalah kaedah yang perlu digunakan pada peringkat pertama pemeriksaan bangunan untuk mengesan sebarang kecacatan [4]. Biasanya, teropong dan kamera merupakan alat utama yang digunakan dalam penyiasatan visual untuk bangunan tinggi [5]. Grafik dan gambar yang dihasilkan tersebut akan dianalisis. Seterusnya penyelenggaraan bangunan tinggi dilakukan dengan bantuan 'scaffolding' [6], 'abseiling' [7] dan 'gondola' [8]. Kerja-kerja penyelenggaraan memerlukan tenaga kerja mahirkhususnya pada bangunan tinggi dan juga menghadapi risiko yang tinggi.

Kajian ini tertumpu kepada sejauh mana penggunaan pesawat mikro UAV dapat membantu dalam menyediakan maklumat-maklumat awal pemeriksaan bangunan sebelum kerja-kerja penyelenggaraan bangunan tinggi dilaksanakan. Kajian ini fokus kepada kaedah pemeriksaan struktur luar bangunan tinggi dan menganalisis maklumat yang diambil dalam bentuk visual dari pesawat mikro UAV dengan cara penghasilan video dan imej di struktur luar bangunan tinggi. Bangunan yang telah dipilih di sebelah Menara Selatan di Fakulti Kejuruteraan Awam dan Alam Sekitar (FKAAS) (Rajah 1). Bangunan ini mempunyai sembilan tingkat (39.9m) dan sesuai untuk dijadikan kajian. Pesawat mikro UAV akan merekodkan semasa penerbangan disekeliling bahagian luar bangunan yang terlibat.



Rajah 1 Lakaran lokasi kajian di FKAAS

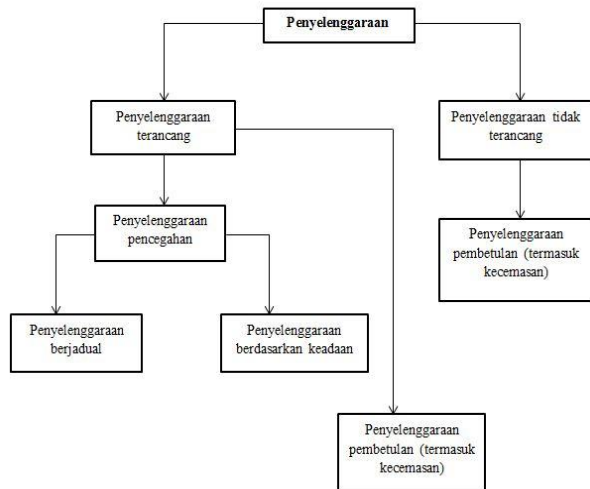
2.0 KAJIAN LITERATUR

Bangunan tinggi didefinisikan sebagai suatu bangunan yang memiliki struktur tinggi. Berdasarkan beberapa standard, suatu bangunan biasa disebut sebagai bangunan tinggi jika memiliki ketinggian antara 75 kaki dan 491 kaki (23 m hingga 150 m). Bangunan yang memiliki ketinggian lebih dari 492 kaki (150 m) disebut sebagai bangunan pencakar

langit. Rata-rata satu tingkat adalah 13 kaki (4m), sehingga jika suatu bangunan memiliki tinggi 79 kaki (24 m) maka idealnya memiliki 6 tingkat [2]. Penambahan ketinggian bangunan dilakukan untuk menambahkan fungsi dari bangunan tersebut seperti pejabat dan apartment.

2.1 Penyelenggaraan Bangunan

Penyelenggaraan bangunan adalah satu proses pemulihan struktur dan komponen bangunan. Ia meliputi dinding, bumbung, longkang, pintu, tingkap, dan lantai. Isu penyelenggaraan bangunan adalah masalah sejagat dan sangat dipertimbangkan dalam proses awal pembinaan (reka bentuk) untuk memastikan kualiti bangunan. Rajah 2 menunjukkan penyelenggaraan mempunyai pelbagai kategori tetapi telah diklasifikasikan kepada dua kategori utama iaitu penyelenggaraan terancang dan penyelenggaraan tidak terancang [9].



Rajah 2 Jenis-jenis penyelenggaraan bangunan

2.2 Jenis Kecacatan Pada Bangunan

Kecacatan dan kerosakan pada bangunan adalah perkara lazim yang terjadi pada bangunan. Oleh itu, setelah bangunan siap dibina, kerja-kerja penyelenggaraan haruslah diambil kira bagi memastikan bangunan sentiasa dalam keadaan yang baik dan selamat diduduki dan mutu pembinaan bangunan haruslah ditingkatkan untuk bangunan tersebut bertahan lebih lama. Kecacatan pada bangunan akan menimbulkan ketidakselesaan kepada pengguna. Pengguna juga akan berasa tidak selamat untuk menduduki bangunan tersebut. Secanggih manapun bangunan, ia tidak akan terlepas dari mengalami kecacatan sama ada kecil ataupun besar. Menurut Yusof [10], antara jenis

kecacatan pada bangunan ialah kelembapan, kecacatan cat dan keretakan.

2.2.1 Kelembapan

Kelembapan sering berlaku pada tembok, lantai dan siling dalam bangunan. Sifat ini mengakibatkan permukaan tembok dan siling itu bertompok-tompok basah dan lantai sentiasa lembab. Keadaan seperti ini menimbulkan suasana dalam bangunan tersebut kurang sihat. Hujan dan panas serta kandungan kelembapan udaranya yang tinggi merupakan sebahagian daripada ciri utama iklim ini. Bahagian luar bangunan yang sentiasa terdedah dengan panas matahari dan hujan kerap kali kelihatan uzur, merekah, ditumbuhi kulat, mereput, berkarat dan mengeluarkan bau yang tidak menyenangkan. Kesan-kesan yang berikut sering berlaku antara kesan-kesan yang sering berlaku adalah:

- Bahagian-bahagian buatan besi berkarat
- Lepa pada tembok dan siling berperi dan tanggal
- Kemasan lantai tidak lekat pada dasarnya
- Bahagian-bahagian buatan kayu menjadi reput
- Cat mengelupas dan tanggal
- Permukaan bata berlumut.

2.2.2 Kecacatan cat

Masalah kecacatan cat ialah kerana permukaan bangunan yang disapu tidak mengikut spesifikasi dan arahan yang ditetapkan oleh pihak pengeluar bahan tersebut. Cat akan menjadi lebih cepat luntur dan tertanggal. Terdapat beberapa jenis kecacatan cat yang biasa terjadi kepada bangunan. Antaranya:

- Mengelembung (*blistering*)
- Mengelupas (*bleeding*)
- Berkapur (*chalking*)
- Keretakan halus (*cracking*)

2.2.3 Keretakan

Kerosakan atau kemusnahan konkrit boleh dikatakan berlaku apabila keretakan mula kelihatan. Dengan itu penyiasatan terhadap jenis atau corak keretakan akan memberikan petanda awal untuk mengetahui punca-punca yang menyebabkan kerosakan atau kemusnahan konkrit itu berlaku. Retak pada bangunan dikategorikan kepada dua jenis iaitu [11].

- Retak berdasarkan Arah iaitu *longitudinal cracks*, *transverse crack*, *diagonal cracks* atau *random cracks*.
- Retak berdasarkan Lebar iaitu *hairline cracks* (0.1mm), *fine cracks* (0.1mm – 1mm), *medium cracks* (1mm – 2mm) dan *wide cracks* (> 2mm).

2.3 Pesawat Mikro UAV

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau Pesawat Tanpa Pemandu dilengkapi dengan kamera yang menawarkan kemungkinan untuk memetakan kawasan yang berbeza cepat dan dengan fleksibiliti yang tinggi berbanding dengan foto udara klasik [12]. Manakala menurut Samad [13], UAV dikenali sebagai sistem navigasi autonomi kerana ia terbang dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dan memeriksa telemetri di *Ground Control Station* (GCS) sebagai memantau dan mengemudi UAV semasa memperolehi data. UAV menjadi popular untuk kegunaan skala yang besar dalam pemetaan dan bajet yang rendah [14]. Kesimpulannya, UAV ini adalah pesawat kecil yang mempunyai kamera dan dilengkapi dengan sistem tertentu dan unik. Sementara itu, pesawat Mikro UAV adalah dari jenis yang mampu terbang dalam tempoh kurang 1 jam dan mempunyai faktor muatan yang terhad. Rekabentuk mikro UAV ini berdasarkan pesawat glider dan mampu membawa kamera yang kecil dan ringan. Walaupun mikro UAV ini mampu terbang melebihi 10,000 kaki, bagi tujuan pengambilan imej udara, tahap optimum kualiti imej yang berguna adalah antara 800 kaki hingga 1200 kaki dan resolusi imej antara 6cm hingga 15cm per pixel.

Peralatan yang digunakan dalam kajian ini adalah pesawat mikro UAV DJI Phantom FC40 (Rajah 3) kerana harganya yang berpadanan dengan kualiti imej yang terhasil. Pesawat ini dikendalikan menggunakan alat kawalan jauh dan dilengkapi kamera FC40 bagi memudahkan merekod video atau gambar. Pada kamera tersebut mempunyai WiFi yang dihubungkan pada telefon pintar yang mempunyai perisian khas untuk DJI Phantom FC40 (Rajah 4).



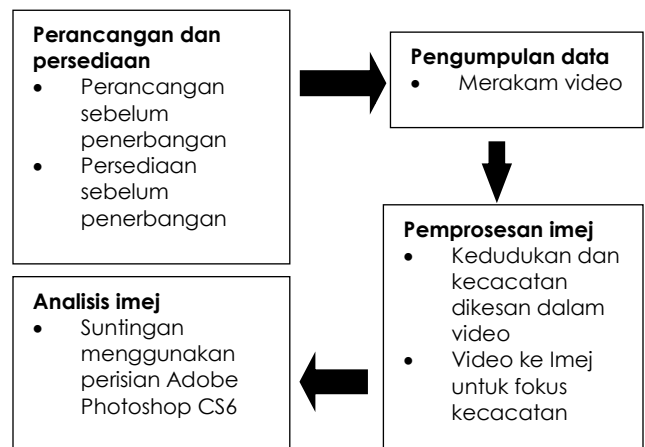
Rajah 3 Pesawat Micro DJI Phantom FC40



Rajah 4 Kaedah pengendalian pesawat

3.0 METODOLOGI KAJIAN

Secara umumnya, langkah-langkah kajian ini disusun dalam carta alir metodologi seperti dalam Rajah 5 bagi memastikan kajian dilaksanakan dengan lebih lancar.



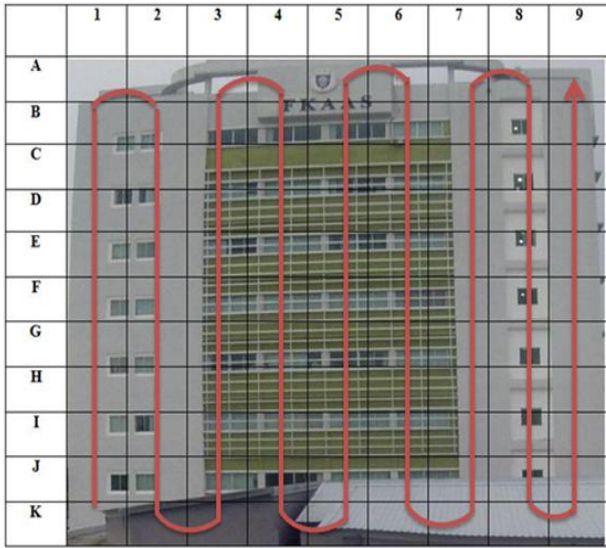
Rajah 5 Carta alir metodologi

3.1 Pengumpulan Data

Sebelum melakukan penerbangan, arah penerbangan hendaklah ditentukan seperti dalam Rajah 6 untuk memudahkan proses pengumpulan data. Jarak antara dinding dan pesawat perlu dikekalkan 2 meter untuk mendapatkan visual yang lebih jelas dan arah penerbangan pula dilakukan secara menegak.

Semasa proses pengumpulan data seperti dalam Rajah 7 dilakukan, pengendali pesawat mikro UAV hendaklah bekerjasama dengan pemerhati untuk memudahkan komunikasi bagi menjaga jarak 2 meter daripada dinding. Tugas pemerhati ialah memaklumkan kepada pemandu tentang kedudukan pesawat agar pemandu boleh mengikut arahan pemerhati. Dalam kajian ini, konsep grid

digunakan sebagai rujukan untuk mengetahui kedudukan kerosakan dan kecacatan.



Rajah 6 Grid sebagai rujukan kedudukan imej dan arah penerbangan



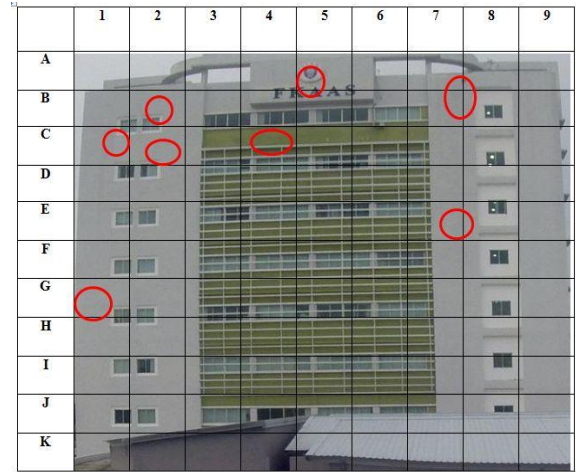
Rajah 7 Kedudukan pengendali pesawat, pemerhati dan pesawat

4.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

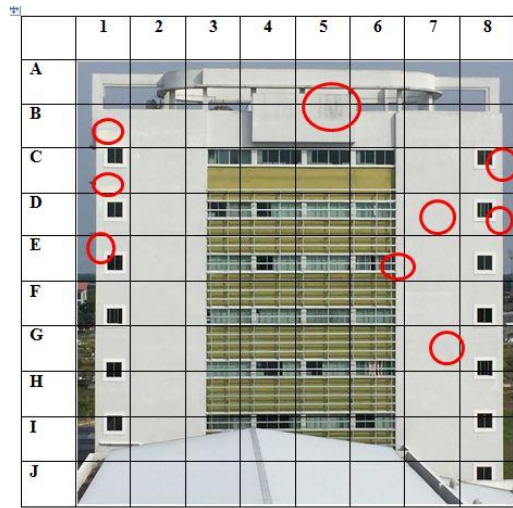
Hasil dari rakaman video telah mendapati beberapa kecacatan bangunan berlaku di beberapa lokasi berdasarkan kedudukan yang ditentukan dengan kaedah grid. Contohnya dari Rajah 8 menunjukkan lokasi yang telah dikenal pasti terdapat kecacatan pada struktur bangunan di sebelah kiri dan kanan bangunan Menara Selatan FKAAS

Kajian ini telah menggunakan rakaman imej secara video disebabkan oleh kualiti imej yang dihasilkan dari video lebih baik berbanding dengan rakaman dengan foto biasa. Tambahan pula, rakaman secara video dapat menjimatkan masa dan penggunaan bateri pada pesawat mikro UAV

dapat dikurangkan. Pemprosesan imej yang dilakukan bermula daripada video yang diambil dari lapangan, kemudian akan dipapar semula melalui perisian VLC Media Player. Diikuti proses dari video ke imej foto dengan menggunakan 'Take Snapshot'. Kemudian foto yang mengalami kerosakan tersebut akan dimasukkan dalam perisian Adobe Photoshop untuk proses kedua. Melalui proses ini, foto akan di zoom dan kecerahan dan perbezaan pada foto akan dilakukan. Semasa proses zoom dilakukan kualiti imej akan berkurang dan mengakibatkan imej menjadi kabur dan tidak jelas. Oleh yang demikian, perisian Adobe Photoshop adalah salah satu perisian yang baik untuk menghasilkan imej yang berkualiti selepas proses zoom dilakukan. Selepas foto melalui proses ini, foto yang telah disunting dapat dihasilkan dan jenis kerosakan dapat dikenalpasti. Rajah 9, Rajah 10 dan Rajah 11 menunjukkan kaedah pemprosesan imej yang telah dikenalpasti mengalami kerosakan atau kecacatan pada sebahagian bangunan FKAAS.

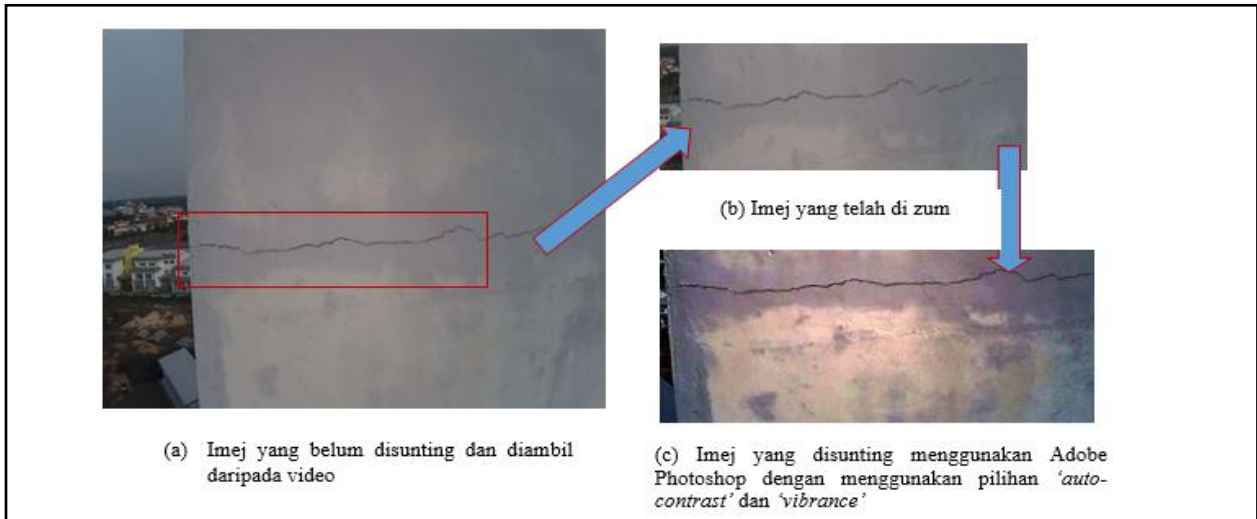


a. Bahagian kiri bangunan

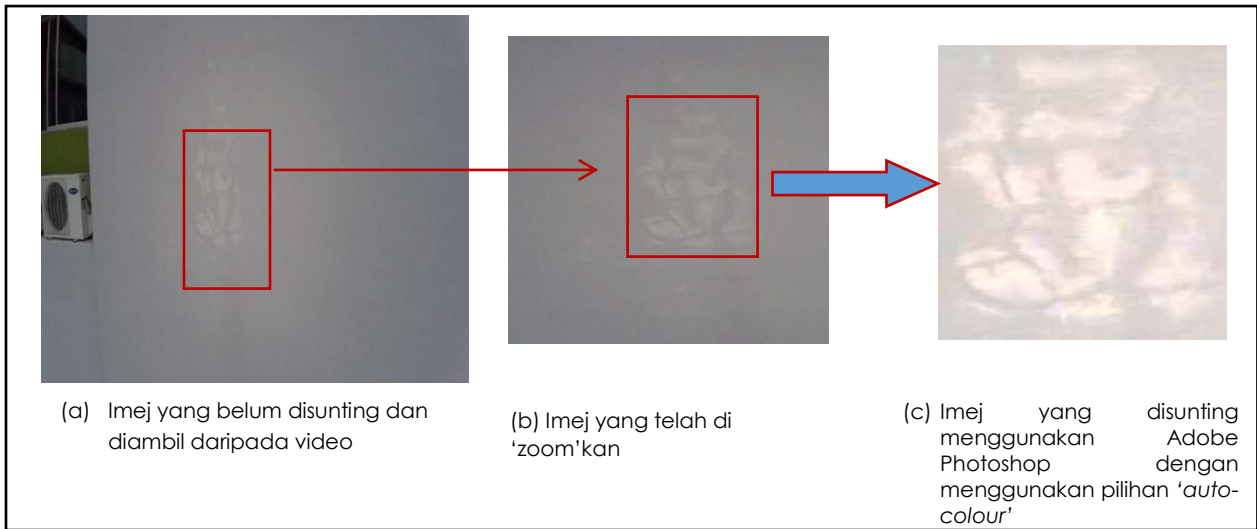


b. Bahagian kanan bangunan

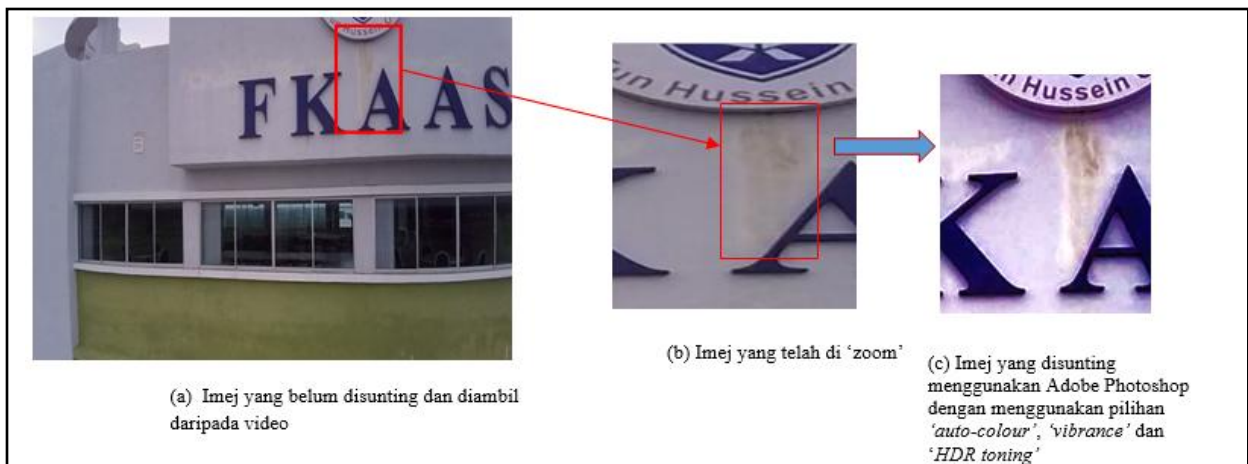
Rajah 8 Bulatan menunjukkan kawasan yang mengalami kecacatan



Rajah 9 Proses suntingan jenis kerosakan retak



Rajah 10 Proses suntingan jenis kerosakan cat berkapur



Rajah 11 Proses suntingan jenis kerosakan cat luntur

Secara keseluruhannya sebanyak 39 imej kerosakan (Jadual 2) yang telah dikesan daripada 8 video yang dirakam. Keseluruhan imej kerosakan bagi bahagian kiri, kanan, hadapan dan belakang ialah 11, 13, 8 dan 7 (Rajah 2). Jenis-jenis kerosakan yang terlibat seperti keretakan, cat luntur, cat mengelupas, cat berkapur dan permukaan dinding tidak rata.

Jadual 2 Jumlah kerosakan dan jenis-jenisnya

Bahagian Bangunan (Rajah 1)	Jenis kerosakan	Jumlah kerosakan
Kiri	Retak	7
	Cat luntur	2
	Permukaan dinding tidak rata	1
	Cat mengelupas	1
	Jumlah	11
Hadapan	Cat berkapur	6
	Retak	2
	Jumlah	8
Kanan	Cat berkapur	6
	Retak	5
	Cat luntur	2
	Jumlah	13
Belakang	Retak	5
	Cat berkapur	2
	Jumlah	7
JUMLAH KEROSAKAN		39

5.0 RUMUSAN

Dalam kajian ini penggunaan pesawat tanpa pemandu mikro UAV berupaya menjadi alternatif kepada pemeriksaan struktur luar bangunan tinggi secara visual dengan lebih mudah dan pantas. Kajian ini dapat memberi maklumat sebelum penyelenggaraan bangunan dilakukan tanpa menggunakan banyak tenaga manusia. Pemeriksaan bangunan juga boleh dilakukan dengan lebih kerap dan kerosakan dapat dikesan dengan lebih awal.

Cadangan bagi penambahbaikan kajian ini pada masa akan datang ialah pengendali pesawat harus cekap supaya pesawat boleh berada dalam keadaan yang stabil dan menjimatkan masa. Selain itu, kualiti kamera juga perlu dinaik taraf kepada yang kamera yang mempunyai resolusi lebih tinggi seperti GoPro supaya imej kerosakan boleh dilihat dengan lebih terang dan tidak kabur. Gimbal juga dapat membantu dalam mengekalkan kedudukan kamera semasa pesawat berada dalam keadaan tidak stabil dan bergoyang. Bagi penerbangan bangunan tinggi lebih 300 m, pesawat mikro UAV seperti DJI Phantom 2 dan DJI Phantom 3 lebih sesuai digunakan.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan penghargaan kepada Pusat Pengajian Diploma dan Fakulti Kejuruteraan Awam Dan Alam Sekitar, UTHM dalam menjayakan kajian ini. Pengarang juga turut mengucapkan terima kasih kepada Pejabat Pengurusan Penyelidikan, Inovasi, Pengkormersilan dan Perundingan, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia yang menyokong dan membantu kajian ini.

Rujukan

- [1] Chudley, R. 1981. *The Maintenance and Adaptation of Buildings*. New York: Logman Inc.
- [2] John, R. H. J. 2013. High-Rise Building Fires. National Fire Protection Association Fire Analysis and Research Division.
- [3] Mohd Noor, N., Hamid, M. Y., and Abdul-Ghani, A. A. 2011. Building Maintenance Budget Determination: An Exploration Study in the Malaysia Government Practice. *Procedia Engineering*. 20: 435–444.
- [4] Adi Irfan Che Ani, Norngainy Mohd Tawil, Suhana Johar, Mohd Zulhanif Abd Razak, Hafsa Yahaya. 2014. Building Condition Assessment for New Houses: A Case Study in Terrace Houses. *Jurnal Teknologi*. 70(1): 43–50.
- [5] Ahmad Ramli. 2002. *Prinsip dan Praktis Pengurusan Penyelenggaraan Bangunan*, Pustaka Ilmi, Selangor.
- [6] Lewis, J., Joseph, L., Abruzzo, J., and Searer, G. 2014. Introduction to the Guideline for the Structural Design, Evaluation, and Testing of Permanent Building-Supported Facade Access Equipment and Commentary. *Structures Congress*: 1782-1789.
- [7] B. M. Major. 1999. *Development of an Integrated Conservation and Maintenance Management Regime for Historic Modern Movement Buildings*. Institute for Research in Construction, Ottawa On, K1a 0r6. Canada: 1625-1633.
- [8] Zulkarnain, S.H., Zawawi, E. M. A., Rahman, M. Y. A., and Mustafa, N. K. F. 2011. A Review of Critical Success Factor in Building Maintenance Management Practice for University Sector. *Journal of The World Academy of Science, Engineering and Technology*. 34(77): 195-199.
- [9] Leong, K. C. 2004. The Essence Of Good Facility Management – A Guide For Maximization Of Facility Assets' Economic Life And Asset Optimisation For Reliable Services And User Satisfaction. *Buletin Ingenieur*. 24: 7-19.
- [10] Yusuf, M. 2007. *Kecacatan Ke Atas Bangunan Semasa Tempoh Tanggungan Kecacatan : Kajian Kes Daerah Petaling Jaya, Selangor*. Universiti Teknologi Malaysia: Ijazah Sarjana Muda.
- [11] Tan, B. T. and Othman, W. 1990. *Teknologi Bahan Binaan*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur.
- [12] Unger, J., Reich, M. and Heipke, C. 2014. UAV Based Photogrammetry: Monitoring of a Building Zone. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-5: 601-606.
- [13] Samad, A. M., Kamarulzaman, N., Hamdani, M. A., Mastor, T. A., Hashim, K. A. 2013. The Potential of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Civilian and Mapping Application. *2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology*. 19-20 August 2013. Shah Alam, Malaysia.
- [14] Darwin, N., Ahmad, A., and Zainon, O. 2014. *The Potential of Unmanned Aerial Vehicle for Large Scale Mapping of Coastal Area*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 18(1).