

PENENTUAN KELAS RESIKO DIDARAT MENGGUNAKAN METODOLOGI SORA (*SPECIFIC OPERATION RISK ASSEMENT*) PADA APLIKASI DRONE PENYIRAMAN TOPXGUN

Muchammad F.M¹, Kurniawan P.Y.², A. Syaefudin.³, Aditama T.⁴

^{1,2,3,4}National Air And Space Power Of Indonesia

^{1,2,3}Muchammadfurqon10@gmail.com;

⁴ikeo.santai@gmail.com.

Abstract — Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana sistem pengoperasian dengan menggunakan Sistem Pesawat Udara Nirawak (UAS) tunduk pada kepatuhan terhadap peraturan yang berlaku, persyaratan teknis, dan batasan operasional. Untuk mendapatkan persetujuan dari pihak berwenang, Badan Keselamatan Penerbangan Indonesia (DGCA) telah menetapkan dalam kerangka peraturan saat ini bahwa penilaian risiko keselamatan harus dilakukan untuk operasi Drone dalam kategori Khusus. Penilaian Risiko Operasional Khusus (SORA) adalah metodologi yang dikembangkan oleh JARUS (Otoritas Gabungan untuk Pembuatan Aturan tentang Sistem Nirawak) untuk melakukan penilaian risiko. Peraturan tersebut tercantun pada PKPS (peraturan keselamatan penerbangan Sipil) 107. Makalah ini menyajikan penerapan metodologi SORA untuk operasi Drone penyiraman yang dikembangkan dalam proyek Spraying Drone oleh PT. XYZ. Proyek ini mengembangkan sistem otonom untuk Penyiraman air dari udara dengan tim kecil Drone. Makalah ini membahas semua langkah dalam SORA, mengevaluasi risiko operasional, dan membahas tindakan mitigasi dalam sistem. Evaluasi positif dicapai untuk operasi yang diusulkan, yang akan memudahkan transfer teknologi untuk sistem Spraying Drone dan integrasinya di masa mendatang ke dalam operasi wilayah udara.

Kata Kunci: Keselamatan Penerbangan, Risiko Operasional Khusus, Penilaian Risiko Operasional Khusus, Spraying Drone, Evaluasi

Abstract — *This study aims to determine how the operating system using Unmanned Aircraft Systems (UAS) is subject to compliance with applicable regulations, technical requirements, and operational limitations. In order to obtain approval from the authorities, the Indonesian Aviation Safety Agency (DGCA) has stipulated in the current regulatory framework that a safety risk assessment must be carried out for Drone operations in the Special category. Special Operational Risk Assessment (SORA) is a methodology developed by JARUS (Joint Authority for Rulemaking on Unmanned Systems) to conduct risk assessments. The regulation is stated in PKPS (Civil Aviation Safety Regulation) 107. This paper presents the application of the SORA methodology for Drone watering operations developed in the Spraying Drone project by PT. XYZ. This project develops an autonomous system for Aerial Watering with a small Drone team. This paper discusses all steps in SORA, evaluates operational risks, and discusses mitigation measures in the system. A positive evaluation was achieved for the proposed operation, which will facilitate technology transfer for the Spraying Drone system and its future integration into airspace operations.*

Keywords: Aviation Safety, Special Operational Risk, Special Operational Risk Assessment, Spraying Drone, Evaluation.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sangat pesat di antaranya perkembangan teknologi salah satunya adalah pesawat terbang tanpa awak (PTTA)/Drone. TopXGun pertama kali didirikan pada tahun 2008 dan terdaftar secara resmi pada tahun 2015. Dengan lebih dari 10 tahun pengalaman dalam pengembangan dan pembuatan sistem kontrol penerbangan secara independen dari produksi UAV, TopXGun telah memperluas bisnisnya untuk menyediakan solusi bagi rangkaian lengkap dan sensor perifer, beban tugas presisi tinggi, aplikasi, perangkat lunak, dan sistem layanan cloud, yang semuanya telah banyak digunakan dalam perlindungan tanaman pertanian, patroli dan inspeksi daya, logistik, dan sebagainya. TopXGun memiliki kualifikasi termasuk High Technology Enterprise, ISO9001, ISO20000, ISO27001, dll. UAV kami telah lulus uji internasional seperti CE, FCC, ROHS, dan KC. Terlibat secara mendalam dalam perlindungan tanaman, TopXGun mematuhi standar militer, terus mengemban dan mengoptimalkan produk sesuai dengan kebutuhan petani yang sebenarnya, serta meningkatkan kualitas pelatihan drone perlindungan tanaman dan layanan purnajual. Secara umum drone dirancang khusus sesuai keperluan dan aktivitas, begitu pula dengan software yang digunakan sehingga lebih efisien, dibedakan menjadi dua jenis utama, drone sprayer yang khusus digunakan untuk penyiraman tanaman di areal yang luas, dan drone multispektral untuk keperluan monitoring lahan hingga kesehatan tanaman sebagai berikut: DJI Agras T10, T20, T30, T40; DJI Phantom 4 Multispektral, 4 RTK dan DJI Mavic 3 Multispektral. Dalam hal ini Drone dapat digunakan sesuai dengan keperluan dan kebutuhan penggunaannya, karena Drone merupakan sebuah pesawat kecil yang dapat membantu kegiatan manusia. Salah satu dari pengoperasian Drone

disini digunakan sebagai pesawat penyemprotan TOPxGun untuk mengaplikasikan pestisida ke tanaman.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode langsung melaksanakan kegiatan dan mengamati fenomena yang terjadi di lapangan serta hubungan sebab akibat yang terjadi karena adanya fungsi dari drone, yang digunakan sesuai dengan kebutuhan sehingga dapat mendukung kegiatan untuk:

- Menerapkan pestisida secara akurat dan efisien pada tanaman.
- Mengurangi risiko paparan pestisida terhadap manusia dan lingkungan.
- Meningkatkan efisiensi dan produktivitas produksi tanaman.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. SPUTA (Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak) yang akan digunakan adalah drone penyemprotan TOPxGun F16. Drone ini dirancang khusus untuk aplikasi pertanian dan dilengkapi dengan sistem penyemprotan yang presisi. Drone ini mampu membawa muatan hingga 10 liter pestisida dan dapat menyemprot ladang hingga 1 hektar dalam satu kali operasi. Drone ini akan dioperasikan di berbagai lingkungan penerbangan, termasuk lapangan terbuka, tanaman padi, tanaman tebu. Drone akan dioperasikan sesuai dengan peraturan yang berlaku, termasuk peraturan SORA. Drone akan dioperasikan oleh pilot terlatih yang akan mengikuti serangkaian prosedur operasional. Prosedur-prosedur ini akan memastikan bahwa operasi dilakukan dengan aman dan efisien. Kaidah Pengoperasian Drone ini adalah VLOS (*visual line of sight*), yaitu visual observer melihat langsung dronanya tanpa melalui GCS (*ground*

control station) prosedur operasi akan mencakup hal-hal sebagai berikut:

- Pemeriksaan pra-penerbangan
- Perencanaan penerbangan
- Operasi dalam penerbangan
- Prosedur pasca-penerbangan
- Mitigasi Keselamatan
- Dan prosedur-prosedur yang terkait.

Mitigasi keselamatan berikut ini akan diterapkan untuk memastikan pengoperasian drone yang aman sebagai berikut:

- Drone akan dilengkapi dengan sistem penghindaran tabrakan.
- Drone akan dioperasikan dalam garis pandang yang jelas.
- Drone tidak akan dioperasikan di area yang terdapat orang atau hewan.
- Drone akan dioperasikan sesuai dengan semua peraturan yang berlaku.
- Kepatuhan terhadap TKO (Tindakan Keamanan Objektif).

Pengoperasian akan mematuhi Tujuan Keselamatan Operasional (TKO) berikut ini:

- TKO-1: Operasi akan dilakukan dengan cara yang aman yang meminimalkan risiko bahaya terhadap orang dan properti.
- TKO-2: Operasi akan dilakukan dengan cara yang meminimalkan dampak lingkungan.
- TKO-3: Operasi akan dilakukan dengan cara yang meminimalkan risiko gangguan terhadap pengguna ruang udara lainnya.

Diskripsi Umum Dronenya TopXGun f16 akan terbang dengan kecepatan 4m/s (10.8 km/jam) selama tugas misi yang umum dan maksimum 20 m/s or 72 km/h . Berat lepas landas, termasuk muatan tipikal 37.1 KG) (MTOW).

3.2. Dimesnsi SPUTA TOPXGUN F16

- Tidak terlipat: 1357 x 1357 x 610mm
- Dilipat: 771 x 756 x 575mm

- Drone ini memiliki Airframe 1357mm dan tinggi 610mm saat dibuka.
- Apabila dilipat, drone memiliki lebar 771mm, panjang 756mm, dan tinggi 575mm
- Kecepatan rotor mencapai 240 m/s
- Berat setiap Propeler adalah 0.4 Kg ada 4 dengan total 1.6 kg
- Berat SPUTA kosong Tanpa Battery 24.1 Kg
- Berat batre 5.1 Kg
- Berat maximum payload 8 Kg / 10 L

3.3. Spesifikasi secara mendetail SPUTA TOPxGUN F16

Spec	parameter
Package	
Package size	Package size 883*883*700mm
Net weight	16.1Kg
Gross weight	24.0Kg
Frame	
Wheelbase	1790mm
Arm length	786mm (front) ; 768mm (rear)
Outlook size	1357*1357*610mm (unfold state) 771*756*575mm (fold state)
Unflod propeller	
Material	Polymer + carbon fiber
Diameter	36 inch
Pitch	11.5 inch
Commonly used pull/ speed	9kg/2100RPM (20°C below)
Weight	302g
Spray system	
Tank	
Capacity	16L
Payload	16Kg
Battery install position	245*200*135mm
Nozzles	
Model	110015VS
Qty	4个
Max spray rate	2700ml/min (use 110015VS)
Spray width	4.0-6.5
Recommand spray height	2m wth the plant
Atomized particle size	110015VS : 170 - 265µm
Radar system	
Terrain radar	
Modern	FMCW
Frequency	76GHz~77GHz
Waterproof	IP67
Height range	1-20m
Detect accuracy	0.1m
Avoidance sensor	
Detect range	1-20m
Usage condition	Except attitude mode, filigt height > 1.5m and speed < 6m/s ;
Safe distance	4.5m
Avoidance direction	Front and rear
Waterproof	IP67
FPV camera	
FOV	Horizontal 102°, vertical 57°
The resolution of the	720P

Degree of illumination of the supplementary light	15lux@5m directly
Power of supplementary light lamp	6W
Flight parameter	
Drone weight without	13.8kg
Take off weight	37.1kg
Hoverprecision GNSS signal good)	Horizontal ± 1.0m, vertical ± 0.5 m
	horizontal ± 10 cm, vertical ± 10 cm (with RTK)
	vertical ± 0.1m (with terrain radar)
Hover time*	>10min (full payload)
	>20min (without payload)
* Hover time is measured near sea level, wind speed is less than 3m/s, and ambient temperature is 25°C.	
Max flight speed	10m/s
Max sea height	2000m
Recommand work temperature	0~40°C
battery (TB1416)	
Voltage	51.8V
Discharge power	15C
Protection	IP64
Life time	300 menit
Capacity	16000mAh
Weight	5.65kg
Package size	295*275*320mm



Figure 1: Tampilan SPUTA

3.4. Perhitungan Resiko didarat SPUTA

$$E_{kin total} = E_{kin Rotor} + E_{kin Helicopter}$$

$$dimana E = \frac{1}{2}mv^2$$

E-Kinematic of the rotor:

	$V_{max} = 240 \text{ m/s}$
$m_{Norm} = 1.6 \text{ kg}$	0.046kJ

Table 2.1 - Kinetic energy of the rotor blades at nominal speed

E-Kinematic in total:

	$V_{cruise} = 10 \text{ m/s}$	$V_{cruise max} = 20 \text{ m/s}$
$m_{Empty tank} = 24.1 \text{ kg}$	1.205kJ	4.820 J
$M_{MTOM} = 37.1 \text{ kg}$	1.8 KJ	7.42 J

Table 2.2 - Kinetic energy at different speed and in function of the total mass of the UAS

Rincian tentang perhitungan energi di berikan dalam dokumen "Perhitungan Energi Kinetik untuk SORA – TopxGUN

F16". Total energi kinematik yang dihitung maximal **(0.046 KJ+ 7.42 KJ) = 7.486 KJ** . Energi kinetic bisa pada normal operasi adalah $0.046+ 1.8 = 1.846 \text{ KJ}$. CONOPS ini telah menguraikan operasi yang di maksudkan dari drone penyemprotan TOPxGun. Pengoperasian akan dilakukan dengan cara yang aman, patuh sesuai dengan semua peraturan yang berlaku dan tertera pada OM-A (Operation Manual Tipe A). Tempat dilaksanakannya Operasi SPUTA penyiraman ini terletak di kota Mojokerto dengan titik koordinat: $7^{\circ} 29' 20.28'' \text{ S } 112^{\circ} 29' 58.27''$



Figure 2 : Teletak pada $7^{\circ} 29' 20.28'' \text{ S } 112^{\circ} 29' 58.27''$ (misalnya, tangkapan layar citra satelit atau tangkapan layar file di ambil dari google earth *.kml)

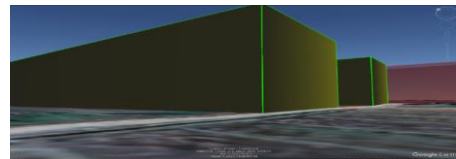


Figure 3 : Teletak pada $7^{\circ} 29' 20.28'' \text{ S } 112^{\circ} 29' 58.27''$ (misalnya, tangkapan layar citra satelit atau tangkapan layar file di ambil dari google earth *.kml)

Risk Buffer atau penyangga resiko ditentukan dari perhitungan dengan pendekatan energi balistik yang disederhanakan. Hasil dari pendekatan tersebut diatas dapat dilihat pada Tinjauan Energi SPUKTA. Mengacu grafik hasil perhitungan energi balistik maka ditentukan jarak perimeter buffer zone dari area penerbangan adalah minimal 10 meter pada ketinggian 10 meter. Kondisi ini dapat diperiksa pemenuhannya dalam tahap perencanaan penerbangan sebagaimana tertuang pada OM-B (operation Manual tipe-B), OM-C (operation Manual tipe C) dan dicatat dalam form site survey, kegagalan sistem (kegagalan seperti: flight control fail, sistem rotor, kehilangan daya total atau hilangnya

seluruh autopilot pada unit Drone Light Show akan menyebabkan Air frame jatuh langsung ke bawah. Kondisi ini sudah disiapkan sesuai dengan protocol OM-B dan mitigasi yang sudah disiapkan.

3.5. Penentuan KRD (Kelas Resiko Darat)

- Karakter dan dimensi SPKUTA masuk dalam kategori ">3m" tipe energi kinetic yang diperhitungkan masuk dalam kategori "<34J"
- Scenario operasi dikategorikan dalam scenario VLOS diatas area Kontrol Area Informasi dari beberapa tinjauan diatas dapat disimpulkan sesuai tabel bahwa nilai instrinsik Kelas Resiko Darat adalah **KRD-2**

Intrinsic UAS Ground Risk Class (komponen penyusun kelas resiko PLUTA di darat)				
Max UA characteristic dimension Maximum karakter dan dimensi PLUTA	1m approx. 3ft	3m / approx. 10ft	8m / approx. 25ft	>8m / approx. 25ft
Typical kinetic energy expected Tipe energi kinetic yang di proyeksikan	<700 J (approx. 529 Ft Lb)	<31 kJ (approx. 25000 Ft Lb)	<1000 kJ (approx. 80000 Ft Lb)	>1000 kJ (approx. 80000 Ft Lb)
Operational scenarios				
VLOS/BVLOS over controlled ground area VLOS/BVLOS diatas area terkontrol	1	2	3	4
VLOS in sparsely populated environment VLOS di lingkungan pemukiman yang tersebar	2	3	4	5
BVLOS in sparsely populated environment BVLOS di lingkungan pemukiman yang tersebar	3	4	5	6
VLOS in populated environment VLOS di lingkungan padat penduduk	4	5	6	8
BVLOS in populated environment BVLOS di lingkungan padat penduduk	5	6	8	10
VLOS over gathering of people VLOS di atas kumunan orang	7			
BVLOS over gathering of people BVLOS di atas kumunan orang	8			

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

- Penilaian Risiko yang Akurat: Mengidentifikasi potensi bahaya, dengan mengkategorikan risiko di darat, dapat menentukan bahaya tertentu seperti kepadatan penduduk, area sensitif, dan rintangan.
- Mengukur tingkat risiko: Kelas risiko di darat membantu menetapkan nilai numerik pada potensi risiko, sehingga memungkinkan penilaian yang lebih tepat.
- Langkah-Langkah Mitigasi yang Efektif: Protokol keselamatan yang disesuaikan, memahami kelas risiko di darat memungkinkan untuk menerapkan langkah-langkah keselamatan yang tepat. Misalnya,

area berisiko tinggi mungkin memerlukan tindakan pencegahan tambahan seperti zona larangan terbang atau pelatihan operator yang lebih intensif.

- Mengoptimalkan jalur penerbangan: dapat merancang jalur penerbangan yang meminimalkan paparan ke area berisiko tinggi.
- Kepatuhan dan Pertimbangan Hukum: Banyak yurisdiksi memiliki pedoman khusus untuk operasi drone berdasar risiko di darat. Mematuhi peraturan ini penting untuk operasi yang legal. Demonstrasi manajemen risiko: SORA yang dilakukan dengan baik, termasuk penilaian risiko di darat, menunjukkan pendekatan proaktif terhadap keselamatan dan manajemen risiko.
- Asuransi dan Kewajiban: Mitigasi risiko: Penilaian risiko di darat yang akurat dapat membantu mengurangi premi asuransi atau memenuhi syarat untuk pertanggungjawaban tertentu. Perlindungan hukum: Jika terjadi kecelakaan, SORA yang menyeluruh dapat digunakan sebagai bukti uji tuntas.
- Intinya, menentukan kelas risiko di darat sangat penting untuk memastikan pengoperasian drone yang aman dan bertanggung jawab untuk tujuan penyemprotan. Dengan menilai dan mengurangi risiko secara akurat, Anda melindungi orang, properti, dan lingkungan sekaligus mematuhi persyaratan peraturan PKPS 107.

5. REFERENSI

- [1] A. Ollero, G. Heredia, A. Franchi, G. Antonelli, K. Kondak, A. Sanfeliu, A. Viguria, J. R. Martinez-de Dios, F.

- Pierri, J. Cortes, A. Santamaria-Navarro, M. A. Trujillo Soto, R. Balachandran, J. Andrade-Cetto, and A. Rodriguez, "The aeroarms project: Aerial robots with advanced manipulation capabilities for inspection and maintenance," *IEEE Robotics Automation Magazine*, vol. 25, no. 4, pp. 12–23, Dec 2018.
- [2] A. Torres-Gonzalez, J. Capitán, R. Cunha, A. Ollero, and I. Mademlis, "A Multidrone Approach for Autonomous Cinematography Planning," in *Robot 2017: Third Iberian Robotics Conference*, ser. Advances in Intelligent Systems and Computing, A. Ollero, A. Sanfeliu, L. Montano, N. Lau, and C. Cardeira, Eds., vol. 693. Springer International Publishing, 2017, pp. 337–349. [Online]. Available: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-70833-1_28
- [3] A. Mc Fadyen and T. Martin, "Terminal airspace modelling for unmanned aircraft systems integration," in *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, June 2016, pp. 789–794.
- [4] A. L. Cour-Harbo, "The Value of Step-by-Step Risk Assessment for Unmanned Aircraft," *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, pp. 149–157, 2018.
- [5] "Authorization of drone flights in Switzerland," *Federal Office of Civil Aviation (FOCA), Tech. Rep.*, 2017.
- [6] European Aviation Safety Agency (EASA), "Concept of Operations for Drones: A risk based approach to regulation of unmanned aircraft," *EASA document library*, pp. 1–10, 2015.
- [7] EASA, "Advance Notice of Proposed Amendment 2015-10: Introduction of a regulatory framework for the operation of drones," *EASA document library, Tech. Rep.*, 2015.
- [8] European Aviation Safety Agency (EASA), "NPA 2017-05 (B) Introduction of a regulatory framework for the operation of drones Unmanned aircraft system operations in the open and specific category," *EASA document library*, vol. 05, no. 1, pp. 1–128, 2017.
- [9] E. Ancel, F. M. Capristan, J. V. Foster, and R. C. Condotta, "Realtime Risk Assessment Framework for Unmanned Aircraft System (UAS) Traffic Management (UTM)," *17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference*, pp. 1–17, 2017.
- [10] European Aviation Safety Agency (EASA), "UAS workshop on Standard Scenarios," <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/news/uas-workshop-2018-standard-scenarios>, 2018.
- [11] E. Denney and G. Pai, "Architecting a safety case for UAS flight operations," in *34th International System Safety Conference*, 2016.
- [12] I. Mademlis, V. Mygdalis, N. Nikolaidis, M. Montagnuolo, F. Negro, A. Messina, and I. Pitas, "High-level multiple-uav cinematography tools for covering outdoor events," *IEEE Transactions on Broadcasting*, pp. 1–9, 2019.
- [13] J. Capitan, L. Merino, and A. Ollero, "Cooperative decision-making under uncertainties for multi-target surveillance with multiples uavs," *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 84, no. 1, pp.371–386, 2016. [Online]. Available:

<http://dx.doi.org/10.1007/s10846015-0269-0>

- [14] JARUS, "JARUS *guidelines on Specific Operations Risk Assessment (SORA)*," *JARUS publications*, 2018.
- [15] K. Dorling, J. Heinrichs, G. G. Messier, and S. Magierowski, "Vehicle routing problems for drone delivery," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, vol. 47, no. 1, pp. 70–85, Jan 2017.
- [16] M. Johnson, J. Jung, J. Rios, J. Mercer, J. Homola, T. Prevot, D. Mulfinger, and P. Kopardekar, "Flight Test Evaluation of an Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept for Multiple Beyond-Visual-Line-of-Sight Operations," *Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar*, 2017.
- [17] P. Kopardekar, J. Rios, T. Prevot, J. M, J. J, and R. J, "Unmanned Aircraft System Traffic Management (UTM) Concept of Operations," *Aviation Technology, Integration, and Operation Conference AIAA Aviation*, 2016.
- [18] R. B. Ferreira, D. M. Baum, E. C. P. Neto, M. R. Martins, J. R. Almeida, P. S. Cugnasca, and J. B. Camargo, "A Risk Analysis of Unmanned Aircraft Systems (UAS) Integration into non-Segregate Airspace," *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, pp. 42–51, 2018.
- [19] R. A. Clothier, B. P. Williams, and N. L. Fulton, "Structuring the safety case for unmanned aircraft system operations in non-segregated airspace," *Safety Science*, vol. 79, pp. 213 – 228, 2015. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753515001496>
- [20] "RPAS in *Switzerland Rules and Integration*," *Federal Office of Civil Aviation (FOCA)*, Tech. Rep., 2015.
- [21] T. Martin, Z. F. Huang, and A. McFadyen, "Airspace risk management for uavs a framework for optimising detector performance standards and airspace traffic using jarus sora," in *IEEE/AIAA37th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*, Sep. 2018.