

**PENERAPAN PITA FREKUENSI KHUSUS UNTUK LSU: KAJIAN
DARI SISI REGULASI ALOKASI SPEKTRUM FREKUENSI**
***IMPLEMENTATION OF SPECIFIC FREQUENCY BANDS FOR LSU: A REVIEW OF THE
FREQUENCY SPECTRUM ALLOCATION REGULATION***

Sunar, Iwan Nofi Yono P, Gunawan S.P
Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional-LAPAN
sunar@lapan.go.id

Abstrak

LAPAN *Surveillance Unmanned Aerial Vehicle* (LSU) merupakan salah satu kategori *Unmanned Aircraft System* (UAS), saat ini menggunakan alokasi spektrum frekuensi di *band* 902 - 928 MHz untuk komunikasi telemetri dan di 2,4 GHz untuk komunikasi radio kontrol yang keduanya sudah tidak relevan lagi diterapkan karena berpotensi diinterferensi oleh komunikasi GSM dan WiFi. Penerapan alokasi spektrum frekuensi khusus untuk LSU sudah saatnya diperlukan. Penelitian ini dimaksudkan untuk kajian kelayakan penerapan frekuensi dengan rentang 5030 - 5091 MHz yang merupakan hasil rekomendasi ITU-R berdasarkan hasil pertemuan WRC-12 dan WRC-15 dan disesuaikan dengan peraturan pemerintah Indonesia. Analisis regulasi dilakukan pada penggunaan dan perizinan frekuensi dari undang-undang telekomunikasi, peraturan Kementerian Komunikasi dan Informatika (Kominfo) dan pada regulasi pengendalian operasi serta keselamatan penerbangan sipil dari peraturan menteri perhubungan. Analisis dilakukan secara *deskriptif* dengan mengolah data literatur yang didapat. Hasil kajian menunjukkan bahwa LSU masuk ke klasifikasi *small* UAS dengan berat lebih dari 55 lbs (25 Kg) yang harus mengikuti regulasi ketentuan pengendalian pengoperasian sistem pesawat udara tanpa awak di ruang udara yang dilayani Indonesia dan CASR part 107 tentang keselamatan penerbangan sipil. Untuk jalur komunikasi telemetri dan *command* ketika menggunakan pita frekuensi 2,4 GHz atau 5,8 GHz diharuskan mengikuti regulasi persyaratan teknis alat dan perangkat telekomunikasi jarak dekat/ *short range devices* (SRD) dan persyaratan teknis alat dan perangkat telekomunikasi yang beroperasi pada pita frekuensi radio 2,4 GHz dan/atau pita frekuensi radio 5,8 GHz dengan kategori izin kelas. Untuk pengembangan dengan jalur pita frekuensi khusus pada *drone* telah disediakan dan ditelaah regulasi terkait peraturan alokasi spektrum frekuensi khusus untuk UAS dari ITU-R dengan WRC-12 dan WRC-15 dan sudah diadopsi menjadi regulasi Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia (TASFRI), tinggal ditindaklanjuti dengan pengembangan *hardware* radio yang sesuai untuk diaplikasikan ke LSU.

Kata kunci: alokasi spektrum frekuensi, regulasi frekuensi, UAS, LSU.

Abstract

LAPAN *Surveillance Unmanned Aerial Vehicle* (LSU) is one of the categories of *Unmanned Aircraft System* (UAS), currently uses frequency spectrum allocation in bands 902 - 928 MHz for telemetry and command communications and at 2.4 GHz for radio control communications both of which are no longer applicable because it is potentially interfered by GSM and Wi-Fi communications. The implementation of a dedicated frequency spectrum allocation for LSU has been to be needed. This research is intended for feasibility study of frequency implementation with range 5030 - 5091 MHz result of ITU - R recommendation based on result of WRC - 12 and WRC - 15 meetings and adjusted with Indonesian government regulation. Regulatory analysis is carried out on the use and frequency licensing from the telecommunications law, the ministry of communications and informatics (Kominfo) regulation and on the regulation of UAS operation control and the civil aviation safety regulation from the ministry of transportation. The analysis was done descriptively by processing the obtained literature data. The results of the study indicate that the LSU belongs to the small UAS classification weighing more than 55 lbs (25 Kg) which must follow the provisions on the control of operation of *Unmanned Aircraft* systems in air space serviced by Indonesia and CASR Part 107 about civil aviation safety regulation. For telemetry and command link communications if using the 2.4 GHz or 5.8 GHz frequency band must follow the regulations of the technical requirements of short range devices (SRD) and the

technical requirements of telecommunication tools and devices operating under radio frequency bands 2.4 GHz and / or 5.8 GHz radio frequency bands with class permission categories. For development with special frequency bands for drones were available and reviewed regulations concerning the regulation of specific frequency spectrum allocation for UAS already exists from the ITU-R with WRC-12 and WRC-15 results meeting that already adopted into the regulation Table Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia (TASFRI), to be followed up with the development of appropriate radio hardware to be applied to LSU.

Keywords: spectrum frequency allocation, frequency regulation, UAS, LSU.

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya drone atau UAS menggunakan jalur spektrum frekuensi di band 2,4 GHz (tanpa memerlukan izin- *unlicense regulated*) dengan sistem modulasi *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS). FHSS digunakan untuk memaksimalkan kontrol jarak jangkauan dengan sinyal radio yang kuat (*robust*) karena tahan interferensi. Selain itu juga bisa menggunakan WiFi dengan modulasi *Orthogonal Frequency-Division Multiplexing* (OFDM) baik pada band 2,4 GHz atau 5,8 GHz. Keuntungan penggunaan WiFi adalah pesawat UAV dapat dikendalikan melalui *smartphone* atau tablet tanpa perlu menggunakan radio kontrol terpisah, namun kerugiannya adalah keterbatasan jarak dan sensitivitas terhadap perangkat lainnya yang menggunakan band Wi-Fi juga[11].

The International Civil Aviation Organization (ICAO) memutuskan bahwa jalur komunikasi kontrol dan *non-payload* (CNPC- *control and non-payload communication*) yang sering disebut jalur komunikasi *Command, Control and ATC Communication*, harus beroperasi di atas spektrum radio yang dilindungi. Spektrum radio ini dialokasikan melalui *International Telecommunications Union Radio Communication Sector* (ITU-R). ITU-R telah menghitung persyaratan kebutuhan lebar pita sistem UAS sebesar 34 MHz untuk jalur *LOS-Line of Sight* CNPC dan 56 MHz untuk jalur komunikasi *BLOS-Beyond Line of Sight* via *satellite* CNPC[3].

Tabel 1. Alokasi Frekuensi Selular saat ini di Indonesia

NO	PERUSAHAAN	JENIS LISENSI	TEKNOLOGI	FREKUENSI UPLINK (MHZ)	FREKUENSI DOWNLINK (MHZ)	BANDWIDTH (MHZ)	CAKUPAN LISENSI
1	Sampoerna Telekomunikasi Indonesia	STBS (Mobile)	CDMA	450 - 457.5	460 - 467.5	15	Nasional
2	Mobile-8	STBS (Mobile), FWA	CDMA	835 - 845 Kanal 384, 425, 466, 507	880 - 890 Kanal 384, 425, 466, 507	7	Nasional
3	Bakrie Telecom	FWA	CDMA	825 - 830 Kanal 37, 78, 119 dan 1019	870 - 875 Kanal 37, 78, 119 dan 1019	13	Jawa Barat, DKI Jakarta dan Banten
				830 - 835 Kanal 201, 242, 283	875 - 880 Kanal 201, 242, 283	10	Daerah selain Jawa Barat, DKI, Banten
4	Telkom (Flexi)	FWA	CDMA	830 - 835 Kanal 201, 242, 283	875 - 880 Kanal 201, 242, 283	10	Jawa Barat, DKI Jakarta dan Banten
				825 - 830 Kanal 37, 78, 119 dan 1019	870 - 875 Kanal 37, 78, 119 dan 1019	13	Daerah selain Jawa Barat, DKI, Banten
5	Indosat (Starone)	FWA	CDMA	835 - 845 Kanal 589, 630	880 - 890 Kanal 589, 630	3	Nasional
6	Sinar Mas Telecom (SMART) d/h Primasel - WIN	STBS (Mobile)	CDMA	1903.75 - 1910	1983.5 - 1990	15	Nasional
7	Indosat	STBS (Mobile)	GSM	890 - 900	935 - 945	20	Nasional
		STBS (Mobile)	GSM	1717.5 - 1722.5	1812.5 - 1817.5	10	Nasional
		STBS (Mobile)	GSM	1750 - 1765	1845 - 1860	30	Nasional
		STBS (Mobile)	UMTS	1950 - 1955	2140 - 2145	10	Nasional
		STBS (Mobile)	UMTS	1955 - 1960	2145 - 2150	10	Nasional
8	Telkomsel	STBS (Mobile)	GSM	900 - 907.5	945 - 952.5	15	Nasional
		STBS (Mobile)	GSM	1722.5 - 1730	1817.5 - 1825	15	Nasional
		STBS (Mobile)	GSM	1745 - 1750	1840 - 1845	10	Nasional
		STBS (Mobile)	GSM	1765 - 1775	1860 - 1870	20	Nasional
		STBS (Mobile)	UMTS	1940 - 1945	2130 - 2135	10	Nasional
		STBS (Mobile)	UMTS	1935 - 1940	2125 - 2130	10	Nasional
9	Excelkomindo Pratama	STBS (Mobile)	GSM	907.5 - 915	952.5 - 960	15	Nasional
		STBS (Mobile)	GSM	1710 - 1717.5	1805 - 1812.5	15	Nasional
		STBS (Mobile)	UMTS	1945 - 1950	2135 - 2140	10	Nasional
10	NTS Axis	STBS (Mobile)	GSM	1730 - 1745	1825 - 1840	30	Nasional
		STBS (Mobile)	UMTS	1930 - 1935	2120 - 2125	10	Nasional
11	Hutchison CPC	STBS (Mobile)	GSM	1775 - 1785	1870 - 1880	20	Nasional
		STBS (Mobile)	UMTS	1920 - 1925	2110 - 2115	20	Nasional

Saat ini LSU LAPAN menggunakan komunikasi telemetri dan *command* dengan perangkat radio X-Tend yang bekerja di alokasi pita frekuensi 902-928 MHz[1], di mana rentang frekuensi ini juga merupakan frekuensi yang telah dialokasikan oleh pemerintah untuk operator telekomunikasi Telkomsel GSM di 900-907,5 MHz dan Excelcomindo Pratama GSM di 907.5-915 MHz[12] sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1. Hal ini sebenarnya sudah tidak relevan lagi diterapkan karena rentang frekuensi ini berpotensi terinterferensi oleh komunikasi GSM. Pengujian terbang LSU sudah pernah terjadi beberapa kali *lost control* akibat diinterferensi oleh frekuensi operator di Pamengpeuk, Garut. Oleh karena itu diperlukan kajian dan implementasi alokasi frekuensi khusus untuk LSU untuk kehandalan sistem komunikasi agar terhindar interferensi dan sesuai dengan regulasi yang ada. Kedepannya bisa dijadikan rujukan bagi semua pemain UAS nasional agar mengikutinya dan lebih terpenting lagi adalah demi keselamatan pengoperasian UAS secara nasional. Jalur sistem komunikasi *remote control* yang digunakan oleh LSU di frekuensi 2,4 GHz.

2. REGULASI-REGULASI ALOKASI FREKUENSI UAV

Penelitian ini dilakukan dengan metode pendekatan studi literatur dari berbagai sumber yang terkait dengan regulasi pengoperasian dan alokasi frekuensi untuk UAS. Diberikan contoh regulasi pengoperasian UAS di negara Singapura. Analisis dilakukan dengan teknik deskriptif dengan mengolah segala bentuk data literatur yang diperoleh.

2.1. LAPAN Surveillance UAV (LSU)

LSU adalah produk pengembangan pesawat tanpa awak Pusat Teknologi Penerbangan yang didesain sebagai sarana pembelajaran yang praktis mengenai teknologi pesawat terbang, sekaligus mengembangkan teknologi UAV untuk berbagai Misi[4]. Varian LSU terdiri dari LSU-01, LSU-02, LSU-04 dan LSU-05, namun yang sering beroperasi melakukan misi pemetaan dan *surveillance* adalah LSU-01, LSU-02 dan LSU-03. Berat maksimum *takeoff* (MTOW) berturut-turut adalah 2 kg untuk LSU-01, 25 kg untuk LSU-02 dan 30 kg untuk LSU-03. Sebagai contoh spesifikasi umum LSU-03 ditunjukkan pada Tabel 2. Contoh wujud LSU-02 pada Gambar 1.

Tabel 2. Spesifikasi umum LSU-03 (sumber: Datasheet LSU-03 v1.0, Pustekbang)

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>
<i>MTOW</i>	30 kg
<i>Empty Weight (excl fuel and payload)</i>	20 kg
<i>Payload Capacity</i>	5 kg
<i>Fuel Capacity</i>	5 kg
<i>Wing Span</i>	3.5 m
<i>Length</i>	2.53 m
<i>Wing Area</i>	1.27 m ²
<i>Powerplant</i>	4 hp
<i>Max Payload</i>	5 kg
<i>Takeoff method</i>	Runway, Catapult Launcher (optional),



Gambar 1. Wujud LSU-02 dengan antenna radio komunikasi telemetri dan *command*[14]

2.2. Definisi dan Klasifikasi UAS

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) umumnya dikenal sebagai *drone* adalah pesawat tanpa *pilot* yang mengawaki di dalamnya (*on board*), tetapi dikendalikan dari darat. UAV kadang juga disebut *Unmanned Aircraft* (UA) adalah salah satu komponen dari sistem pesawat tanpa awak (UAS-*Unmanned Aircraft System*), selain sistem kontrol dari darat (GCS-*Ground Control System*) dan sistem komunikasi di antara keduanya. Istilah UAS diadopsi oleh Departemen Pertahanan (DoD) dan *Federal Aviation Administration* (FAA) USA di dokumen *Unmanned Aircraft System Roadmap 2005-2030*[5]. Dalam istilah Indonesia *Drone/UAV/UAS* sering disebut sebagai Pesawat Udara Tanpa Awak yang didefinisikan sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh penerbang (pilot) atau mampu mengendalikan dirinya sendiri dengan menggunakan hukum aerodinamika [8]. Penggunaan istilah *drone* sangat populer di Indonesia yang ditujukan untuk UAV kecil dalam kategori *personal drone*, *drone for hobbyist*, *commercial drone* dan *drone-based photography*. Klasifikasi sistem UAS berdasarkan beratnya (MTOW-*Maximum Takeoff Weight*) diperlihatkan pada Tabel 3. Terlihat dari Tabel 3, LSU-02 dan LSU-03 masuk ke kategori *Small UAS*.

Tabel 3. Klasifikasi UAS [6]

Category	MTOW (kg)	Ketinggian Operasi Normal	Jarak Radius Misi	Endurance	Ketinggian	Misi Pekerjaan	Tipikal Penggunaan
Micro	< 2	s.d 60 m AGL (200ft)	5 km (LoS)	Beberapa jam	Sangat rendah	Peleton Taktis (operator tunggal)	Pengintaian, inspeksi, pengawasan (surveillance)
Mini	2-20	s.d 915 m AGL (3000ft)	25 km (LoS)	Hingga 2 hari	Rendah	Sub-unit Taktis	Surveillance, pengumpulan data
Kecil (Small)	20 - 150	s.d 1.524 m AGL (5000ft)	50 km (LoS)	Hingga 2 hari	Rendah	Unit Taktis (menggunakan sistem peluncur/launcher)	Surveillance, pengumpulan data
Tactical	150-600	s.d 3.050 m AGL(10,000ft)	200 km (LoS)	Hingga 2 hari	Rendah	Formasi Taktis	Surveillance, pengumpulan data
MALE	> 600	s.d 13.720 m AGL (45,000ft)	Unlimited (BLoS)	Beberapa hari/minggu	Menengah	Operasional/teater	Surveillance, transportasi kargo
HALE		s.d 19.810 m AGL (65,000ft)			Tinggi	Strategis/Nasional	Surveillance, pengumpulan data, relay sinyal
Strike Combat							

catatan: AGL- Above Ground Level

2.3 Regulasi Alokasi Spektrum Frekuensi dan Pengoperasian UAV

2.3.1. ITU, WRC-12 dan WRC-15

International Telecommunication Union (ITU) adalah badan khusus PBB yang bertanggung jawab untuk fokus dan konsentrasi pada permasalahan teknologi informasi dan komunikasi. ITU terdiri dari 3 sektor yang masing-masing mengelola dari sisi aspek yang berbeda masalah-masalah yang ditangani ITU. Sektor-sektor tersebut adalah:

1. *Radiocommunication* (ITU-R), mengelola sumber daya spektrum frekuensi radio internasional dan orbit satelit.
2. *Standardization* (ITU-T), bertugas menstandarisasi telekomunikasi global (kecuali untuk radio).
3. *Development* (ITU-D), bertugas membantu menyebarkan akses yang adil, berkelanjutan dan terjangkau terhadap teknologi informasi dan komunikasi.

ITU-R telah melakukan konferensi (WRC-*World Radiocommunication Conference*) dan menghasilkan beberapa keputusan yang dituangkan dalam agenda-agenda yang terkait dengan pengelolaan alokasi frekuensi (WRC-12 dan WRC-15).

WRC-12 agenda 1.3 menyatakan:

Issues: *to consider spectrum requirements and possible regulatory actions, including allocations, in order to support the safe operation of unmanned aircraft systems (UAS), based on the results of ITU-R studies, in accordance with Resolution 421 (WRC-07)[16];*

Resolution 421 (WRC-07): *Consideration of appropriate regulatory provisions for the operation of unmanned aircraft systems. invites ITU-R*

1. *to conduct, in time for WRC-15, the necessary studies leading to technical, regulatory and operational recommendations to the Conference, enabling that Conference to decide on the usage of fixed-satellite service (FSS) for the CNPC links for the operation of UAS*

2. *to include, in the studies referred to in invites 1, sharing and compatibility studies with services already having allocations in those bands*

3. *to take into account information from operations referred to in considering e) (current UAS operations using FSS frequency allocations under RR No. 4.4)*

WRC-12 outcome, 5030 – 5091 MHz available for both LOS and BLOS Aeronautical mobile (R) service-AM(R)S & Aeronautical mobile satellite (R) service-AMS(R)S.

Still considerable interest in additional BLOS allocations by means of FSS spectrum in WRC-15 Agenda Item 1.5.

WRC-15 agenda 1.5 menyatakan[3]:

To consider the use of frequency bands allocated to the fixed-satellite service not subject to Appendices 30, 30A and 30B for the control and non-payload communications of unmanned aircraft systems (UAS) in non segregated airspaces, in accordance with Resolution 153 (WRC-12). Resolution 153 (WRC-12):

To consider the use of frequency bands allocated to the fixed-satellite service not subject to Appendices 30, 30A and 30B for the control and non-payload communications of unmanned aircraft systems in non-segregated airspaces. The maximum amount of spectrum required for UAS (according Reports ITU-R M.2171) are[15]:

- 34 MHz identified for UAS line of sight (LOS) command & control communications
- 56 MHz identified for UAS beyond line of sight (BLOS) (satellite)

Inti dari rekomendasi ITU-R ini adalah perlunya dipertimbangkan penetapan regulasi yang memungkinkan dalam mendukung pengoperasian sistem UAS secara aman termasuk alokasi frekuensi berdasarkan resolusi 421 (WRC 07) hasil studi ITU-R. Maka ditindaklanjuti dengan WRC-15 yang menghasilkan studi rekomendasi teknis, peraturan dan operasional yang memungkinkan ditetapkan penggunaan kompatibilitas Dinas Satelit Tetap-FSS* untuk komunikasi CNPC pada sistem UAS dengan alokasi frekuensi di 5030 - 5091 MHz untuk komunikasi LOS dan BLOS AM(R)S & AMS(R)S. Berdasarkan hasil yang tertuang di laporan ITU-R M.2171 telah ditentukan kebutuhan maksimum lebar spektrum frekuensi yang dibutuhkan adalah 34 MHz untuk komunikasi perintah & kontrol (c2) UAS *line of sight* (LOS) dan 56 MHz untuk komunikasi UAS secara *beyond line of sight*(BLOS) menggunakan satelit.

*Dinas Satelit Tetap (*fixed-satellite service*): Dinas radiokomunikasi antara stasiun-stasiun bumi pada tempat yang telah ditentukan, pada saat satu atau beberapa satelit digunakan; dalam beberapa kasus, dinas ini mencakup hubungan satelit-ke-satelit, yang dapat juga dioperasikan pada dinas antarsatelit (*inter-satellite service*); dinas satelit tetap dapat juga mencakup taut pengumpan (*feeder links*) untuk dinas radiokomunikasi ruang angkasa lainnya.

2.3.2. Regulasi Pemerintah Republik Indonesia

Regulasi yang menyangkut *drone* di Indonesia secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi:

a. Regulasi terkait perangkat telekomunikasi

Peraturan mengenai perangkat telekomunikasi dan penggunaan spektrum frekuensi radio diatur dalam Undang-Undang (UU) Nomor 36 tahun 1999 tentang Telekomunikasi. Karena *drone* menggunakan perangkat telekomunikasi dan menggunakan spektrum frekuensi radio maka harus memperhatikan peraturan di UU ini. UU No 36 tahun 1999 pasal 32 ayat (1) menyatakan: “Perangkat telekomunikasi yang diperdagangkan, dibuat,dirakit, dimasukkan dan atau digunakan di wilayah Republik Indonesia wajib memperhatikan persyaratan teknis dan berdasarkan izin sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku”; pasal 33 menyatakan: “(1) Penggunaan spektrum frekuensi radio dan orbit satelit wajib mendapatkan izin Pemerintah, (2) Penggunaan spektrum frekuensi radio dan orbit satelit harus sesuai dengan peruntukannya dan tidak saling mengganggu. (3) Pemerintah

melakukan pengawasan dan pengendalian penggunaan spektrum frekuensi radio dan orbit satelit. (4) Ketentuan penggunaan spektrum frekuensi radio dan orbit satelit yang digunakan dalam penyelenggaraan telekomunikasi diatur dengan Peraturan Pemerintah”.

b. Regulasi terkait Ketentuan Operasional dan Tata Cara Perizinan Penggunaan Frekuensi Radio

Regulasi mengenai Ketentuan Operasional dan Tata Cara Perizinan Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio diatur dalam Peraturan Menteri Kominfo Nomor 4 Tahun 2015. Pasal 2 ayat (1) menyatakan “Setiap penggunaan spektrum frekuensi radio wajib berdasarkan izin penggunaan spektrum frekuensi radio”. Disambung dengan pasal 6 menyatakan: “(1) Izin Penggunaan Spektrum Frekuensi Radio sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) meliputi: a. Izin Pita Frekuensi Radio (IPFR); b. Izin Stasiun Radio (ISR); dan c. Izin Kelas”. Sedangkan Pasal 48 menyatakan: “(1) Izin kelas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (1) huruf c diberikan untuk penggunaan frekuensi radio dengan ketentuan: a. digunakan secara bersama; b. tidak mendapatkan proteksi; dan c. wajib mengikuti ketentuan teknis yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri. (2) Izin Kelas sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diberikan untuk penggunaan alat dan perangkat telekomunikasi: a. dengan daya pancar di bawah 10 mW; b. yang beroperasi pada pita frekuensi radio 2 400 – 2 483,5 MHz, 5 725 – 5 825 MHz; atau c. yang dikategorikan sebagai perangkat *short range devices* (SRD). (3) Penggunaan pita frekuensi radio berdasarkan izin kelas selain pita frekuensi radio sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b, diatur dengan Peraturan Menteri”.

Pengertian SRD adalah pemancar dan atau penerima berdaya pancar rendah yang menyediakan komunikasi radio jarak dekat untuk aplikasi tetap dan bergerak pada pita frekuensi radio tertentu dan dalam penggunaan frekuensi radionya tidak mendapatkan perlindungan serta tidak boleh menimbulkan gangguan yang merugikan (*harmful interference*). SRD pada umumnya diaplikasikan untuk alarm, sistem identifikasi (*identification systems*), deteksi radio (*radio detection*), sistem radar kendaraan (*vehicle radar systems*), pengendali jarak jauh (*remote controls*), perintah jarak jauh (*telecommand*), pengukuran jarak jauh/telemetri dan sistem pemanggilan setempat (*on site paging systems*), perangkat untuk aplikasi industri, penelitian dan kedokteran (*Industrial Scientific and Medical/ ISM*). (PM Kominfo No 35 tahun 2015).

c. Regulasi tentang Persyaratan Teknis, Sertifikasi Alat dan Perangkat Telekomunikasi dan Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia (TASFRI)

Regulasi-regulasi yang berlaku adalah berikut:

- c.1. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 35 Tahun 2015 tentang Persyaratan Teknis Alat dan Perangkat Telekomunikasi Jarak Dekat.
- c.2. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 28 Tahun 2015 tentang Persyaratan Teknis Alat Dan Perangkat Telekomunikasi Yang Beroperasi Pada Pita Frekuensi Radio 2,4 GHz dan/atau Pita Frekuensi Radio 5,8 GHz.
- c.3. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 18 Tahun 2014 tentang Sertifikasi Alat Dan Perangkat Telekomunikasi.
- c.4. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 1 Tahun 2015 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Komunikasi Dan Informatika Nomor 18 Tahun 2014 tentang Sertifikasi Alat dan Perangkat Telekomunikasi.

Regulasi-regulasi di atas mengatur alokasi frekuensi dan batas daya pancar perangkat telekomunikasi jarak dekat/ *Short Range Devices* (SRD) yang dapat dirangkum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Alokasi frekuensi dan batas daya perangkat SRD

No.	Radio Frekuensi	Power Limits	Aplikasi
1	433.05 - 434.79 MHz	Tidak dialokasikan untuk SRD di Indonesia	Tidak dialokasikan untuk SRD di Indonesia
2	902 - 928 MHz	Tidak dialokasikan untuk SRD di Indonesia	Tidak dialokasikan untuk SRD di Indonesia
3	2.4000 GHz - 2.4835 GHz	≤ 100 mW ERP	Zigbee dan Aplikasi SRD selain Bluetooth,WLAN
4	5.725 GHz - 5.825 GHz	≤ 100 mW ERP	Aplikasi SRD selainWLAN

- Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 25 Tahun 2014 tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia (TASFRI).

TASFRI mengadopsi hasil dari Resolusi 613 WRC-07 ITU-R untuk pita frekuensi 433,05-434,79 MHz, 2 400 - 2 500 MHz, 5725-5875 MHz dan 5 030-5 091 MHz yang ada kaitannya untuk operasi sistem UAS.

TASFRI menyatakan:

5.280 Di Jerman, Austria, Bosnia-Herzegovina, Kroasia, Makedonia, Liechtenstein, Montenegro, Portugal, Serbia, Slovenia, dan Swiss pita 433,05–434,79 MHz (frekuensi tengah 433,92 MHz) ditetapkan untuk penerapan industri, ilmiah dan medis (ISM). Dinas radiokomunikasi di negara tersebut yang beroperasi dalam pita itu harus menerima interferensi merugikan yang dapat ditimbulkan oleh penerapan tersebut. Perangkat ISM yang beroperasi pada pita itu tunduk pada ketentuan No. 15.13. (WRC-07).

5.150 Pita berikut:

- 1 3553–13 567 kHz (frekuensi tengah 13 560 kHz),
- 26 957–27283 kHz (frekuensi tengah 27 120 kHz),
- 40,66–40,70 MHz (frekuensi tengah 40,68 MHz),
- 902–928 MHz di Region 2 (frekuensi tengah 915 MHz),
- 2 400–2 500 MHz (frekuensi tengah 2 450 MHz),
- 5725–5875 MHz (frekuensi tengah 5 800 MHz), dan
- 24–24,25 GHz (frekuensi tengah 24,125 GHz)

juga diperuntukkan bagi aplikasi industri, ilmiah, dan medis (ISM). Dinas radiokomunikasi yang beroperasi dalam pita itu harus menerima interferensi merugikan yang mungkin disebabkan oleh aplikasi itu. Peralatan ISM yang beroperasi pada pita tersebut tunduk pada ketentuan No. 15.13.(WRC-07)

Terlihat di catatan kaki 5.280 bahwa pita frekuensi 433,05-434,79 MHz tidak ada penetapan untuk peralatan ISM di Indonesia. Demikian juga catatan kaki 5.150 alokasi frekuensi 902-928 MHz berlaku legal sesuai aturan diperuntukkan bagi aplikasi industri, ilmiah, dan medis (ISM) di Region 2 dan tidak berlaku di Indonesia yang berada di region 3. Untuk frekuensi 2 400-2500 MHz dijelaskan lebih lanjut di catatan kaki (*footnote*):

INS25 Pita frekuensi radio 2 400–2 483,5 MHz digunakan untuk keperluan akses data dan/atau akses Internet yang digunakan bersama (*sharing*) pada waktu, wilayah, dan/atau teknologi secara harmonis antar pengguna. Setiap pengguna pita frekuensi radio 2 400–2 483,5 MHz dilarang menimbulkan gangguan yang merugikan (*harmful interference*) dan tidak mendapatkan proteksi. (TASFRI Rev. 2014, pp.134)[2].

Sedangkan untuk alokasi pita frekuensi radio 5 030-5 091 MHz dinyatakan dalam Tabel 5 alokasi spektrum frekuensi berikut:

Tabel 5. Alokasi spektrum frekuensi

Frekuensi Radio	Wilayah 3-ITU	Alokasi Indonesia
5 030–5 091	BERGERAK PENERBANGAN (R) 5.443C SATELIT BERGERAK PENERBANGAN (R) 5.443D RADIONAVIGASI PENERBANGAN 5.444	BERGERAK PENERBANGAN (R) 5.443C SATELIT BERGERAK PENERBANGAN (R) 5.443D RADIONAVIGASI PENERBANGAN 5.444

Penjelasan catatan kaki 5.443C dan 5.443D:

5.443C Penggunaan pita 5 030–5 091 MHz oleh dinas bergerak penerbangan (R) dibatasi untuk sistem penerbangan standar internasional. Emisi tidak diinginkan dari dinas bergerak penerbangan (R) dalam pita frekuensi 5 030–5 091 MHz dibatasi untuk memproteksi taut turun (*downlink*) sistem RNSS dalam pita 5 010–5 030 MHz yang bersebelahan (*adjacent*). Hingga saat suatu nilai semestinya telah ditetapkan pada suatu Rekomendasi ITU-R yang relevan, batas rapat e.i.r.p -75 dBW/MHz dalam pita frekuensi 5 010–5 030 MHz untuk tiap emisi stasiun AM(R)S yang tidak diinginkan wajib digunakan.

5.443D Dalam pita frekuensi 5 030–5 091 MHz dinas satelit bergerak penerbangan (R) tunduk pada koordinasi berdasarkan No. 9.11A. Penggunaan pita frekuensi itu oleh dinas satelit bergerak penerbangan (R) dibatasi untuk sistem penerbangan standar internasional. (WRC-12)

d. *Regulasi terkait Ketentuan Pengendalian Pengoperasian Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara yang Dilayani Indonesia* [7][8][9].

Regulasi ini disusun dalam rangka menjaga keselamatan operasional penerbangan di wilayah ruang udara yang dilayani Indonesia dari kemungkinan bahaya (hazard) yang ditimbulkan karena pengoperasian pesawat udara tanpa awak. Permenhub Nomor 180 Tahun 2015 tentang Pengendalian Pengoperasian Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara yang dilayani Indonesia :

Ketentuan Umum:

Bagian 2.2 menyatakan sistem pesawat udara tanpa awak tidak boleh dioperasikan pada kawasan udara terlarang (*prohibited area*), kawasan udara terbatas (*restricted area*) yaitu kawasan yang dipublikasikan di dalam *Aeronautical Information Publication (AIP) Indonesia Volume I General & En-route* dan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) suatu bandar udara yaitu kawasan dengan batas horisontal dan vertikal sebagaimana diatur dalam peraturan perundang-undangan mengenai penyusunan kawasan keselamatan operasi penerbangan di bandar udara dan sekitarnya.

Bagian 2.3 menyatakan sebuah sistem pesawat tanpa awak tidak boleh dioperasikan pada ruang udara yang dilayani pada: *Controlled airspace* yaitu ruang udara yang dipublikasikan di dalam *Aeronautical Information Publication (AIP) Indonesia Volume I General & En-route* dan *Uncontrolled airspace* pada ketinggian lebih dari 500 ft (150 m) *Above Ground Level (AGL)* yaitu ruang udara di luar Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) dari suatu bandar udara dengan status pelayanan *Aerodrome Flight Information Service (AFIS)*.

Ketentuan Khusus:

Bagian 3.1 Menyatakan Pengoperasian sistem pesawat udara tanpa awak kecil dengan berat tidak lebih dari 55 lbs (25 Kg) dan digunakan untuk keperluan selain hobi atau rekreasi wajib memenuhi ketentuan Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 107/*Civil Aviation Safety Regulation (CASR) Part 107*. Sedangkan Pengoperasian sistem udara tanpa awak kecil yang digunakan untuk keperluan hobi atau rekreasi wajib memenuhi sub bagian 107.2 dari *CASR Part 107* (dinyatakan di bagian 3.2).

Bagian 3.3 menyatakan Pengoperasian sistem pesawat udara tanpa awak dengan berat di atas 55 lbs untuk keperluan pengembangan dan penelitian (*research and development*), *crew training* dan *market surveys*, wajib mendapatkan *experimental certificate* sesuai sub bagian 21.193 *CASR Part 21* dan dioperasikan sesuai dengan ketentuan pada sub bagian 91.319 *CASR Part 91* serta terkait lainnya.

Ketentuan penting lainnya adalah Izin diberikan bagi sistem dan pilot pesawat udara tanpa awak yang telah disertifikasi oleh Direktur Jenderal Perhubungan. Permohonan izin beroperasi diajukan kepada Direktur Jenderal Perhubungan Udara selambat-lambatnya 14 hari kerja sebelum pelaksanaan pengoperasian sistem pesawat udara tanpa awak, di mana izin harus diperoleh oleh operator sebelum pesawat udara tanpa awak melakukan lepas landas. Permohonan izin harus menyampaikan informasi dari sistem pesawat udara tanpa awak dan dokumen lainnya yang dirinci dalam regulasi ini. Dalam hal kondisi kejadian kecelakaan atau bencana alam, maka sebuah sistem pesawat udara tanpa awak dapat dioperasikan di sekitar lokasi kecelakaan atau bencana alam setelah berkoordinasi dengan institusi yang berwenang di kawasan atau unit pelayanan navigasi penerbangan yang bertanggung jawab atas ruang udara tempat terjadinya kecelakaan atau bencana alam.

Ketentuan Tambahan:

Bagian 4.1 Menyatakan sistem pesawat tanpa awak dengan kamera dilarang beroperasi pada jarak kurang dari 500 m dari batas terluar suatu kawasan udara terlarang (*prohibited area*) atau kawasan udara terbatas (*restricted area*).

Bagian 4.2 Dalam hal sistem pesawat udara tanpa awak digunakan untuk kepentingan pemotretan, perfilman atau pemetaan, operator harus melampirkan surat izin dari institusi/pihak yang berwenang sesuai ketentuan peraturan atau perundang-undangan yang berlaku.

e. Regulasi terkait Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil

Permenhub Nomor 163 Tahun 2015 tentang Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 107 (*Civil Aviation Safety Regulation Part 107*) tentang Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak (*Small Unmanned Aircraft System*). Pelaksanaan Peraturan ini harus memperhatikan ketentuan peraturan perundang-undangan yang mengatur mengenai pengendalian pengoperasian sistem pesawat udara tanpa awak di ruang udara yang dilayani Indonesia.

Part 107.2 menyatakan:

107.2 UAS for Recreation or Hobby

No person may operate UAS for recreation or hobby unless otherwise;

(a) the aircraft is flown strictly for recreational or hobby use;

(b) the aircraft is operated in accordance with a community-based organization;

(c) the aircraft is limited to not more than 15 pounds (7 kg); and

(d) the aircraft are operated in accordance with Section 107.19, 107.23, 107.25, 107.27, 107.29, 107.31, 107.35, 107.37, 107.39, 107.41, 107.47 and 107.51 of this part.

107.19 Responsibility of the operator

(a) The operator is directly responsible for, and is the final authority as to the operation of the small unmanned aircraft system.

(b) The operator must ensure that the small unmanned aircraft will pose no undue hazard to other aircraft, people, or property in the event of loss of control of the aircraft for any reason.

107.23 Hazardous operation.

No person may:

(a) Operate a small unmanned aircraft system in a careless or reckless manner so as to endanger the life or property of another; or

(b) Allow an object to be dropped from a small unmanned aircraft if such action endangers the life or property of another.

2.3.3 Contoh Regulasi di Singapura

Pengoperasian *drone* di Singapura diatur oleh Pemerintahnya oleh badan otoritas yang disebut *Civil Aviation Authority of Singapore* (CAAS). Artikel online[13] menyatakan penerbangan pesawat udara tanpa awak harus dilakukan dengan cara yang aman dan bertanggung jawab karena jika penerbangan dilakukan dengan cara yang tidak tepat, maka dapat menimbulkan resiko untuk penerbangan dan keselamatan publik. Kenapa sangat penting dalam mengoperasikan UAS harus aman? Karena wilayah udara Singapura yang padat dan lingkungan perkotaan yang padat juga penduduknya. Faktor penting lainnya jika terjadi kegagalan fitur keselamatan yang ada di pesawat tanpa awak, kerusakan mekanis, terjadi *lost control* saat menerbangkan atau terjadi kesalahan operator/pilot akan menyebabkan kehilangan kendali atas pesawat terbang tersebut. Hal ini dapat akhirnya menyebabkan pesawat tak berawak bertabrakan dengan pesawat lainnya, atau mengenai manusia dan *property* di lapangan yang dapat berpotensi menyebabkan luka dan kerusakan material. Operator harus memastikan bahwa mereka dapat mengoperasikan pesawat tanpa awak dengan aman, melatih perhatian dan peduli kepada orang lain.

Ada beberapa kategori perizinan yaitu Izin Operator, Izin Kegiatan dan Izin lainnya dalam pengaturan operasi terbang UAS di Singapura. Perizinan sesuai dengan kategori massa (berat) UAS bisa dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Izin Operasi sesuai berat UAS di Singapura

No.	Tujuan	Massa dari UAS	Izin yang diperlukan
1	Untuk tujuan apa saja	Total massa lebih dari 7 kg	Izin operator dan izin kegiatan
2	Untuk kepentingan bisnis apa saja, misalnya aktivitas komersial atau layanan khusus, termasuk jika tidak untuk hiburan/hobi atau penelitian di alam	Massa berapa saja	Izin operator dan izin kegiatan
3	Untuk hiburan/hobi atau penelitian	Massa tidak lebih dari 7 kg	Tidak memerlukan izin. Tetapi, diperlukan izin kegiatan (saja) jika penerbangan UAV dilakukan di luar ruangan: <ul style="list-style-type: none"> - pada wilayah terlarang atau berbahaya, atau - dalam jarak 5 km dari bandar udara/pangkalan udara militer, terlepas dari ketinggian operasi, atau di atas 200 kaki di luar rentang 5km dari bandar udara/pangkalan udara militer.

Beberapa izin tambahan akan diperlukan jika:

- (a) Terdapat pelepasan atau penjatuhan zat/barang dari pesawat tanpa awak.
- (b) Frekuensi radio dan batasan daya yang digunakan untuk pengoperasian pesawat tanpa awak tidak sesuai dengan regulasi IMDA terkait frekuensi radio dan batas daya untuk *short range devices* (SRD).

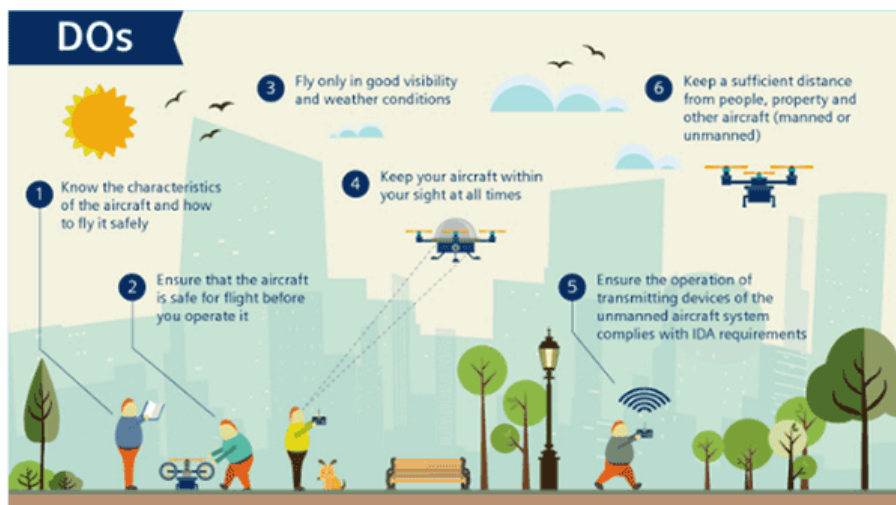
Seperti dikutip dari situs *Infocomm Media Development Authority* (IMDA) Singapura, disebutkan bahwa UAS (*Unmanned Aircraft System*) terdiri dari perangkat nirkabel *short range devices* (SRD) untuk kontrol dan *payload communication*, sehingga UAS termasuk dalam kategori SRD dalam hal izin penggunaan frekuensi. Diuraikan pula frekuensi radio yang umum digunakan oleh UAS beserta batas dayanya pada Tabel 7 sebagai berikut.

Tabel 7. Alokasi frekuensi dan batas daya SRD di Singapura

Radio Frequencies	Power Limits
433.05 – 434.79 MHz	≤ 10 mW ERP
2.4000 – 2.4835 GHz	≤ 100 mW ERP
5.725 – 5.850 GHz	≤ 100 mW ERP

ERP : *Effective Radiated Power*

Panduan secara grafis untuk pengoperasian tanpa membutuhkan izin ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 berikut:



Gambar 2. Petunjuk Grafis mengoperasikan UAS untuk hobi (boleh dilakukan)



Gambar 3. Petunjuk Grafis mengoperasikan UAS untuk hobi (yang tidak boleh dilakukan)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

LSU-02 dan LSU-03 merupakan UAS LAPAN yang saat ini menjadi andalan dalam menjalankan misi surveillance masuk dalam klasifikasi *small* UAS yang memiliki berat lebih dari 25 Kg (55 lbs). Berdasarkan regulasi kelaikan dan keselamatan penerbangan maka varian LSU-02 ke atas harus mengikuti regulasi peraturan menteri perhubungan (Permenhub) nomor PM 180 tahun 2015 yang diubah lagi dengan (Permenhub) nomor 47 Tahun 2016 tentang perubahan atas peraturan menteri perhubungan nomor 180 tahun 2015 tentang pengendalian pengoperasian sistem pesawat udara tanpa awak di ruang udara yang dilayani Indonesia dan Permenhub No PM 163 tahun 2015 tentang peraturan keselamatan penerbangan sipil bagian 107 (*Civil Aviation Safety Regulation Part 107*) tentang sistem pesawat udara kecil tanpa awak (*Small Unmanned Aircraft System*).

Jika dibandingkan dengan regulasi yang berlaku di Singapura pada dasarnya regulasi di Indonesia sama untuk regulasi terkait pengendalian pengoperasian UAS, namun berbeda pada regulasi penggunaan alokasi pita frekuensi yang digunakan. Lebih detail persamaan dan perbedaannya dapat dilihat pada Tabel 8 dan 9.

Tabel 8. Perbandingan regulasi UAS di Indonesia dan Singapura

No.	Massa dari UAS	Di Singapura	Di Indonesia	Ket (penggunaan)
1	Total massa lebih dari 7 kg	Izin operator dan izin kegiatan	Massa tidak boleh lebih dari 25 Kg (55lbs) harus Izin operator dan izin kegiatan	Selain rekreasi/hobby
2	Massa berapa saja	Izin operator dan izin kegiatan	Jika massa lebih dari 25 Kg harus izin operator dan izin kegiatan	Selain rekreasi/hobby misal: - pengembangan dan penelitian, <i>crew training</i> dan <i>market surveys</i> - <i>production flight test new production aircraft</i> .
3	Massa tidak lebih dari 7 kg	Tidak memerlukan izin. Tetapi, diperlukan izin kegiatan (saja) jika penerbangan UAV dilakukan di luar ruangan: pada wilayah terlarang atau berbahaya, atau dalam jarak 5 km dari bandar udara/pangkalan udara militer dengan ketinggian operasi di atas 200 kaki (60 m).	Tidak memerlukan izin, diperlukan izin kegiatan jika penerbangan dilakukan di luar ruangan pada wilayah terlarang, atau berbahaya atau jika dilengkapi kamera tidak boleh melebihi jarak batas 500 m dari Bandara dan ketinggian terbang lebih dari 500 kaki (150m)	Untuk rekreasi/hobby

Tabel 9. Perbedaan Alokasi frekuensi UAS di Singapura dan Indonesia

No.	Alokasi Frekuensi (MHz)	Power Limits (mW ERP)	Di Singapura	Di Indonesia
1	433.05 – 434.79 MHz	≤ 10 mW ERP	Dialokasikan untuk SRD (<i>short range device</i>)	Tidak dialokasikan untuk SRD.
2	902-928 MHz	≤ 500 mW ERP	Tidak dialokasikan untuk SRD.	Tidak dialokasikan untuk SRD.
3	2.4000 – 2.4835 GHz	≤ 100 mW ERP	Dialokasikan untuk SRD (<i>short range device</i>)	Dialokasikan untuk SRD (<i>short range device</i>)
4	5.725 – 5.850 GHz	≤ 100 mW ERP	Dialokasikan untuk SRD (<i>short range device</i>)	Dialokasikan untuk SRD (<i>short range device</i>)

Karena LSU menggunakan perangkat komunikasi radio untuk sistem telemetri, kontrol dan *payload*-nya maka harus mengikuti regulasi yang telah ditetapkan oleh Kemenkominfo. Jika menggunakan frekuensi di 2,4 GHz dan atau 5,8 GHz, maka lebih tepat menggunakan izin kelas. Jika menggunakan power rendah maka termasuk ke dalam perangkat SRD (bisa menggunakan konektivitas WiFi) dan memiliki izin yang melekat kepada sertifikasi perangkatnya.

Jika LSU ingin menggunakan jalur pita frekuensi khusus diluar range frekuensi perangkat SRD, maka telah ada regulasi dari hasil pertemuan WRC-12 dan WRC-15 ITU-R yang telah diadopsi ke Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 25 Tahun 2014 tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia (TASFRI) di alokasi frekuensi 5030 - 5091 MHz dengan maksimum *bandwidth* sebesar 34 MHz untuk komunikasi *command and control* (c2) *line of sight*-LOS dan 56 MHz untuk komunikasi *beyond line of sight* (BLOS) menggunakan satelit .

4. KESIMPULAN

Dari uraian penjelasan klasifikasi UAS dan regulasi yang berlaku baik dari ITU-R, pemerintah Republik Indonesia dan contoh regulasi yang berlaku di negara lain dapat disimpulkan beberapa kesimpulan berikut:

- LSU-02 hingga LSU-05 masuk klasifikasi *small* UAS yang kepadanya dalam pengoperasian harus mengikuti regulasi Permenhub nomor PM 180 tahun 2015 dan mengikuti Keselamatan Penerbangan Sipil sesuai regulasi Permenhub Nomor 163 Tahun 2015 yang memuat CASR part 107 tentang regulasi keselamatan terbang. Saat beroperasi harus memperhatikan area-area pengoperasian tertentu dan ketinggian tertentu.
- LSU-02 hingga LSU-05 sebagai perangkat yang menggunakan frekuensi radio wajib memiliki izin. Radio yang digunakan XTEND di frekuensi 902-928 MHz yang belum masuk kategori SRD di Indonesia, maka direkomendasikan untuk menggunakan radio di frekuensi lain disamping juga untuk menghindari interferensi dari frekuensi GSM Telkomsel dan Excelcomindo.
- Radio yang akan digunakan jika menggunakan power rendah (maksimum 100 mW ERP), maka termasuk ke dalam kategori perangkat SRD yang menggunakan standard konektivitas WiFi dan memiliki izin yang melekat kepada sertifikasi perangkatnya (sistem LSU) dan harus berizin dengan kategori izin kelas.
- Penerbang/pilot/operator *drone* yang menerbangkan LSU memerlukan keterampilan tertentu sesuai regulasi CASR part 107 sehingga tidak membahayakan lingkungan dan masyarakat.
- Penggunaan *drone* semakin berkembang untuk berbagai kebutuhan selain hobby/rekreasi seperti terkait pertahanan dan keamanan/militer, fotografi, survey, penyelenggaraan event tertentu, dan kebutuhan lainnya. Demikian juga dengan LSU semakin luas aplikasinya, bisa untuk pemetaan lahan, *monitoring* dampak tanah longsor, banjir, pemotretan garis pantai, pemotretan peta desa, dsb, maka harus mengikuti regulasi yang berlaku di Indonesia untuk meningkatkan tingkat kesiapterapan dan keselamatan pengoperasiannya.

- Jika radio komunikasi LSU ingin dikembangkan menggunakan radio dengan jalur pita frekuensi khusus, maka sudah tersedia jalur frekuensi komunikasi UAS yang diatur oleh regulasi ITU-R di *range* 5030 - 5091 MHz dengan alokasi *bandwidth* maksimal 34 MHz untuk komunikasi *command and control* (c2) *line of sight*-LOS dan 56 MHz untuk komunikasi *beyond line of sight* (BLOS) menggunakan satelit.

Direkomendasikan untuk dilanjutkan kajian perhitungan kebutuhan **riil** lebar pita (*bandwidth*) frekuensi untuk *command and control* (c2) LSU dan lebar pita frekuensi untuk *payload* LSU yang selanjutnya diimplementasikan ke *hardware* radio komunikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Kapustekbang yang telah memberikan fasilitas untuk penelitian frekuensi untuk LSU di Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN.

PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Digi International Inc., “9XTend™ OEM RF Module - Product Manual v2.x6x”, tersedia [online] di <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/xtend-productmanual.pdf> , pp.5 (April 2017)
- [2] Kemenkominfo, “Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 25 Tahun 2014 tentang Tabel Alokasi Frekuensi Radio Indonesia”, http://www.postel.go.id/downloads/40/20141008142814-PM_25_Tahun_2014-1.pdf diakses April 2014
- [3] Asia-Pacific Telecommunity, “ICAO POSITION FOR ITU WRC-15 AGENDA ITEMS ”, The 2nd Meeting of the APT Conference Preparatory Group for WRC-15 (APG15-2), Bangkok, Thailand, 2013
- [4] Pustekbang LAPAN, “Penelitian dan Pengembangan Teknologi LSU (LAPAN Surveillance UAV)”, <http://pustekbang.lapan.go.id/index.php/subblog/pages/2014/9/LSU> (diakses April 2017)
- [5] DoD, “Unmanned Aircraft System Roadmap 2005-2030”, USA, 2005
- [6] Suraj G. Gupta, Mangesh M. Ghonge, Dr. P. M. Jawandhiya, “Review of Unmanned Aircraft System (UAS)”, International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET) Volume 2, Issue 4, April 2013, ISSN: 2278-1323, 2013
- [7] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, “Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 107 (Civil Aviation Safety Regulations Part 107) Tentang Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak (Small Unmanned Aircraft System)”, Permenhub Nomor PM 163 Tahun 2015, 2015
- [8] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, “Pengendalian Pengoperasian Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara yang Dilayani Indonesia”, Permenhub Nomor PM 180 Tahun 2015, 2015.
- [9] Menteri Perhubungan Republik Indonesia, “Perubahan Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 180 Tahun 2015 Tentang Pengendalian Pengoperasian Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara Yang dilayani Indonesia”, Permenhub Nomor PM 47 Tahun 2016, 2016.

- [10] Jaber A. Kakar, "UAV Communications: Spectral Requirements, MAV and SUAV Channel Modeling, OFDM Waveform Parameters, Performance and Spectrum Management", Master Thesis, Electrical Engineering, Blacksburg, Virginia, 2015
- [11] Ir. Gerton de Goeij (Strict), ir. Eildert H. van Dijken (Strict) and ir. Frank Brouwer (FIGO), "Research into the Radio Interference Risks of *Drones* v1.0", Project Final Report, pp.30, 2016
- [12] Denny Setiawan, "Alokasi Frekuensi: Kebijakan dan Perencanaan Spektrum Indonesia", Departemen Komunikasi dan Informatika, Direktorat Jenderal POS dan Telekomunikasi, ISBN 978-979-17678-1-1, pp. 24-25, 2010
- [13] Flying of Unmanned Aircraft," <http://www.caas.gov.sg/caas/en/ANS/unmanned-aircraft.html> , CAAS, diakses April 2017
- [14] LAPAN, "LAPAN Surveillance UAV 02 (LSU 02), <https://lapan.go.id/index.php/subblog/read/2013/332/Lapan-Surveillance-UAV-02-LSU-02>, 2013 (diakses Mei 2017)
- [15] ITU-R, "Characteristics of unmanned aircraft systems and spectrum requirements to support their safe operation in non-segregated airspace", Report ITU-R M.2171, 12/2009
- [16] ITU-R, "2nd Session of the Conference Preparatory Meeting for WRC-12: CPM Report on technical, operational and regulatory/procedural matters to be considered by the 2012 World Radiocommunication Conference", Geneva, 2011

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 1

DATA UMUM

Nama Lengkap : Sunar, S.T, M.Eng
Tempat & Tgl. Lahir : Bojonegoro, 3 Mei 1977
Jenis Kelamin : Laki-laki
Instansi Pekerjaan : Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN
NIP. / NIM. : 19770503 200604 1 018



DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMAN 1 Bojonegoro Tahun: 1996
STRATA 1 (S.1) : Universitas Brawijaya Tahun: 2004
STRATA 2 (S.2) : Beihang University/BUAA, China Tahun: 2014

ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jl. Raya LAPAN, Sukamulya, Rumpin, Bogor
Email : sunar@lapan.go.id

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 2

DATA UMUM

Nama Lengkap : Iwan Nofi Yono Putro, S.Pd.T
Tempat & Tgl. Lahir : Klaten, 10 November 1986
Jenis Kelamin : Laki-laki
Instansi Pekerjaan : LAPAN
NIP. / NIM. : 19861110 201402 1 004



DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMK N II KLATEN Tahun: 2004 (lulus)
STRATA 1 (S.1) : UNY (elektronika) Tahun: 2010 (lulus)

ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jalan LAPAN, Sukamulya, Rumpin, Bogor
Email : iwan.nofi@lapan.go.id

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 3

DATA UMUM

Nama Lengkap : Drs. Gunawan Setyo Prabowo, MT
Tempat & Tgl. Lahir : Wonosobo, 24 Juli 1967
Jenis Kelamin : Laki-laki
Instansi Pekerjaan : Pusat Teknologi Penerbangan LAPAN
NIP. / NIM. : 19670724 19920 3 1 002

DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMA Wonosobo
STRATA 1 (S.1) : Universitas Gajah Mada (UGM)
STRATA 2 (S.2) : Universitas Indonesia (UI)

ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jl. Raya LAPAN, Sukamulya, Rumpin, Bogor 16350
Telp. : (021) 75790031
Email : gunawan.setyo@lapan.go.id