

## **Kaedah Pemeriksaan Bumbung Bangunan Menggunakan Pesawat Tanpa Pemandu (UAV) Di Dewan Futsal Kemudahan Guna Sama**

**Masiri Kaamin\*<sup>1</sup>, Muhammad ‘Azamuddin Lahuri<sup>1</sup>, Ahmad Najmi Zaberi<sup>1</sup>, Iskandar Zulqarnain Nizam<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jabatan Kejuruteraan Awam, Pusat Pengajian Diploma, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (Kampus Pagoh), Hab Pendidikan Tinggi Pagoh, KM 1, Jalan Panchor, 84600 Panchor, Johor, MALAYSIA

\*Corresponding Author Designation

DOI: <https://doi.org/10.30880/mari.2022.03.01.029>

Received 30 September 2021; Accepted 30 November 2021; Available online 15 February 2022

**Abstract:** *Roof maintenance is the work of improvement and replacement of damaged roof that involves inspection, restoration and renovation. Currently, the main tools used during roof inspections are to use binoculars and cameras. However this method has drawbacks, because to make an external inspection of the roof, the inspector has to climb stairs as well as walk on the roof to detect defects. This method takes a long time and carries a high risk of accidents. This study aims to apply UAV technology to determine the level of roof defects by combining UAV Photogrammetry techniques and CSP1 Matrix. This study covers the phase of recording roof images, image processing to produce orthophoto to obtain visuals of the entire roof structure and then determine the location and type of roof defects to assess the level of roof defects with Condition Survey Protocol (CSP) 1 Matrix method. Based on the study conducted, the use of UAV technology is very helpful in the inspection of a building before any maintenance work is done. The results of the study found that the level of roof damage was at a low level based on CSP1 Matrix rubric with 15 locations of defects detected of which 7 locations were of the perforated type.*

**Keywords:** *Roof, Inspection, UAV, CSP1*

**Abstrak:** Penyelenggaraan bumbung merupakan kerja-kerja penambahbaikan dan penggantian kerosakan bumbung yang melibatkan pemeriksaan, pemulihan dan pengubahsuaian. Pada masa ini, alatan utama yang digunakan ketika pemeriksaan bumbung adalah dengan menggunakan teropong dan kamera. Walau bagaimanapun kaedah ini mempunyai kekurangan, kerana untuk membuat pemeriksaan luaran bumbung, pemeriksa perlu memanjat tangga serta berjalan di atas bumbung untuk mengesan kecacatan. Kaedah ini mengambil masa yang lama dan menghadapi risiko kemalangan yang tinggi. Kajian ini bertujuan untuk mengaplikasikan teknologi UAV

bagi menentukan tahap kecacatan bumbung dengan menggabungkan teknik Fotogrametri UAV dan CSP1 Matrix. Kajian ini meliputi fasa merakam imej bumbung, pemprosesan imej untuk menghasilkan orthophoto bagi mendapatkan visual keseluruhan struktur bumbung dan seterusnya menentukan lokasi dan jenis kecacatan bumbung bagi menilai tahap kecacatan bumbung dengan kaedah Condition Survey Protocol (CSP) 1 Matrix. Berdasarkan kajian yang dilakukan, penggunaan teknologi UAV ini sangat membantu dalam kerja-kerja pemeriksaan sesuatu bangunan sebelum sebarang kerja-kerja penyelenggaraan dilakukan. Hasil kajian mendapati tahap kerosakan bumbung berada pada tahap rendah berdasarkan rubrik CSP1 Matrix dengan 15 lokasi kecacatan dikesan di mana 7 lokasi darinya adalah dari jenis berlubang.

**Kata kunci:** Bumbung, Pemeriksaan, UAV, CSP1

## 1. Pengenalan

Penyelenggaraan bumbung merupakan salah satu bahagian yang perlu dijalankan semasa melakukan penyelenggaraan sesebuah bangunan. Kerja-kerja penyelenggaraan, pemulihan dan pengubahsuaian dapat dilakukan dengan lebih efektif sekiranya keadaan semasa bagi sesebuah struktur bumbung itu telah dikenalpasti terlebih dahulu. Oleh itu, kerja penyelenggaraan dapat dilakukan secara optimum sekiranya perancangan dan kerja-kerja pemeriksaan telah dilakukan dengan teliti. Sekiranya kerosakan dan keadaan semasa situasi bumbung tidak diketahui dan berlakunya kebocoran, kerja pemulihan dan penukargantian struktur yang perlu dilakukan dalam kadar segera akan memakan masa yang lama dan kekurangan informasi boleh mengakibatkan penyediaan bahan binaan yang berlebihan. Maka, pelaksanaan kerja pemeriksaan adalah sangat penting bagi memastikan kerja penyelenggaraan dapat dilakukan dengan lancar dan secara efektif [1].

Pemeriksaan secara visual merupakan langkah pertama yang dilakukan bertujuan membuat penilaian keadaan pemeliharaan dan pengenalpastian struktur keseluruhan bumbung sesebuah bangunan [2]. Untuk membuat pemeriksaan di atas bumbung, pemeriksa perlu memanjat tangga serta berjalan di atas bumbung untuk mengesan kecacatan. Perbezaan bentuk bumbung merupakan faktor penting terhadap risiko yang akan berlaku. Jika bumbung tersebut adalah bumbung cerun, risiko untuk jatuh akan meningkat selari dengan peningkatan kecerunan bumbung [3]. Teknologi UAV digunakan sebagai alternatif untuk melakukan pemeriksaan bumbung.

Kajian ini bertujuan untuk melakukan pemeriksaan visual terhadap bumbung dewan futsal bagi mengenalpasti jenis dan tahap kerosakan bumbung tersebut. Ianya melibatkan rakaman imej secara visual bumbung bangunan menggunakan teknologi UAV dan seterusnya menentukan lokasi, jenis dan tahap kecacatan struktur bumbung dengan kaedah Condition Survey Protocol (CSP) 1 Matrix. Kajian ini dilakukan di dewan futsal Gunasama Hub Pendidikan Pagoh. Dewan ini berukuran 44 meter lebar dan 75 meter panjang. Keluasannya sebesar 3300 meter persegi dan ukuran perimeter dewan futsal tersebut ialah 238 meter. Dewan futsal tersebut mempunyai reka bentuk bumbung jenis parabola dan bumbung dewan ini juga diperbuat daripada bahan binaan jenis zink. Dewan futsal sebagai lokasi kajian seperti ditunjukkan dalam **Rajah 1**.



**Rajah 1: Dewan futsal Gunasama Hab Pendidikan Pagoh**

### 1.1 Pesawat Tanpa Pemandu (Unmanned Aerial Vehicles) UAV

Menurut UVS International, *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) didefinisikan sebagai kapal terbang am yang direka khas untuk beroperasi tanpa juruterbang di atasnya . UAV boleh digunakan untuk melakukan pemeriksaan, pengawasan, pengintaian tanpa pemandu dan pemetaan kawasan. Penggunaan UAV telah digunakan dengan meluas dalam pelbagai bidang seperti merakam video di tapak arkeologi [4], menilai hasil pertanian [5], pengukuran jarak menggunakan GPS [6], tugas pencarian dan penyelamatan, pemeriksaan industri dan kilang kimia, dan pengeluaran peta vektor 3D [7]. Perkembangan UAV yang diaplikasikan untuk kegunaan pemetaan telah menghasilkan dua UAV iaitu Bersayap Tetap dan Multi-Rotor [8].

### 1.2 Condition Survey Protocol (CSP)1 Matrix

Pemeriksaan bumbung merupakan salah satu komponen penting dalam penyelenggaraan bumbung. Tujuan utama melakukan pemeriksaan bumbung adalah untuk menilai keadaan semasa bumbung. Satu kaedah penilaian baru telah dicadangkan oleh [9], iaitu kaedah yang berasal dari sistem penilaian semasa, untuk menilai keadaan bangunan sekolah yang khusus dan menilai keseriusan setiap kecacatan yang dikenal pasti . Kedua-dua kriteria penilaian ini kemudian digandakan untuk mencari skor bangunan. Mereka menamakan kaedah ini sebagai *Matrix Protocol Survey Protocol* (CSP) 1. Daripada gambaran panjang dan lebar mengenai kecacatan bangunan, matriks ini memerlukan penjelasan ringkas mengenai kerosakan yang dikenal pasti, sehingga menjimatkan masa di lokasi semasa pemeriksaan bangunan sekolah pintar. Skor penuh digunakan untuk memberi penilaian keseluruhan kepada bangunan.

**Jadual 1: Protokol penilaian keadaan**

Keadaan	Skala nilai	Penerangan
1	Bagus	Servis kecil
2	Sederhana	Pembaikan kecil
3	Teruk	Pembaikan/Penggantian Utama
4	Sangat teruk	Tidak berfungsi
5	Usang	Penggantian bahagian yang hilang

**Jadual 2: Penilaian keutamaan**

Keutamaan	Nilai skala	Penerangan
1	Normal	Berfungsi, hanya kecacatan biasa
2	Rutin	Kecacatan kecil, boleh menjadi serius jika tidak ditangani
3	Segera	Kecacata serius, tidak berfungsi seperti normal
4	Kecemasan	Tidak berfungsi sama sekali, mendatangkan risiko kematian atau kecederaan serius

**Jadual 3: Penilaian Matrik**

Skala	Penilaian Keutamaan			
	E4	U3	R2	N1
5	20	15	10	5
4	16	12	8	4
3	12	9	6	3
2	8	6	4	2
1	4	3	2	1

**Jadual 4: Penilaian keseluruhan bumbung**

No	Kadar penilaian	Skor
1	Bagus	1 hingga 4
2	Sederhana	5 hingga 12
3	Usang	13 hingga 20

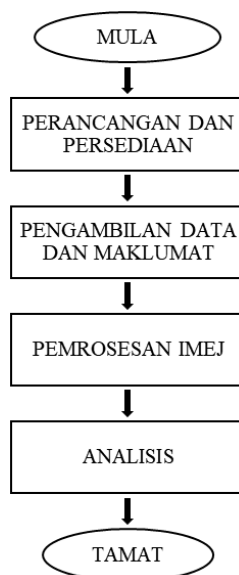
**Jadual 5: Pelan baikpulih**

No	Matriks	Skor
1	Merancang baikpulih	1 hingga 4
2	Pemantauan keadaan	5 hingga 12
3	Pemerhatian serius	13 hingga 20

**Jadual 1** merupakan data skor yang akan diberikan kepada penilaian bangunan manakala **Jadual 2** adalah data skor bagi penilaian keutamaan. Bagi setiap skor berangka (1 hingga 5), ia adalah skor digunakan untuk penilaian kecacatan dimana ia disertakan dengan nilai skala dan keterangan. Hal ini memudahkan pengukur dalam menilai kecacatan bangunan yang kemudiannya akan menentukan keadaan tepat yang ditunjukkan oleh nilai skala. Bagi skor berangka (1 hingga 4) adalah skor bagi penilaian keutamaan juga disertakan dengan keterangan [10]. **Jadual 3** menunjukkan penilaian matrik [10]. **Jadual 4** ialah nilai keadaan keseluruhan bumbung dan **Jadual 5** merupakan pelan baikpulih yang digunakan pada kajian ini [11].

## 2. Bahan dan kaedah

Proses dan gerak kerja untuk mencapai objektif kajian dibahagikan kepada empat fasa penting iaitu perancangan dan persediaan, pengambilan data, dan yang terakhir proses pemprosesan imej. Oleh itu, bagi menyempurnakan pemeriksaan visual ini beberapa fasa tersebut disusun dalam bentuk carta alir. **Rajah 2** memaparkan secara ringkas carta alir sepanjang metodologi kajian ini.



**Rajah 2: Carta alir**

## 2.1 Perancangan dan Persediaan

Sebelum penerbangan pesawat UAV dijalankan, beberapa latihan penerbangan perlu dilakukan sebelum pergi ke kawasan sebenar pengambilan data. Ia dilakukan bagi memastikan setiap fungsi pesawat UAV dan komponen-komponenya selamat untuk digunakan. Tujuan latihan penerbangan ini dilakukan adalah untuk memberikan latihan kepada pemandu supaya dapat mengawal pesawat sekiranya pesawat tersebut mengalami masalah semasa proses pengambilan data dijalankan. Setelah itu, pemeriksaan persediaan prapenerbangan dilakukan kepada kesemua komponen pesawat dan juga perisian yang digunakan seperti kipas, rotor, bateri, telefon pintar, gimbal, alat kawalan jauh dan juga segala kemas kini perisian.

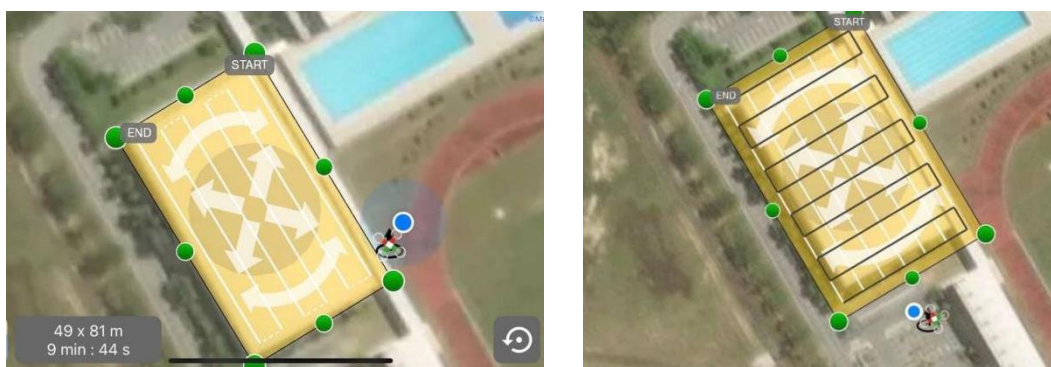
Setelah pemeriksaan dijalankan, pesawat UAV perlu dikalibrasi dengan dua putaran pergerakan [12]. Pesawat perlu diputar ke arah lawan jam pada kedudukan melintang dan secara menegak dengan kamera perlu menghala ke bawah. Untuk mengkalibrasi kompas, perisian DJI GO digunakan bagi membolehkan kompas pesawat UAV dapat dikalibrasikan. Perancangan yang dilakukan sebelum melakukan penerbangan untuk merakam imej adalah arah penerbangan dilakukan secara melintang. Penerbangan pesawat UAV adalah hanya 10 meter di atas bumbung. Jarak 10 meter antara bumbung dan pesawat, merupakan jarak yang optimum untuk merakam imej visual dengan lebih teliti.

## 2.2 Pengambilan Data

Ketika fasa pengambilan data, ketinggian bumbung perlu dikenalpasti terlebih dahulu. Ketinggian bumbung diperolehi hasil daripada penerbangan pesawat dengan pemanduan manual menggunakan aplikasi DJI GO [13]. Setelah pesawat bersedia, pesawat akan diterbangkan sedekat yang mungkin dengan bumbung dan kamera pesawat berada pada sudut  $90^\circ$ . Selepas memperolehi ketinggian bumbung dari aras tanah iaitu 11 meter, ia perlu ditambah dengan jarak 10 meter bagi mendapatkan tinggi penerbangan yang sesuai semasa pengambilan imej bumbung dengan perisian Pix4D Capture. Untuk menjalankan aktiviti ini, seseorang akan mengawal UAV dari jarak jauh dan dua yang lain akan memberikan arahan dan memberitahu kepada pengendali kedudukan pesawat supaya pengendali dapat

mengikuti arahan pemerhati. Pengendali pesawat UAV hendaklah bekerjasama dengan pemerhati untuk memudahkan komunikasi supaya pesawat UAV tiada masalah semasa pengambilan data dan maklumat dijalankan [3].

Selepas itu, hala tuju penerbangan hendaklah ditetapkan dengan menggunakan perisian Pix4D Capture seperti dalam **Rajah 3** untuk memudahkan proses pengambilan data dan juga mengenalpasti kerosakkan pada bumbung. Kaedah yang digunakan untuk mengambil data ialah kaedah penerbangan secara grid [13]. Setelah selesai menggunakan kaedah grid mod 2d, proses pengambilan data dijalankan sekali lagi dengan menggunakan kaedah grid mod 3d untuk menambahkan lebih banyak maklumat. Penetapan untuk kaedah grid mod 3d juga menggunakan jarak ketinggian yang sama dengan kaedah grid iaitu 10 meter dari tinggi bumbung. Semasa pengambilan data, UAV akan terbang setinggi 21 meter dari aras tanah. Penerbangan pesawat UAV untuk mengambil data memerlukan masa selama 9 minit 44 saat untuk membuat penerbangan yang lengkap. Manakala masa yang diperlukan untuk kaedah double grid pula ialah 13 minit 50 saat. Sebanyak 105 imej yang telah dirakam oleh UAV untuk kaedah grid mod 2d dan sebanyak 293 imej yang diperolehi untuk kaedah grid mod 3d.

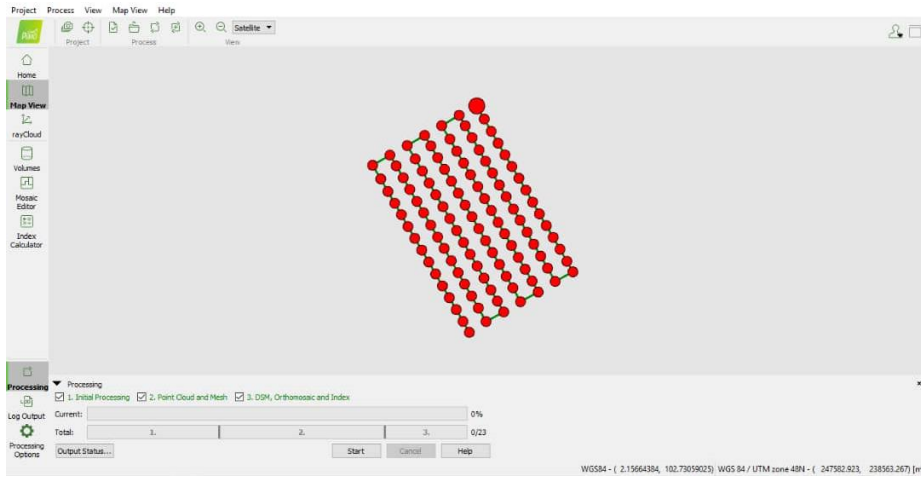


**Rajah 3: Tetapan untuk kaedah grid mod 2d (kiri) dan 3d (kanan)**

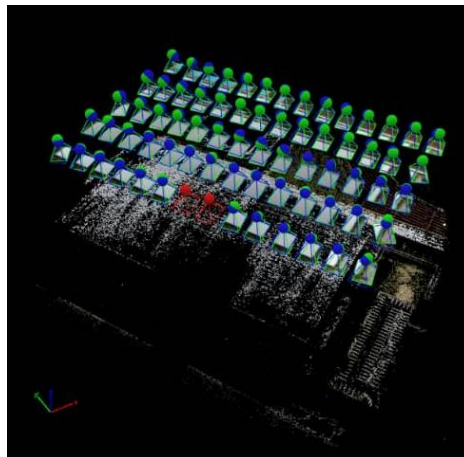
### 2.3 Pemprosesan Imej

Hasil cerapan imej di kawasan kajian diproses menggunakan perisian Pix4d Mapper untuk menghasilkan imej ortofoto menggunakan teknik fotogrametri. Imej bumbung diproses untuk mendapatkan gambar lengkap yang merangkumi keseluruhan struktur bumbung menggunakan Perisian Pix4DMapper. Imej bumbung yang dimasukkan ke dalam perisian ini dan diproses adalah sebanyak 105 buah imej untuk penerbangan grid mod 2d dan 293 imej pada penerbangan grid mod 3d. Kesemua imej dimasukkan ke dalam perisian komputer mengikut jenis grid mod penerbangan dan templat pilihan pemprosesan adalah menggunakan standard 3D Maps.

Dalam pemprosesan awal, imej-imej dan beberapa maklumat tambahan diperlukan untuk menghasilkan titik ikatan automatik. Imej diekstrak bagi mengenalpasti ciri-ciri tertentu dalam imej sebagai titik-titik kekunci dalam imej bumbung. Kemudian, padanan kekunci dapat dilakukan untuk mencari imej yang mempunyai titik kekunci padanan yang sama. **Rajah 4** menunjukkan imej pada fasa pemprosesan awal. Setelah melalui proses ini, fasa titik awan dan jaringan dilakukan. Pada fasa ini, titik pepadatan dihasilkan daripada penambahan beberapa titik ikatan pada titik ikatan automatik yang terbentuk daripada fasa terdahulu. Kemudian, pepadatan beberapa titik yang sepadan dan mempunyai maklumat kedudukan X, Y dan Z ini menghasilkan titik awan yang padat. Maklumat yang tersimpan pada setiap titik membolehkan titik awan padat melakukan penyusunan semula model berdasarkan maklumat kedudukan dan warna. Oleh itu, sebuah jaringan bertekstur 3D (3D Textured Mesh) terbina daripada titik awan padat tersebut. **Rajah 5** menunjukkan hasil titik awan dan jaringan.

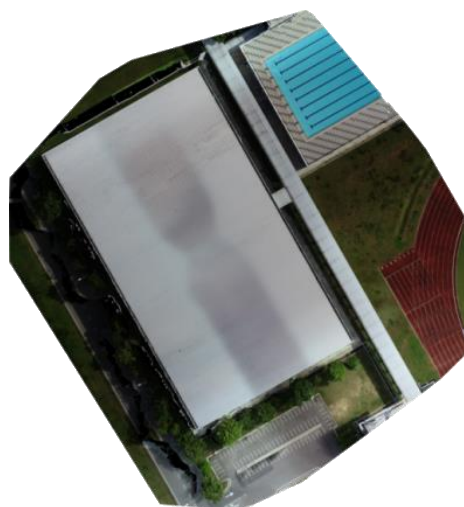


**Rajah 4: Pemrosesan imej pada fasa pemrosesan awal.**



**Rajah 5: Hasil titik awan dan jaringan.**

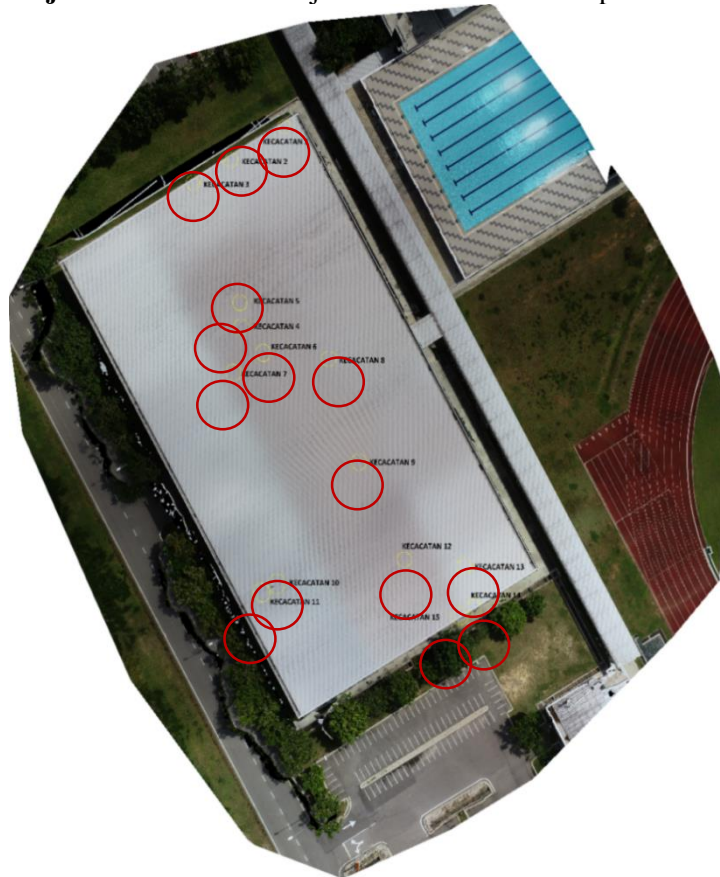
Penghasilan imej orthomosaic projek ini adalah berdasarkan orthorektifikasi. Kaedah fotogrametri ini mengelakkan kesilapan kehilangan pandangan perspektif pada imej. Penyeliaan bagi faktor geometri telah diperbetulkan dan warna disepadankan dan diseimbangkan untuk penghasilan set data mosaic yang lancar. **Rajah 6** menunjukkan imej orthophoto yang terhasil.



### Rajah 6: Imej orthophoto yang terhasil.

### 3. Hasil dan perbincangan




Daripada gambar orthophoto yang dihasilkan daripada perisian Pix4dMapper, proses tambahan pada gambar perlu dilakukan bagi mendapatkan versi gambar yang lebih jelas menunjukkan kecacatan bumbung. Oleh itu, imej dimasukkan dalam perisian Adobe Photoshop. Adobe Photoshop adalah sebuah perisian yang baik untuk menghasilkan imej yang berkualiti selepas proses zoom dilakukan dan imej dapat diedit mengikut kesesuaian untuk mengenalpasti kecacatan bumbung. Kecacatan yang dikenalpasti kemudiannya ditanda dengan bulatan berwarna merah dan dilabelkan mengikut nombor urutan. Hasilnya, 15 kecacatan telah berjaya dikenalpasti dan gambar yang telah dibesarkan dipotong kepada saiz yang kecil untuk dinilai menggunakan konsep CSP1 Matrik. Penilaian CSP1 Matrik melibatkan penilaian dua perkara iaitu penilaian keadaan dan penilaian keutamaan [13]. Berdasarkan kaedah penilaian CSP1 Matrik, maklumat-maklumat pengiraan dan gambar-gambar dikumpulkan didalam kotak. Kotak tersebut mengadungi maklumat seperti gambar, penanda pelan kecacatan dan ringkasan eksekutif. **Rajah 7** di bawah menunjukkan lokasi keseluruhan kecacatan pada bumbung dewan futsal.






**Rajah 7: Lokasi keseluruhan kecacatan**



**Jadual 6: Analisis CSP1 Matrik untuk bumbung (Imej 1)**

Kecacatan No: 1				Gambar asal	Gambar disunting
Keadaan	Keutamaan	Matrik	Warna		
2	2	4			
Jenis kecacatan: Rekahan Cadangan: Tampal menggunakan pita pelekat khas.					

**Jadual 7: Analisis CSP1 Matrik untuk bumbung (Imej 4)**

Kecacatan No: 4				Gambar asal	Gambar disunting
Keadaan	Keutamaan	Matrik	Warna		
3	2	6			
Jenis kecacatan: Pecah dan berlubang Cadangan: Menukarkan dengan zink yang baru atau meletakkan zink baharu diatasnya.					

**Jadual 6** dan **Jadual 7** menunjukkan analisis CSP1 Matrik untuk mengenalpasti tahap kecacatan bumbung dewan futsal. Setelah semua 15 kecacatan telah dinilai, setiap data dimasukkan kedalam Jadual Keadaan Bangunan untuk mengira keseluruhan skor kecacatan dan menentukan keadaan bagi keseluruhan bumbung tersebut.

**Jadual 8: Senarai keadaan keseluruhan bangunan**

No.	Jenis kecacatan	Penilaian keadaan (a)	Penilaian keutamaan (b)	Analisis matrik C= (axb)
1	Rekahan	2	2	4
2	Rekahan dan belubang	1	2	2
3	Pengaratan	2	2	4
4	Pecah dan berlubang	3	2	6
5	Pengaratan	1	2	2
6	Pecah dan berlubang	3	2	6
7	Berlubang	2	2	4
8	Lekukan dan pengaratan	1	2	2
9	Lekukan dan pengaratan	1	2	2
10	Gumpalan paku	2	2	4
11	Rekahan	2	2	4

12	Rekahan	2	2	4
13	Berlubang	2	2	4
14	Rekahan dan berlubang	2	2	4
15	Rekahan dan berlubang	2	2	4

Total, d=56

Jumlah matrik, d = 56

Jumlah kecacatan, e = 15

Penilaian keseluruhan bumbung,  $d/e = 56/15 = 3.37$

Kadar penilaian = Bagus

**Jadual 4: Penilaian keseluruhan bumbung**

No	Kadar penilaian	Skor
1	Bagus	1 hingga 4
2	Sederhana	5 hingga 12
3	Usang	13 hingga 20

**Jadual 8** menunjukkan penilaian bagi keseluruhan kecacatan bumbung bumbung dewan futsal. Hasil daripada penilaian bangunan menggunakan kaedah CSP1 Matrik telah mendapati 13 daripada 15 kecacatan berada dalam parameter hijau manakala selebihnya berwarna kuning. Kecacatan yang paling banyak dicatatkan adalah masalah berlubang dengan jumlah sebanyak 7. Hal ini perlu segera diselesaikan agar aktiviti dalam gelanggang dapat dilakukan dengan selamat. Antara kecacatan lain yang berlaku adalah pengaratan dengan jumlah 4, pecah berjumlah 2, lekukan berjumlah 2, rekahan berjumlah 6 dan paling sedikit adalah satu gumpalan paku. Kesemuanya adalah kecacatan yang sering berlaku pada bumbung. Berdasarkan **Jadual 4**, kajian kami mendapati skor kadar penilaian keseluruhan bumbung adalah 3.37 iaitu berada dalam keadaan “Bagus”. Hal ini mungkin disebabkan bangunan tersebut masih baru sahaja dibina iaitu tidak melebihi 5 tahun.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan kajian yang dilakukan, penggunaan teknologi UAV ini sangat membantu dalam kerja-kerja pemeriksaan sesuatu bangunan sebelum sebarang kerja-kerja penyelenggaraan dilakukan. Teknologi UAV ini dapat membantu dengan cara memaparkan secara visual struktur bangunan tersebut dan memberi maklumat yang lebih terperinci kepada pemeriksa untuk menganalisis keadaan struktur bangunan tersebut. Oleh itu, secara tidak langsung dapat memberikan kemudahan kepada penyelenggara yang ingin melakukan kerja-kerja penyelenggaraan kerana penyelenggara dapat menentukan tahap kerosakkan dan jenis kerosakkan yang dialami oleh struktur bangunan tersebut. Selain itu, teknologi UAV ini juga dapat mengurangkan risiko kecederaan kepada pemeriksa semasa kerja-kerja pemeriksaan dilakukan kerana dengan menggunakan teknologi UAV ini pemeriksa hanya perlu memerhatikan dan menganalisis imej orthofoto dan pemeriksa tidak perlu untuk memanjat atau melalui laluan yang sukar untuk memeriksa dan mengenalpasti keadaan struktur bangunan sama ada dalam keadaan baik atau tidak. Selain itu juga, teknologi UAV juga dapat menjimatkan lebih banyak masa yang diperlukan untuk melakukan sebarang aktiviti-aktiviti pemeriksaan jika dibandingkan dengan cara yang lama. Maka, teknologi UAV ini banyak memberikan manfaat dalam kerja-kerja pemeriksaan dan secara tidak langsung dapat membantu dalam kerja-kerja penyelenggaraan. Hasil dapatan bagi kajian ini adalah keadaan bumbung bagi gelanggang futsal tersebut berada dalam keadaan bagus. Namun demikian, beberapa aktiviti baik pulih harus dilakukan secepat mungkin kerana kecacatan yang berlaku seperti bumbung pecah dan bocor akan mendatangkan masalah yang lebih buruk pada masa akan datang. Kajian ni juga membuktikan pemeriksaan bumbung menggunakan UAV sememangnya menjimatkan masa, menjaga keselamatan pemeriksa dan memberikan maklumat yang

lengkap terhadap kerosakan yang berlaku. Kaedah CSP1 Matrik juga terbukti dapat memberikan hasil analisis yang cepat dan mudah difahami serta tepat. Berdasarkan keputusan diperoleh, objektif kajian ini telah tercapai.

### Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Jabatan Kejuruteraan Awam, Pusat Pengajian Diploma, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan yang diberikan.

### Rujukan

- [1] J. Christian, L. Newton, and T. Gamblin, "A comparison of the roof maintenance management systems of two public sector organizations." In Annual Conference of Canadian Society for Civil Engineering, pp. 5-8, 2002.
- [2] B. Carpani et al., "A methodology for the safety assessment of protective roofs covering archaeological sites: the case of the "Villa dei Misteri" at Pompeii." In SAHC2014—9th international conference on structural analysis of historical construction, Mexico City, 2014.
- [3] M. Bown, and K. Miller, "The use of unmanned aerial vehicles for sloped roof inspections—considerations and constraints." Journal of Facility Management Education and Research, vol.2, no.1, pp. 12-18, 2018.
- [4] H. Eisenbeiss, "A mini unmanned aerial vehicle (UAV): System overview and image aquisition. International Workshop on Processing and Visualization Using High-Resolution Imagery." Pitsanulok, Thailand, 18-20 November 2004.
- [5] S. R. Herwitz et al., "Precision agriculture as a commercial application for solar-powered unmanned aerial vehicles." AIAA 2002-3404. Portsmouth, VA. Retrieved on January 14, 2008.
- [6] M. S. Grant, S. J. Katzberg, and R. W. Lawrence, "GPS Remote Sensing Measurements Using Aerosonde UAV." AIAA 2005-7005, Arlington, VA., 2005.
- [7] R. B. Haarbrink and E. Koers, "Helicopter UAV for photogrammetry and rapid response." Retrieved on January 9, 2008
- [8] P. Fahlstrom and T. Gleason, "Introduction to UAV systems." John Wiley & Sons, 2012.
- [9] N. Hamzah et al., "The Development of Smart School Condition Assessment Based on Condition Survey Protocol ( CSP ) 1 Matrix : A Literature Review." World Academy of Science, Engineering and Technology, vol.67, no.2009, 692–694, 2009.
- [10] M. Mokhtar et al., "The application of UAV and CSP1 matrix for building inspection at mosques in Irea of Pagoh - Muar, Johor." AIP Conference Proceedings, 2016(September). <https://doi.org/10.1063/1.5055503>
- [11] E. M. Mazlan et al., "Analisa Faktor Kecacatan Pada Usia Bangunan Masjid Terapung: Aplikasi Matriks Condition Survey Protocol (CSP) 1." Journal of Design+ Built, vol.10, no.1, 2018.
- [12] J. Seo, L. Duque and J. Wacker, "Drone-enabled bridge inspection methodology and application." Automation in Construction, vol. 4, pp.112-126, 2018.
- [13] M. Kaamin et al., "Visual Inspection of Heritage Mosques Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and Condition Survey Protocol (CSP) 1 Matrix: A Case Study of Tengkeri Mosque and Kampung Kling Mosque, Melaka." In Journal of Physics: Conference Series, vol. 1529, no. 3, p. 032107.