

SIMULASI KESTABILAN *PROTOTYPE* UAV-SPRAYER BERBASIS *QUADCOPTER* TERHADAP PENAMBAHAN SEKAT PADA PENAMPUNG CAIRAN

Kris Hariyanto¹, Bangsa Dirgantara²

^{1,2}Department of Aerospace Engineering, Adisutjipto Institute of Technology, Indonesia
Email: krishariyanto76@gmail.com

ABSTRACT

The use of UAVs has begun to penetrate the world of agriculture. One of the functions of UAVs in agriculture is to spray pesticides. The pesticides used are liquid so that when the UAV is airborne and maneuvering, the fluid experiences fluid motion or sloshing. Sloshing that occurs can cause the balance of the UAV to be disturbed. To overcome this, a bulkhead or baffle is needed in the reservoir in order to reduce fluid movement. In the case of the research studied, the simulation of sloshing in the reservoir with the presence of baffles and without the presence of baffles. This research uses different reservoir variations and different water levels, namely 55 mm, 35 mm and 15 mm. Simulations are carried out during cruising and maneuvering flights at a speed of 2 m/s. The container modeling uses the Catia V5R20 software and the simulation uses the Ansys 14.5 software. The simulation results show that the effect of baffle placement is more visible if the baffle is placed in the xy plane, while for the baffle placement in the yz plane, the force caused by sloshing is greater. In spraying the UAV-Sprayer will more often fly forward (cruise), while for maneuvers (right or left) it is only done occasionally/not too often. So that giving baffles is more effective in the xy plane because it can reduce sloshing better than the baffles in the yz plane.

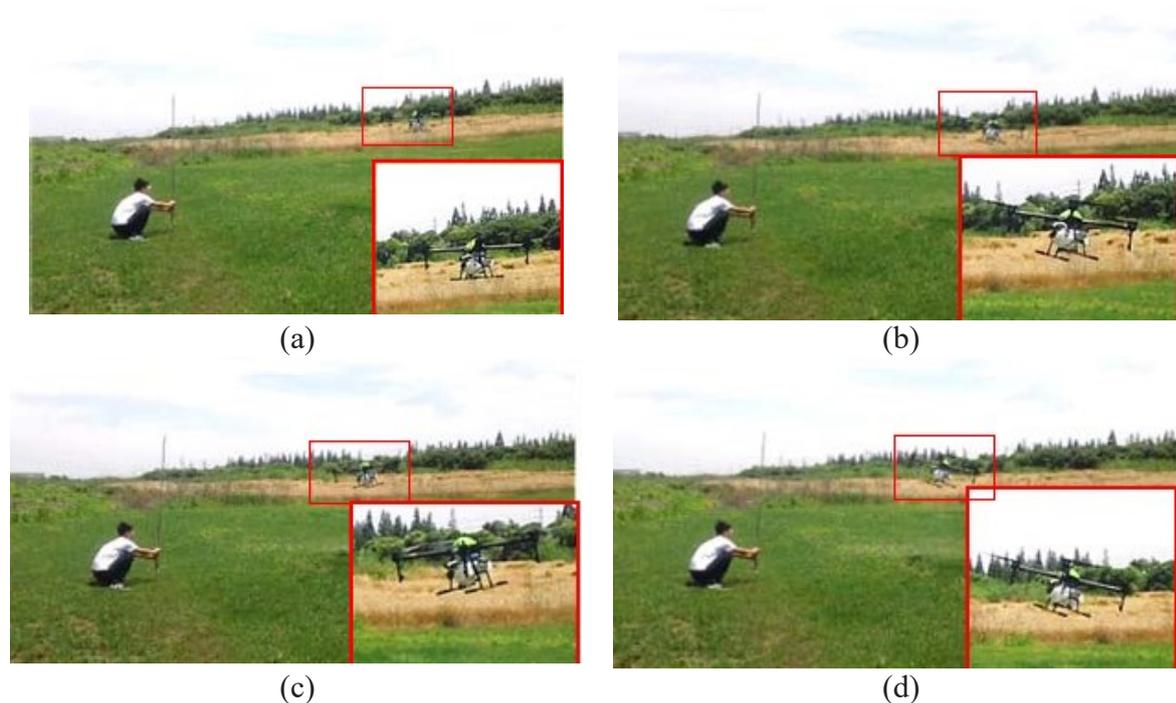
Keywords: *Container, Sloshing, Ansys CFX, UAV-Sprayer*

1. Pengantar

Penelitian terus menerus dilakukan pada pengembangan dan adaptasi kendaraan tanpa awak (UAV) [1,2] yang digunakan untuk kegiatan pertanian dengan tingkat yang presisi lebih tinggi, terutama digunakan untuk pemetaan lapangan [3,4], deteksi stres pada tanaman [5,6], estimasi biomassa [7,8], pengelolaan gulma [9,10], penghitungan inventaris [11], penyemprotan hama [12,13], dan penyerbukan tambahan [14]. Aplikasi yang paling banyak digunakan adalah penyemprotan pestisida dengan menggunakan UAV untuk melindungi tanaman terhadap serangan hama. Penyemprotan dengan menggunakan pestisida pada tanaman adalah kegiatan yang wajib diterapkan beberapa kali pada tanaman sampai menjelang panen. Kegiatan penyemprotan tersebut berguna khususnya untuk mengurangi risiko kesehatan penyemprot pestisida yang dioperasikan oleh manusia dan proses penyemprotan yang relatif lebih cepat, menggunakan UAV untuk penyemprotan adalah cara terbaik untuk menghemat biaya dan waktu serta melindungi kesehatan manusia [7]. UAV jenis ini membawa tangki cairan berukuran besar, yang berisi pestisida berupa larutan cair. Cairan larutan pestisida tersebut di bawa dengan tangki penampung yang memiliki perbedaan bentuk dan ukuran tergantung pada yang model dan kapasitas UAV. Tangki-tangki ini masing-masing membawa beban cairan yang pada pengoperasiannya akan berkurang volumenya, dan muatan di dalam dapat membuat efek slosh yang berbeda pada waktu yang berbeda selama operasi penyemprotan. Fenomena yang tidak terduga ini dapat menyebabkan manuver UAV yang tidak stabil dan dapat membuat gangguan terbang.

Usaha untuk mempertahankan deposisi tetesan yang efektif dan stabilitas penerbangan selama operasi UAV pada proses penyemprotan adalah bagian penting dari pertanian presisi [15,16]. Pada penerapan di lahan pertanian, kondisi cuaca dapat tidak terkendali, seperti

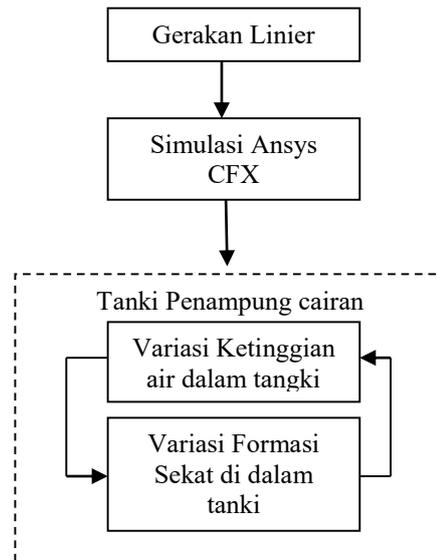
perubahan arah angin yang tiba-tiba, dan hambatan yang rumit, seperti jaringan pelindung tanaman, saluran listrik, menara, struktur penerangan, dan bangunan, adalah kesulitan yang paling umum untuk UAV sprayer [17]. Oleh karena itu pengendali dalam hal ini adalah pilot harus mampu menghadapi dan mengatasi kesulitan-kesulitan tersebut. Perubahan lintasan yang tiba-tiba dan menstabilkan pengoperasian penyemprot UAV menjadi lebih sulit karena tumpahan cairan tangki yang terpasang, gerakan cairan secara tiba-tiba ini akan menghasilkan efek kejutan terus menerus untuk UAV [18]. Pada Gambar 1, gangguan dari efek slosh ditampilkan. UAV menghadapi rintangan dan secara otomatis mencoba menghindari hal tersebut, dan sloshing membuat penerbangan tidak stabil. Urutannya adalah dari (a) ke (f) pada Gambar 1. Adalah kinerja penghindaran otomatis dilakukan menggunakan pengontrol penerbangan K++ dan penyemprot pertanian



Gambar 1. Urutan posisi kedudukan UAV yang disebabkan oleh gerakan cairan saat menghadapi *obstacle*. (a) Momen *pitching* terdeteksi, (b) *Pitching* negatif untuk proses awal melawan gaya dari gerakan cairan, (c) *Pitching* positif cepat karena gaya *slosh* ke belakang membuat tidak stabil, (d) *Pitching* negatif cepat karena gaya *slosh* ke depan membuat UAV tidak stabil lagi

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan simulasi, dimana kegiatan ini dilaksanakan pada dua kondisi, yaitu : simulasi pada bidang xy dan bidang yz. Adapun langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

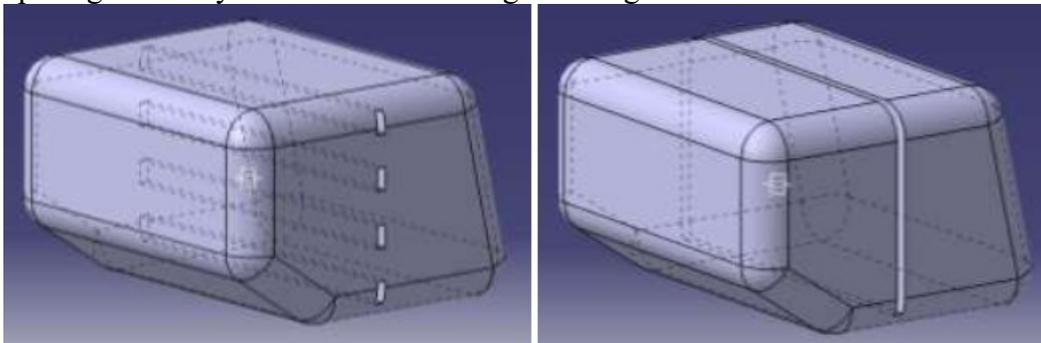
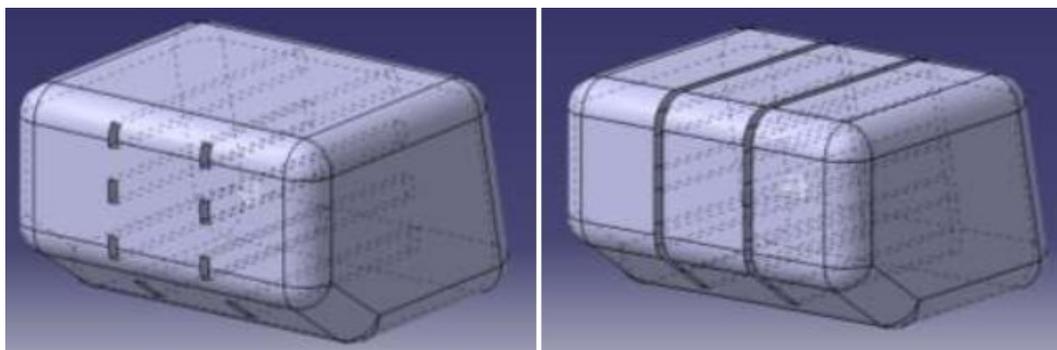


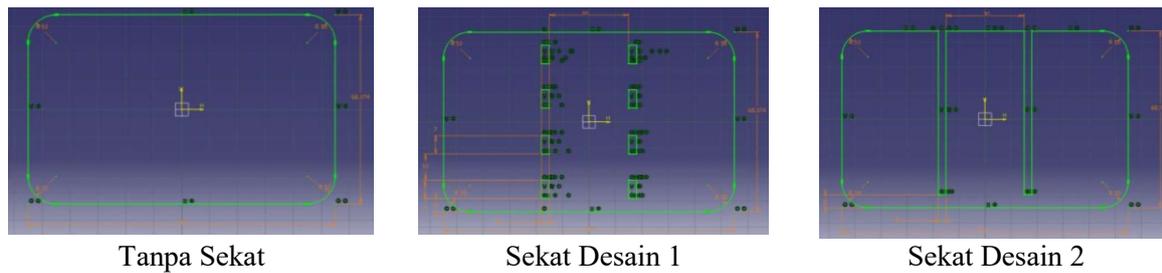
Gambar 2. Desain penelitian

Untuk pengujian gerakan secara translasi linier disimulasikan pada bidang xy dan yz , dengan menggunakan software Ansys CFX

a. Desain Tangki penampung dan sekat

Pemilihan desain tangki penampung didasarkan bahwa di pasaran terdapat beberapa pilihan bentuk tangki penampung yang digunakan oleh UAV sebagai penyemprot [42]. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini di uji beberapa bentuk tangki penampung seperti terlihat pada gambar 3 yaitu berbentuk rectangular dengan volume 0.5 liter.

Gambar 3. Desain bentuk tangki penampung cairan Gambar 3.2 Layout formasi sekat penampung searah sumbu x (bidang xy)Gambar 4. Layout formasi sekat penampung searah sumbu z (bidang yz)



Gambar 5. Desain sekat pada tangki penampung.

Sedangkan untuk desain sekat, dapat dilihat pada gambar 4. Setiap ruangan tangki penampung di bagi atau dan dibagian bawahnya masing-masing diberikan lubang. Semua material di buat dengan bahan akrilik dengan ketebalan 2 mm.

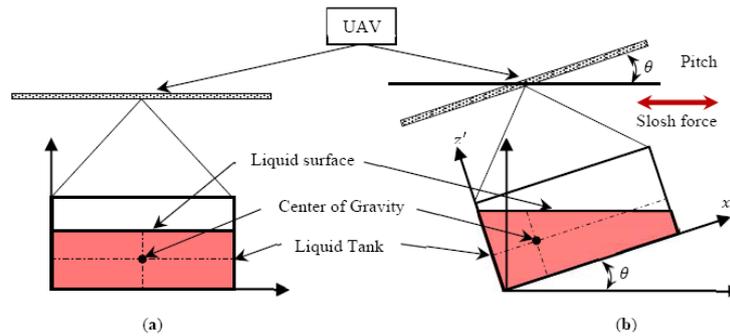
b. Platform Quadcopter

Platform yang digunakan pada penelitian ini adalah terlihat pada gambar 6, dimana payload maksimum adalah 0.5 liter, dimana komponen yang terdapat pada platform UAV tersebut adalah Motor Brushless SunnySky V2216-12 KV800, *Propeller* APC 11x4,7 inch., EMAX *Multirotor* 4IN1 ESC(4*30A), OpenPilot CC3D Atom Mini CC3D FPV *Flight Controller* CC3D EVO, FlySky *Receiver* 6 channel FS-IA6, *Tailboom* dan *Landing Skid* menggunakan material aluminium 3003, *Canopy* atas, bawah dan dudukan tangki menggunakan material PCB, Pompa *Sprayer* menggunakan motor *washer universal*, Penampung cairan/tangki *Sprayer* menggunakan *fuel tank* RC-Heli, *Battery* 2200mah 20-30C 3 Cell 11,1 V 3S Li-po *Pack*.



Gambar 6. Platform UAV Quadcopter

Pada penelitian ini, platform UAV berbasis Quadcopter akan membawa tangki berisi cairan, selama misi berlangsung, sudut pitch dan roll di ubah seiring dengan pergerakan platform UAV ke arah sumbu x dan sumbu y. Perubahan sudut gerak dan efek gerakan dari platform UAV sendiri akan mengakibatkan letak titik berat (*centre of gravity*) akan berubah, sehingga menyebabkan terjadinya gerakan bebas cairan yang berada di dalam tangki. Kondisi tersebut dapat dijelaskan pada gambar 7 sesuai referensi [53].



Gambar 7. (a) Posisi platform UAV stabil dan tidak ada gaya akibat gerakan cairan, (b) Posisi titik berat berubah akibat adanya gaya dari cairan yang bergerak bebas akibat perubahan sudut pitch.

3. Hasil dan Analisis

a. Hasil CFX-Solver Penampung Cairan UAV-Sprayer

Pengujian dilakukan pada penampung cairan UAV-Sprayer dengan tiga variasi penampung yang berbeda dan dengan volume air yang berbeda pula. Pengujian ini dilakukan pada saat kondisi terbang jelajah (*cruise*), yaitu pada kecepatan 2 m/s, untuk ketinggian terbang yaitu 1,5 m dan *density* 998 kg/m³. Dari proses ANSYS CFX-Solver maka didapatkan hasil sebagai berikut:

b. Karakteristik *Sloshing* pada Penampung Cairan

Setiap komputasi yang dilakukan pada *software* ANSYS 14.5 akan ditampilkan hasil perhitungan berupa grafik, angka, dan aliran fluida yang berada dalam penampung. Berikut ini hasil komputasi aliran fluida pada *software* ANSYS dengan kasus penampung cairan tanpa *baffle*, dengan *baffle* desain 1 dan dengan *baffle* desain 2. Berikut ini adalah hasil dari penentuan gaya maksimum yang terjadi pada dinding penampung saat UAV-Sprayer melakukan *cruise* (terbang jelajah) dengan 3 variasi penampung yang berbeda yaitu penampung tanpa *baffle*, dengan *baffle* desain 1 dan *baffle* desain 2. *Baffle* yang digunakan berada pada bidang *xy* yang sejajar sumbu *x* atau yang tegak lurus terhadap arah terbang (sumbu *z*) UAVSprayer saat ketinggian air 55 mm, 35 mm dan 15 mm.

Tabel 4.1 Perbandingan gaya maksimum pada dinding penampung saat *cruise* dengan ketinggian air 55 mm, 35 mm dan 15 mm

Ketinggian (mm)	Gaya Maksimum Pada Dinding [N]		
	Tanpa Baffle	Dengan Baffle 1	Dengan Baffle 2
55	0,0186191	0,00455992	0,0611886
35	0,0304568	0,021124	0,00946586
15	0,00617996	0,0018037	0,00277611
Akumulasi	0,05525586	0,02748762	0,07343057

Berdasarkan dari data komputasi tersebut menunjukkan bahwa gaya terkecil dan yang paling efektif dalam meredam *sloshing* pada ketinggian air 55 mm, 35 mm dan 15 mm saat *cruise* pada ketinggian 1,5 m dengan kecepatan 2 m/s yaitu penampung cairan dengan *baffle* desain 1 yang menghasilkan gaya sebesar 0,00455992 N saat ketinggian air 55 mm, 0,021124 N saat ketinggian air 35 mm dan 0,0018037 saat ketinggian air 15 mm,

Berikut ini adalah hasil dari penentuan gaya maksimum yang terjadi pada dinding penampung saat UAV-Sprayer melakukan manuver (kanan atau kiri) dengan 3 variasi penampung yang berbeda yaitu penampung tanpa *baffle*, dengan *baffle* desain 1 dan *baffle* desain 2, *Baffle* yang digunakan berada pada bidang *yz* yang sejajar sumbu *z* atau yang tegak

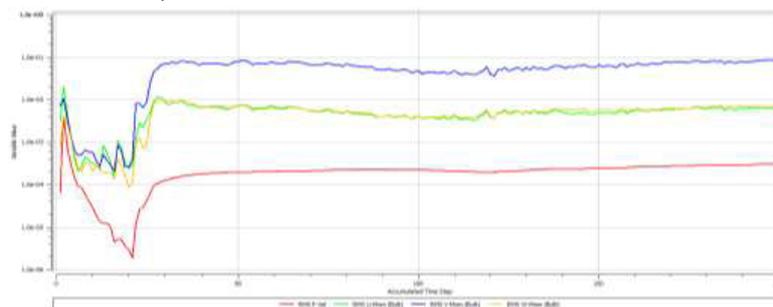
lurus terhadap arah terbang (sumbu x) UAV-*Sprayer* saat ketinggian air 55 mm, 35 mm dan 15 mm,

Tabel 4,1 Perbandingan gaya maksimum pada dinding penampung saat manuver dengan ketinggian air 55 mm, 35 mm dan 15 mm

Ketinggian (mm)	Gaya Maksimum Pada Dinding [N]		
	Tanpa Baffle	Dengan Baffle 1	Dengan Baffle 2
55	1,33614	4,17331	7,20114
35	0,588045	2,0154	2,02159
15	0,376381	0,35041	0,272382
Akumulasi	2,300566	6,53912	9,495112

c. Analisis Karakteristik *Sloshing* yang terjadi dengan Ansys CFX

Berdasarkan dari data-data komputasi sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian sekat (*baffle*) lebih terlihat pengaruhnya jika penempatan *baffle* berada pada bidang xy, sedangkan untuk penempatan *baffle* pada bidang yz membuat gaya yang diakibatkan oleh *sloshing* menjadi lebih besar, Dalam melakukan penyemprotan UAV-*Sprayer* akan lebih sering melakukan terbang maju kedepan (*cruise*), sedangkan untuk manuver (kanan atau kiri) hanya dilakukan sesekali/tidak terlalu sering, Hal tersebut juga dipengaruhi oleh bentuk lahan yang akan dilakukan penyemprotan, Dari hasil komputasi, penambahan *baffle* yang paling efektif yaitu pada bidang xy dengan *baffle* desain 1 pada ketinggian 1,5 m dengan kecepatan 2 m/s yang menghasilkan gaya terkecil yaitu 0,00455992 N saat ketinggian air 55 mm, 0,021124 N saat ketinggian air 35 mm, 0,0018037 N saat ketinggian air 15 mm dan akumulasi dari seluruh gaya yang dihasilkan pada ketinggian air yang berbeda yaitu sebesar 0,02748762 N,



Gambar 8. Hasil perhitungan akumulasi *timestep*

4. Kesimpulan

Pemberian sekat (*baffle*) lebih terlihat pengaruhnya jika penempatan *baffle* berada pada bidang xy, sedangkan untuk penempatan *baffle* pada bidang yz membuat gaya yang diakibatkan oleh *sloshing* menjadi lebih besar. Dalam melakukan penyemprotan UAV-*Sprayer* akan lebih sering melakukan terbang maju kedepan (*cruise*), sedangkan untuk manuver (kanan atau kiri) hanya dilakukan sesekali/tidak terlalu sering. Hal tersebut juga dipengaruhi oleh bentuk lahan yang akan dilakukan penyemprotan. Sehingga pemberian *baffle* lebih efektif berada pada bidang xy karena dapat meredam *sloshing* lebih baik dibandingkan dengan *baffle* yang berada pada bidang yz. Untuk variasi desain *baffle* yang lebih efektif dalam meredam *sloshing* yaitu penampung dengan *baffle* desain 1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sanca, A.S.; Alsina, P.J.; J s de Jesus, F.C. Dynamic modelling of a quadrotor aerial vehicle with nonlinear inputs. In Proceedings of the 2008 IEEE Latin American Robotic Symposium, Salvador, Brazil, 29–30 October 2008; IEEE: Piscataway, NJ, USA, 2008; pp.143–148.
- [2] Ryll, M.; B lthoff, H.H.; Giordano, P.R. A novel overactuated quadrotor unmanned aerial vehicle: Modeling, control, and experimental validation. *IEEE Trans. Control Syst. Technol.* **2014**, *23*, 540–556.
- [3] Marino, S.; Alvino, A. Detection of Spatial and Temporal Variability of Wheat Cultivars by High-Resolution Vegetation Indices. *Agronomy* **2019**, *9*, 226.
- [4] Surov y, P.; Almeida Ribeiro, N.; Panagiotidis, D. Estimation of positions and heights from UAV-sensed imagery in tree plantations in agrosilvopastoral systems. *Int. J. Remote Sens.* **2018**, *39*, 4786–4800.
- [5] Cilia, C.; Panigada, C.; Rossini, M.; Meroni, M.; Busetto, L.; Amaducci, S.; Boschetti, M.; Picchi, V.; Colombo, R. Nitrogen Status Assessment for Variable Rate Fertilization in Maize through Hyperspectral Imagery. *Remote Sens.* **2014**, *6*, 6549–6565.
- [6] Zaman-Allah, M.; Vergara, O.; Araus, J.L.; Tarekegne, A.; Magorokosho, C.; Zarco-Tejada, P.J.; Hornero, A.; Alba, A.H.; Das, B.; Craufurd, P.; et al. Unmanned aerial platform-based multi-spectral imaging for field phenotyping of maize. *Plant Methods* **2015**, *11*, 35.
- [7] Chang, A.; Jung, J.; Maeda, M.M.; Landivar, J. Crop height monitoring with digital imagery from Unmanned Aerial System (UAS). *Comput. Electron. Agric.* **2017**, *141*, 232–237.
- [8] Honkavaara, E.; Kaivosoja, J.; M kynen, J.; Pellikka, I.; Pesonen, L.; Saari, H.; Salo, H.; Hakala, T.; Marklelin, L.; Rosnell, T. Hyperspectral reflectance signatures and point clouds for precision agriculture by light weight UAV imaging system. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci* **2012**, *7*, 353–358.
- [9] Pflanz, M.; Nordmeyer, H.; Schirrmann, M. Weed Mapping with UAS Imagery and a Bag of Visual Words Based Image Classifier. *Remote Sens.* **2018**, *10*, 1530.
- [10] Rasmussen, J.; Nielsen, J.; Garcia-Ruiz, F.; Christensen, S.; Streibig, J.C.; Lotz, B. Potential uses of small unmanned aircraft systems (UAS) in weed research. *Weed Res.* **2013**, *53*, 242–248.
- [11] Rahnemounfar, M.; Sheppard, C. Deep Count: Fruit Counting Based on Deep Simulated Learning. *Sensors* **2017**, *17*, 905.
- [12] Lou, Z.; Xin, F.; Han, X.; Lan, Y.; Duan, T.; Fu, W. Effect of Unmanned Aerial Vehicle Flight Height on Droplet Distribution, Drift and Control of Cotton Aphids and Spider Mites. *Agronomy* **2018**, *8*, 187.
- [13] Xiao, Q.; Xin, F.; Lou, Z.; Zhou, T.; Wang, G.; Han, X.; Lan, Y.; Fu, W.J.A. Effect of aviation spray adjuvants on defoliant droplet deposition and cotton defoliation efficacy sprayed by unmanned aerial vehicles. *Agronomy* **2019**, *9*, 217.
- [14] Liu, A.; Zhang, H.; Llao, C.; Zhang, Q.; Cenglin, X.; Juying, H.; Zhang, J.; Yan, H.; Li, J.; Xiwen, L.J.A.S. Technology, Effects of Supplementary Pollination by Single-rotor Agricultural Unmanned Aerial Vehicle in Hybrid Rice Seed Production. *Agric. Sci. Technol.* **2017**, *18*, 543–552.

- [16] Chen, S.; Lan, Y.; Li, J.; Xu, X.; Wang, Z.; Peng, B. Evaluation and test of effective spraying width of aerial spraying on plant protection UAV. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* **2017**, 33, 82–90.
- [17] Wang, C.; He, X.; Wang, X.; Wang, Z.; Pan, H.; He, Z. Testing method of spatial pesticide spraying deposition quality balance for unmanned aerial vehicle. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* **2016**, 32, 54–61.
- [18] Ahmed, S.; Qiu, B.; Ahmad, F.; Kong, C.-W.; Xin, H. A State-of-the-Art Analysis of Obstacle Avoidance Methods from the Perspective of an Agricultural Sprayer UAV's Operation Scenario. *Agronomy* **2021**, 11, 1069.
- [19] Ming, D. Study on the Equivalent Mechanical Model for Large Amplitude Slosh. *J. Astronaut.* **2016**, 37, 631.
- [20] JIYI K++ Flight Controller. 16 June 2021. Available online: <https://support.jiyuav.com/docs/skning/skning-1c8jtpfthji51> (accessed on 12 December 2021).