

**UNMANNED AERIAL VEHICLE-BASED PHOTOGRAMMETRY
MENGUNAKAN CAPTURE OTOMATIS DAN POINT OF INTEREST UNTUK
REKONSTRUKSI OBJEK ARSITEKTUR 3D BERSKALA BESAR**

**Unmanned Aerial Vehicle-Based Photogrammetry Using Automatic Capture And
Point Of Interest For Object Reconstruction Of Large Scale 3d Architecture**

Andria K. Wahyudi ^{*1}, Oktoverano Lengkong², Charlie Dumingan³

^{1,2}Universitas Klabat, ³Universitas Indonesia

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika

e-mail: ^{*1}andriawahyudi@unklab.ac.id, ²oktoverano@unklab.ac.id, ³charlie.dumingan@ui.ac.id

Abstrak

Objek dengan skala besar merupakan target yang cukup sulit dalam 3D reconstruction. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) menjadi solusi untuk melakukan pengambilan gambar dari udara. Pengontrolan UAV secara manual dapat menyulitkan dalam pengambilan gambar karena harus bersamaan dengan pengontrolan kamera. Paper ini membahas tentang penggunaan UAV untuk 3D Reconstruction menggunakan teknik Photogrammetry. Penelitian ini menggunakan Point Of Interest (POI) untuk titik objek yang akan di rekonstruksi dan pengambilan gambar secara otomatis. Dengan SDK yang ada, UAV dapat dipantau menggunakan smartphone Android. Dalam investigasi ini telah dipastikan bahwa teknik POI dan pengambilan gambar otomatis menghasilkan model dengan presisi tinggi, dengan kualitas tekstur yang baik dan waktu pengambilan yang cukup singkat. Penelitian ini juga menampilkan hasil yang optimal dalam 3D Reconstruction.

Kata kunci- Photogrammetry, Point Of Interest, 3D Reconstruction, Unmanned Aerial Vehicle

Abstract

Large-scale architecture object are a complicated target for 3D Reconstruction. UAV is a common choice to take RAW pictures from the air. Manual control for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) can be difficult to perform picture taking and flight control simultaneously. This Paper discusses the Use of UAV for 3D Reconstruction using photogrammetry techniques. This study shows a Point Of Interest (POI) for object point to be reconstructed and shooting automatically. With an existing SDK, UAVs can be monitored using the Android smartphone. In this investigation it has been confirmed that the POI and auto-capture techniques can generate models with high precision, with good texture quality and taking a short flight time. This study also shows optimal results in 3D Reconstruction.

Keywords -Photogrammetry, Point Of Interest, 3D Reconstruction, Unmanned Aerial Vehicle

1. PENDAHULUAN

Untuk menghasilkan objek arsitektur virtual tiga dimensi, terdapat beberapa pendekatan yang dapat digunakan antara lain: teknik konvensional seperti *Vector Map data*, *Digital Elevation Model*, *Terrestrial Images* menggunakan *Close-Range Photogrammetry* dengan *Digital Surface Model* dan *texture mapping*[1]. Selain itu, teknik tersebut terbagi menjadi dua kategori utama: *automation-based* yang biasanya menggunakan CG software dan *data acquisition-based* menggunakan teknik *Photogrammetry* dan *Lasergrammetry*[2][3]. *Photogrammetry* merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan untuk mengumpulkan data RAW untuk menghasilkan objek geometri 3D.

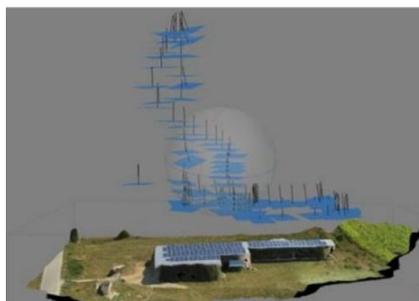
Monitoring dan evaluasi dengan *Photogrammetry* untuk objek Arsitektur skala besar membutuhkan upaya yang besar dan cukup sulit. *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang dilengkapi sensor kamera, sering digunakan untuk mengumpulkan data RAW dalam memodelkan objek arsitektur dengan skala yang besar dengan biaya yang minimal jika dibandingkan dengan pesawat terbang. Sebagian besar pengendalian UAV dilakukan secara manual[2][4][5]. Pengambilan gambar manual menggunakan UAV cukup sulit karena pada saat yang bersamaan harus mengendalikan UAV dan mengambil gambar RAW.

Penelitian ini menggunakan UAV yang bisa diprogram dengan SDK yang disediakan. UAV dengan tipe DJI Phantom 3 Advanced menjadi pilihan sebagai UAV yang digunakan dalam penelitian ini. SDK yang ada memungkinkan untuk melakukan pengontrolan pada hardware maupun software secara fleksibel. UAV telah dilengkapi dengan kamera untuk melakukan pendeteksian secara cepat dengan performa yang tinggi. UAV diprogram menggunakan Point Of Interest (POI) sehingga UAV dapat terbang mengitari objek arsitektur secara otomatis, dan dapat melakukan *auto-capture*.

Dengan teknik yang dilakukan, proses pengambilan gambar RAW dengan sensor kamera menjadi lebih mudah dan cepat sehingga penggunaan battery menjadi maksimal. Penelitian ini menghasilkan objek geometri arsitektur 3D virtual dengan detail yang cukup tinggi. Setelah data RAW berhasil dikumpulkan dan diubah menjadi objek geometri 3D, digunakan teknik *texture mapping* agar objek 3D menjadi *Photo-realistic* sehingga objek geometri tersebut terlihat sangat mirip dengan objek aslinya.

1.1 Penelitian Terkait

Dalam menghasilkan model 3D dengan *photogrammetry* dapat dilakukan dengan beberapa teknik pengambilan gambar. Penelitian yang dilakukan oleh Tyutyundzhiev et al.[4] dalam melakukan inspeksi PV menggunakan UAV, melakukan pengambilan gambar RAW dari beberapa posisi secara vertikal seperti pada Gambar 1 dengan kontrol manual pada UAV.



Gambar 1 Teknik pengambilan gambar RAW Tyutyundzhiev et al



Gambar 2 Hasil gambar rekonstruksi Szulwic et al

Pada Gambar 1, gambar kotak adalah hasil pengambilan gambar RAW dengan kontrol manual UAV dan kontrol manual untuk pengambilan gambar. Teknik yang serupa juga dilakukan oleh Szulwic et al.[6] Untuk melakukan pengambilan gambar dalam melakukan evaluasi topologi bendungan. Gambar 2 merupakan hasil gambar RAW yang diambil dari udara secara vertikal dengan kontrol manual pada UAV.

1.2 Perencanaan Terbang

1.2.1 Equipment

Dalam penelitian ini digunakan UAV dengan tipe DJI Phantom 3 Advanced. UAV tersebut memiliki SDK *open-source* yang dapat diprogram sesuai kebutuhan. SDK tersebut memungkinkan untuk pengontrolan dengan berbagai macam operating System seperti Android, Apple, dan Windows[7]. Pengujian ini difokuskan menggunakan Android sebagai OS untuk melakukan pengontrolan UAV.



Gambar 3 UAV dengan tipe DJI Phantom 3 Advanced.

UAV seperti pada Gambar3, telah dilengkapi dengan sensor kamera yang digunakan untuk pengambilan gambar RAW. Kamera yang ada memiliki 3-axis stabilization gimbal dan foto 12 megapixel.

Aircraft	
Weight (Battery & Propellers Included)	1280 g
Max. Ascent Speed	5 m/s
Max. Descent Speed	3 m/s
Max. Speed	16 m/s (ATTI mode, no wind)
Max. Flight Altitude	6000 m
Max. Flight Time	Approximately 23 minutes
Operating Temperature	0°C to 40°C
GPS Mode	GPS/GLONASS
Gimbal	
Controllable Range	Pitch: - 90° to + 30°
Vision Positioning	
Velocity Range	< 8 m/s (2 m above ground)
Altitude Range	30 cm-300 cm
Operating Range	30 cm-300 cm
Operating Environment	Brightly lit (lux > 15) patterned surfaces
Camera	
Sensor	Sony EXMOR 1/2.3" Effective pixels:12.4 M (total pixels: 12.76 M)
Lens	FOV 94° 20mm(35mm format equivalent) f/2.8
ISO Range	100-3200(video) 100-1600(photo)
Electronic Shutter Speed	8s -1/8000s
Image Max. Size	4000 x 3000
Still Photography Modes	Single shot
	Burst shooting: 3/5/7 frames
	Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5
	Bracketed frames at 0.7EV Bias Time-lapse
Supported SD Card Types	Micro SD Max. capacity: 64 GB. Class 10 or UHS-1 rating required
Video Recording Modes	FHD:1920x1080p 24/25/30/48/50/60 HD:1280x720p 24/25/30/48/50/60
Max. Bitrate Of Video Storage	60 Mbps
Supported File Formats	FAT32/exFAT Photo: JPEG, DNG Video: MP4/MOV (MPEG-4 AVC/H.264)
Operating Temperature Range	0°C to 40°C

Gambar 4 UAV design parameter

Seperti pada Gambar4 dengan menggunakan kamera Sony EXMOR 12,4 MP dengan ISO 100-1600 untuk foto dapat menjadi salah satu kelebihan dalam melakukan pengambilan gambar RAW.

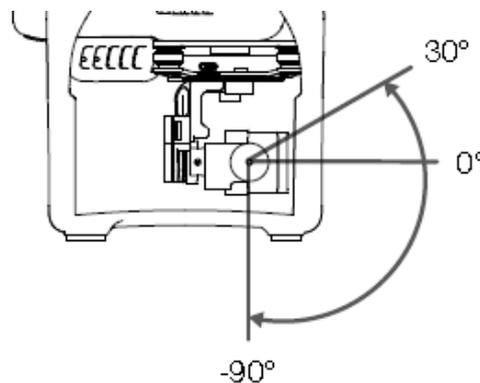
1.2.2 Electronic Specification

Persyaratan untuk menghasilkan foto dengan kualitas yang baik adalah dengan menggunakan kamera yang baik.



Gambar 5 Sensor Kamera EXMOR 1/2.3"[7]

UAV yang digunakan dilengkapi dengan kamera 3-axis gimbal yang dapat menyesuaikan diri dari getaran dan gerakan. Spesifikasi kamera tersebut adalah Sony EXMOR 1/2.3" Effective pixels: 12.4 M (total pixels: 12.76 M) dengan Lensa FOV 94° 20 mm (35 mm format equivalent) f/2.8. Kamera tersebut dapat menghasilkan gambar dengan ukuran maksimum 4000 x 3000. Sensor kamera tersebut sudah mampu mengambil gambar dengan shutter Speed 8s-1/8000, sehingga gangguan getaran pada saat pengambilan gambar saat UAV sedang bergerak tidak akan menyebabkan gambar RAW menjadi blur.



Gambar 6 Gimbal profil

Seperti pada Gambar 6. sudut kemiringan gimbal kamera juga dapat disesuaikan mulai dari 0 hingga 30 derajat dan 0 hingga -90 derajat yang dapat memudahkan pengaturan sudut kemiringan kamera dalam pengambilan gambar RAW.

1.2.3 Perencanaan Terbang

Objek arsitektur yang menjadi target untuk di rekonstruksi adalah bangunan arsitektur Pioneer Chapel. Terletak di tengah area yang cukup luas dari halaman kampus Universitas Klabat.



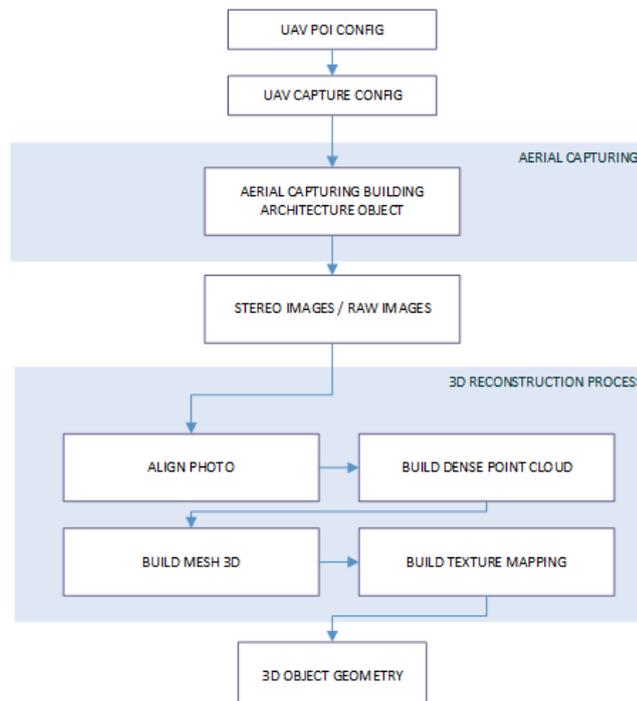
Gambar 7 Citra Satelit Bangunan Pioneer Chapel

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan citra satelit seperti pada Gambar 7, menunjukkan bahwa tidak terdapat halangan di sekitar Pioneer Chapel. Pioneer Chapel memiliki panjang kurang lebih 50 meter, Lebar 35 meter dan tinggi 20 meter. Terdapat 10 meter horizontal area kosong dari setiap sisi bangunan. Dengan demikian dapat di prediksi tinggi UAV untuk terbang 10m ditambah 20m vertikal untuk keamanan area terbang.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alur Proses Photogrammetry

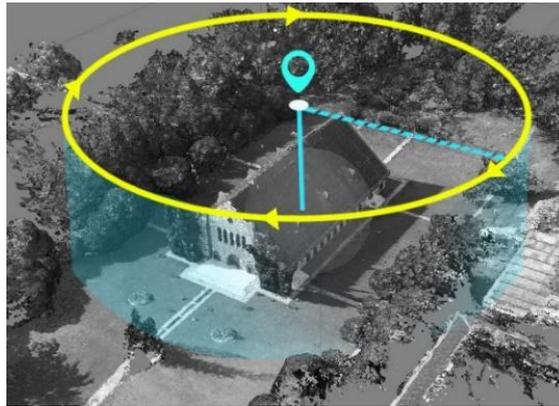
Dalam penelitian ini, dibutuhkan data RAW photogrammetry yang akan digunakan untuk menghasilkan objek 3D geometri arsitektur bangunan. Gambar hasil pengambilan gambar oleh UAV dari berbagai sisi dari suatu bangunan arsitektur yang kemudian akan diproses untuk menghasilkan objek 3D geometri. Langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram alur proses hingga menghasilkan objek 3D geometri

2.2 Point Of Interest(POI)

Dengan menggunakan SDK, penerbangan bisa di sesuaikan dengan menggunakan Point Of Interest. Dalam peneitian ini melalui Layar Android, Ketinggian UAV disesuaikan terlebih dahulu sama seperti pada saat perencanaan terbang sebelumnya yaitu 30 meter. Kemudian berdasarkan koordinat GPS, posisi UAV dikunci tepat di atas Pioneer Chapel dengan ketinggian 30m. Setelah Point Of Interest ditentukan, kemudian selanjutnya radius terbang di tentukan. Radius terbang dapat diInput melalui layar smartphone.



Gambar 9 Metode Penerbangan dengan Point Of Interest

Seperti pada Gambar 7, Radius yang digunakan dalam penerbangan ini adalah 30 meter dari titik poros. Setelah radius ditentukan, kemudian kecepatan terbang disesuaikan terlebih dahulu. Penelitian ini menggunakan kecepatan 2m/s untuk radius putar. Setelah konfigurasi selesai, UAV akan berputar berdasarkan titik poros yang telah di kunci sebelumnya.

2.3 Automatic Capture

Diperlukan pemicu dalam pengambilan gambar oleh kamera. Di saat yang bersamaan ketika UAV sedang terbang mengitari POI. Penelitian ini menggunakan SDK yang kemudian di program dengan bahasa Java untuk kontroler pada OS Android. Fungsi SDK yang dimodifikasi dapat memicu kamera untuk pengambilan gambar dengan interval waktu yang ditentukan. SDK yang digunakan sebagai auto-capture adalah time-lapse yang disediakan oleh SDK. Dalam penelitian ini pengaturan kamera UAV dilakukan dengan pengontrolan pada layar smartphone Android.



Gambar 10 UAV camera capture by Interval

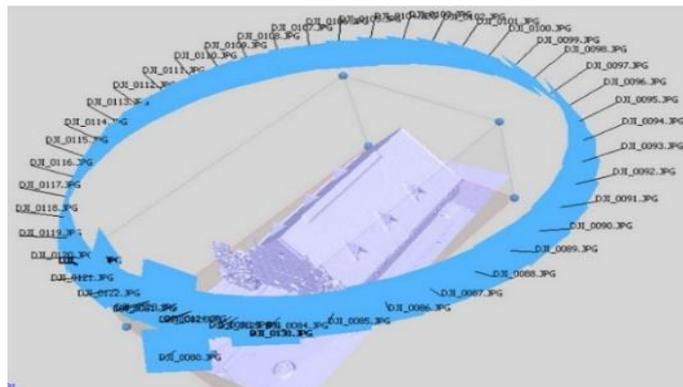
Seperti pada Gambar 8 sekali pemicu di aktifkan melalui smartphone, kamera akan mengambil gambar pada interval waktu yang dimasukkan melalui layar android. Interval waktu yang dimasukkan dalam penelitian ini adalah 1 detik.

2.4 Persiapan Photogrammetry

UAV yang sudah di program bisa melakukan *take-off* otomatis dan landing otomatis. Setelah take-off, UAV secara manual di terbangkan tepat di atas Pioneer Chapel. Kemudian ketinggian UAV disesuaikan hingga 30 meter agar tidak ada halangan. Kecepatan yang digunakan adalah 2m/s. Pergerakan yang stabil dan tidak terlalu cepat dari UAV dapat mempengaruhi kamera sehingga meminimalkan resiko gambar blur yang dapat merusak gambar RAW yang dihasilkan. Pandangan kamera UAV dapat di monitor secara langsung dari layar smartphone dan dapat di kendalikan secara langsung dari remote kontrol ataupun *smartphone* yang terkoneksi dengan Frekuensi Radio.

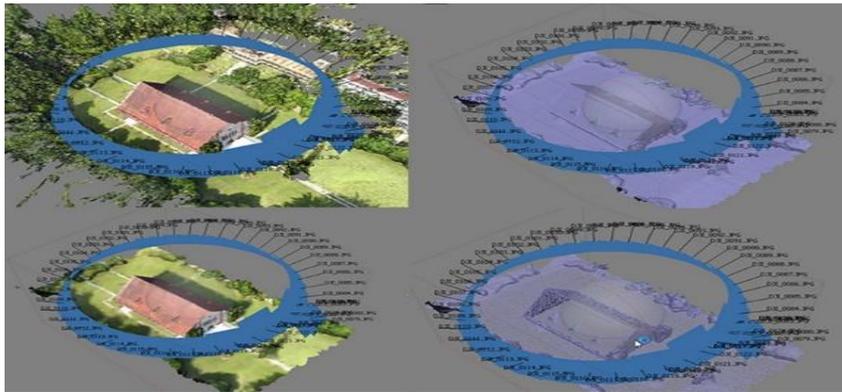
2.5 Eksperimen *Photogrammetry*

Setelah tahap persiapan di jalankan, selanjutnya pengaturan *Point of Interest* dijalankan bersamaan dengan automatic capture. Dengan area yang sudah di tentukan sebelumnya UAV berhasil melakukan pengambilan gambar RAW yang dapat dijadikan referensi untuk menghasilkan model geometri 3D Pioneer Chapel. Aplikasi Android yang dirancang digunakan untuk melakukan pengontrolan selama UAV mengangkasa.



Gambar 11 Hasil rekonstruksi putaran berdasarkan POI

Seperti pada Gambar9, objek gambar biru merupakan posisi dari kamera yang berbentuk lingkaran sempurna karena menggunakan teknik POI. Ada beberapa aspek yang harus diperhatikan yaitu kamera harus menghadap pada objek sebelum POI di aktifkan. Berdasarkan eksperimen diperoleh 63 gambar RAW yang sangat presisi untuk satu kali rotasi pada POI. Selama pengambilan gambar RAW waktu yang diperlukan hanya 6 menit untuk sekali rotasi penuh sehingga sangat efisien dalam penggunaan battery. Untuk menghasilkan model 3D geometri yang baik diperlukan minimum gambar yang saling overlap 50% [8][4][5][9]. Gambar RAW tersebut kemudian di proses menggunakan tiga software rekonstruksi yaitu Zephyr Pro, photoScan dan Autodesk Memento sebagai perbandingan.



Gambar 12 Urutan Proses rekonstruksi

Seperti pada Gambar10 Urutan proses yang diperlukan untuk rekonstruksi adalah Aerial Photo – Create Dense Cloud – Build Mesh - Build Texture.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek geometri 3D Pioneer Chapel berhasil dihasilkan berdasarkan gambar RAW yang di capture oleh UAV. Objek tersebut dihasilkan menggunakan beberapa software agar dapat dipastikan teknik yang digunakan bisa diproses dengan berbagai macam software rekonstruksi geometri. Software builder di instal dalam PC dengan Sistem Operasi Windows.



Gambar 13 Gambar hasil rekonstruksi menggunakan beberapa software pertama Zephyr Pro, kedua Agisoft, dan terakhir Memento

Gambar 11 menampilkan hasil teknik pengambilan menggunakan POI dan *auto-capture* dapat diproses dengan baik oleh berbagai macam software rekonstruksi geometri sehingga memaksimalkan waktu terbang UAV karena kapasitas battery yang terbatas. Kelemahan dari POI adalah bangunan harus benar-benar jauh dari halangan sehingga UAV dapat terbang dengan aman. Bangunan dengan banyak halangan disekitar memungkinkan untuk berkurangnya kualitas hasil rekonstruksi. Proses pengambilan gambar dengan cuaca berawan akan lebih baik dibandingkan dengan cahaya langsung yang mengenai objek.

4. KESIMPULAN

Eksperimen dengan menggunakan UAV berhasil di demonstrasikan dengan dengan hasil yang baik. Penelitian ini seperti pada Gambar 12. menghasilkan kualitas model geometri 3D yang tinggi dan presisi dengan waktu terbang UAV cukup singkat. Point Of Interest dan auto-capture dapat meningkatkan akurasi perancangan model geometri 3D. Penelitian ini mendemonstrasikan salah satu teknik yang dapat menjadi standard mapping untuk objek arsitektur 3D dengan software rekonstruksi.



Gambar 14 Model 3D Hasil rekonstruksi dengan detail tinggi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Yalcin and O. Selcuk, "3D city modelling with Oblique Photogrammetry Method," in *INTER-ENG 2014*, Tirgu Mures, Romania, 2015, vol. 8.
- [2] Y. Kobayashi, "Photogrammetry and 3d City Modelling," Arizona State University, USA, 2006.
- [3] A. Wahyudi, R. Ferdiana, and R. Hartanto, "Pengujian dan Evaluasi Buku Interaktif Augmented Reality ARca 3D," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2014*, Stimik Amikom, Yogyakarta, 2014, vol. 2.
- [4] N. Tyutyundzhiev, K. Lovchinov, F. M. Moreno, J. Leloux, and L. Narvarte, "Advanced PV modules inspection using multirotor UAV," presented at the 31st European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Campus Sur UPM. Ctra. Valencia km. 7. EUIT Telecomunicaci3n. 28031 Madrid, Spain, 2015, vol. 31.

-
- [5] A. Zingoni, M. Diani, G. Corsini, and A. Marsini, "Real-Time 3D Reconstruction from Images Taken From UAV," presented at the ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, University of Pisa, Italy, 2015, vol. Volume XL-3/W3.
- [6] J. Szulwic, M. Przyborski, B. Szczechowski, W. Szubiak, and W. Tadeusz, "Photogrammetric development of the threshold water at the dam on the Vistula river in Wloclawek from unmanned aerial vehicles (UAV)," in *SGEM2015 Conference*, Gdansk University of Technology, Poland, 2015, vol. 1, pp. pp. 493–500.
- [7] "DJI Phantom 3 Advanced - Specification." [Online]. Available: <http://www.dji.com/product/phantom-3-adv/info#specs>. [Accessed: 21-Feb-2016].
- [8] I. M.-E. Zaragoza, G. Caroti, and A. Piemonte, "UAV-Based Photogrammetry As An Integration In Multi-Sensor Architectural Survey," in *ReUso 2015. III Congreso Internacional sobre Documentación*, Universidad Politécnica de Valencia, 2015, vol. 3, p. 618.
- [9] J. Liénard, A. Vogs, D. Gatzolis, and N. Tyutyundzhiev, "Embedded, real-time UAV control for improved, image-based 3D scene reconstruction," *Elsevier*, vol. 81, no. 81, pp. 264–269, Dec. 2015.