



Recht Studiosum Law Review

Journal homepage: <https://talenta.usu.ac.id/rslr>



Penataan Ulang Mitigasi *Space Debris* Pada Mega-Konstelasi Satelit *Low Earth Orbit* ditinjau dari Hukum Antariksa Internasional

Muhammad Daffa Alfandy

Dwinanto Strategic Legal Consultant, Jakarta Selatan, Indonesia

*Corresponding Author: daffa1379@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 12 August 2025

Revised 8 November 2025

Accepted 9 November 2025

Available online

<https://talenta.usu.ac.id/rslr>

E-ISSN: 2961-7812

P-ISSN: 2985-9867

How to cite:

Alfandy, Muhammad Daffa. (2025). Penataan Ulang Mitigasi *Space Debris* Pada Mega-Konstelasi Satelit *Low Earth Orbit* ditinjau dari Hukum Antariksa Internasional. *Recht Studiosum Law Review*, 4(2), 128-139.

s ABSTRACT

The protection of the space ecosystem is an important discourse, considering that space is not bound to the sovereignty of a country (non-appropriation), but is a humanitarian territory that is used exclusively for peaceful purposes. Often, every country or operator that conducts orbiting, produces space debris that can pollute the orbital corridor. Therefore, the international community then emphasized the existence of regulations that will regulate guidelines for space debris mitigation. A number of countries and various international authorities have issued their guidelines, but they are still partial, not legally binding, and not uniform in substance. This will cause legal uncertainty in handling space debris in the international world. This research uses juridical-normative research methods or doctrinal law research. The research approaches used include a legislative approach, a conceptual approach, and a comparative approach. The results of the study show that there is a need to reorganize space debris mitigation procedures that not only regulate mitigation efforts but also regulate overall governance. The existence of such procedures must also be universally applicable, legally binding, and have strong enforcement instruments for the violating country or operator.

Keyword: International Space Law, Low Earth Orbit, Rearrangement, Space Debris Mitigation

ABSTRAK

Perlindungan ekosistem antariksa merupakan wacana penting, mengingat antariksa tidak terikat pada kedaulatan suatu negara (non-apropriasi), melainkan merupakan wilayah kemanusiaan yang digunakan secara eksklusif untuk tujuan damai. Seringkali, setiap negara atau operator yang melakukan pengorbitan menghasilkan puing antariksa yang dapat mencemari koridor orbit. Oleh karena itu, komunitas internasional kemudian menekankan keberadaan regulasi yang akan mengatur pedoman mitigasi puing antariksa. Sejumlah negara dan berbagai otoritas internasional telah mengeluarkan pedomannya, namun masih bersifat parsial, tidak mengikat secara hukum, dan belum seragam substansinya. Hal ini akan menimbulkan ketidakpastian hukum dalam penanganan sampah antariksa di dunia internasional. Penelitian ini menggunakan metode penelitian yuridis-normatif atau pendekatan legislatif, pendekatan konseptual, dan pendekatan komparatif. Hasil penelitian menunjukkan perlunya penataan kembali prosedur mitigasi sampah antariksa yang tidak hanya mengatur upaya mitigasi, tetapi juga mengatur tata kelola secara keseluruhan. Keberadaan prosedur tersebut juga harus dapat diterapkan secara universal, mengikat secara hukum, dan memiliki instrumen penegakan hukum yang kuat bagi negara atau operator yang melanggar.

Keyword: Hukum Antariksa Internasional, Mitigasi Sampah Antariksa, Orbit Bumi Rendah, Penataan Ulang.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<http://doi.org/10.32734/rslr.v4i2.22443>

1. Pendahuluan

Aktivitas keantariksaan (*outer space*) dalam konteks hukum internasional mulai menjadi diskursus pasca disahkannya *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space 1967 (The Outer Space Treaty 1967)*. Perjanjian internasional tersebut dikeluarkan oleh United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UNCOPUOS) yang dibentuk oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) pada 1958. UNCOPUOS melalui traktat tersebut menetapkan antariksa sebagai warisan umat manusia dunia (*heritage of mankind*), sehingga traktat tersebut dikenal sebagai piagam agung (*magna charta*) yang secara prinsipil merupakan hasil elaborasi dari prinsip-prinsip utama kegiatan keantariksaan. Prinsip fundamental yang menjadi ide penuntun (*regulative idea*) bagi prinsip-prinsip lainnya adalah kepemilikan antariksa ditujukan untuk kepentingan bersama dan dalam pemanfaatannya harus didasarkan kepentingan bersama pula, serta mengacu pada keberlakuan hukum internasional. Konfigurasi menunjukkan bahwa *The Outer Space Treaty 1967* tidak hanya menjadi perjanjian yang mengikat negara-negara anggota (*state parties*), namun sudah menjadi perjanjian yang membentuk hukum (*law making treaty*) karena substansinya mengatur hal-hal fundamental yang dapat diterapkan oleh negara-negara bukan anggota. *The Outer Space Treaty 1967* juga menjadi landasan berpikir dari pembentukan segala perjanjian internasional lainnya di bidang keantariksaan.¹

Meskipun antariksa tidak terikat pada kedaulatan suatu negara, namun slot orbit dapat dimanfaatkan untuk kepentingan suatu negara. Keterwakilan sebuah negara dalam koridor antariksa direpresentasikan oleh satelit. Satelit diklasifikasikan sebagai domain yang masuk ke dalam yurisdiksi quasi-teritorial, yaitu yurisdiksi tambahan dari suatu negara karena kepemilikan benda tertentu dan negara tersebut dapat menerapkan hukum nasionalnya di yurisdiksi tersebut. Maka dari itu, negara peluncur satelit (*launching state*) memiliki hak kontrol atas satelit di antariksa. Pelekatan yurisdiksi quasi-teritorial atas satelit tidak lepas dari prinsip kepemilikan nasional (*non-appropriation*) sebagaimana diatur dalam Pasal 2 *The Outer Space Treaty 1967*. Prinsip kepemilikan nasional hanya berlaku pada antariksa beserta sumber daya yang ada di dalamnya, seperti matahari, bulan, planet, dan benda langit lainnya. Kepemilikan atas quasi teritorial hanya melekat pada satelit atau segala benda buatan manusia yang diluncurkan oleh suatu negara dengan tujuan tertentu. Negara peluncur yang mendaftarkan suatu benda (*state of registry*) untuk diluncurkan ke antariksa memiliki kedaulatan penuh atas benda tersebut, di manapun benda tersebut berada. Jika aktivitas peluncuran atau benda yang diluncurkan tersebut menimbulkan kerugian bagi negara lain, maka negara peluncur dilekatkan tanggung jawab untuk menyerahkan kompensasi sebagai bentuk ganti rugi (*international liability*).²

Perkembangan teknologi informasi melahirkan pola pemanfaatan antariksa yang semakin beragam, salah satunya adalah proyek peluncuran mega-konstelasi satelit kecil ke orbit bumi rendah (*low earth orbit*) yang kemudian disebut MegaLEO. MegaLEO merupakan kumpulan dari ratusan hingga ribuan satelit kecil yang mengorbit secara berkelompok dan membentuk suatu konstelasi, yaitu sekumpulan satelit dengan jenis dan fungsi yang sama. MegaLEO secara teknis berbeda dengan satelit konvensional yang biasanya berbentuk tunggal dan berukuran lebih besar. Satelit konvensional tersebut biasanya disebut sebagai *large* dan *medium satellites*, sedangkan MegaLEO juga disebut sebagai *small satellites*. Secara porsi, satelit kecil pada proyek MegaLEO pada umumnya memiliki berat di bawah 500 kg, sedangkan satelit konvensional memiliki berat 500 hingga 1000 kg. Secara tata letak, satelit kecil berada di orbit bumi rendah, sedangkan satelit konvensional terletak di orbit geostasioner, yaitu orbit yang lebih tinggi dibandingkan orbit bumi rendah.³ Faktor tata letak tersebutlah yang membuat aktivitas pemanfaatan lebih masif dilakukan di orbit bumi rendah, karena memiliki tingkat latensi lebih rendah dengan kecepatan hingga 20 kali lebih cepat dibandingkan satelit konvensional. Proyek pembentukan konstelasi satelit melalui proyek MegaLEO mampu untuk memberikan internet berkecepatan tinggi dan lebih tersebar jangkauannya.

Mengacu pada data *Union of Concerned Scientist*, hingga September 2023, terdapat 8.700 satelit kecil yang merupakan bagian dari proyek MegaLEO dari akumulasi 15.880 total satelit yang telah diluncurkan ke antariksa. Permasalahan muncul ketika aktivitas MegaLEO menimbulkan banyak sampah antariksa (*space debris*). Laporan dari European Space Agency menunjukkan dari total 8.700 satelit kecil yang beroperasi di

¹ Ida Bagus. (2020). *Konsep-Konsep Dasar Hukum Internasional dan Hukum Antariksa Internasional*. Jakarta: Penerbit Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, p. 19.

² Alberto Rueda. (2019). *Mega-Constellations: Legal Aspect, in Promoting Productive Cooperation Between Space Lawyers and Engineers*. Pennsylvania: IGI Global, p. 141.

³ Zwaan, dkk. (2019). *Introduction to Space Law*. Alphen: Wolters Kluwer, p. 23.

orbit bumi rendah telah menghasilkan 35.150 sampah antariksa.⁴ Draper dalam penelitiannya *The Challenges of Maneuvering Tiny Satellites in Space* berpendapat bahwa semakin kecil ukuran satelit maka semakin besar potensi kehilangan kemampuan untuk melakukan manuver, sehingga akan berakibat pada ketidakmampuan satelit tersebut untuk melakukan deorbit paska beroperasi. Kondisi tersebut membuat satelit kecil pada orbit bumi rendah bergantung pada proses peluruhan alami (*natural decay*) yang akan menariknya ke arah atmosfer bumi sehingga terbakar dan terpecah-pecah menjadi puing. Bahkan, konfigurasi keantariksaan menunjukkan jumlah dari *space debris* lebih banyak daripada benda antariksa itu sendiri.⁵ Eskalasi jumlah *space debris* tersebut linear dengan peluncuran satelit kecil proyek MegaLEO yang seolah-olah tidak terbatas dan tidak terkendali. Kendali antariksa sebagai *res communis* semakin terdegradasi ketika banyak pihak, baik negara maupun badan hukum memanfaatkan slot orbit untuk kepentingannya secara parsial dan tanpa memperhatikan prinsip-prinsip keberlanjutan. Salah satu aktor yang paling banyak berkontribusi pada peningkatan jumlah *space debris* adalah SpaceX. Hingga Juli 2023, SpaceX telah mengorbitkan 4.519 satelit Starlink ke orbit bumi rendah. Jumlah tersebut belum seberapa dari target SpaceX yang dalam misinya akan meluncurkan total 45.000 satelit.⁶

Eskalasi *space debris* menjadikan orbit bumi rendah rawan akan terjadinya tabrakan, bahkan Duncan Steel, ilmuwan antariksa asal Inggris, dalam penelitiannya *Assessment of the Orbital Debris Collision Hazard for the Low Earth Orbit Satellites* yang menyatakan bahwa akan terjadi tabrakan setiap 20 bulan sekali di orbit bumi rendah imbas dari padatnya aktivitas satelit. Maka dari itu, perlunya mitigasi *space debris* dalam rangka mencegah terjadinya pelbagai kemungkinan buruk yang akan timbul dan mencemar segala sumber daya yang terkandung di antariksa. Salah satu negara yang memiliki *framework* mitigasi *space debris* adalah Amerika Serikat melalui *Government Orbital Debris Mitigation Standard Practice* yang diterbitkan pada 2001. Kerangka mitigasi dalam aturan tersebut mencakup: (a) proses minimalisir terbentuknya puing-puing hasil aktivitas satelit; (b) proses pencegahan terjadinya tabrakan dan ledakan dari benda antariksa; dan (c) prosedur *post-mission disposal*. Selain Amerika Serikat, China turut mengambil sikap proaktif dalam memitigasi *space debris* melalui *the Aerospace Industry Standards QJ3221-Part 1 Space Debris Mitigation Requirements* yang diterbitkan pada tahun 2005. Pengaturan tersebut menempatkan sejumlah persyaratan yang harus dipenuhi sebelum melakukan pengorbitan, mencakup tahap desain, operasional, dan *post-mission disposal*. Standar internasional pun telah direkomendasikan melalui suatu *guidelines* yang berkedudukan sebagai hukum tidak mengikat dalam rangka memitigasi *space debris*, yaitu melalui UNCOPUOS *Guidelines on Space Debris Mitigation*.⁷

Berdasarkan permasalahan di atas, Penulis mengidentifikasi tiga rumusan masalah, yaitu: (1) Bagaimana konsep mitigasi *space debris* dalam hukum antariksa internasional; (2) Bagaimana konsep dan penerapan mitigasi *space debris* di negara lain?; dan (3) Bagaimana bentuk pengayaan prosedur mitigasi *space debris* dalam konteks Mega-Konstelasi *Low Earth Orbit*? Perlu adanya pengayaan dan penataan ulang terhadap standarisasi internasional prosedur mitigasi *space debris* yang turut mencakup pengaturan rencana pengorbitan dan analisis terhadap kelemahan serta kesenjangan upaya mitigasi agar eskalasi *space debris* dapat dikurangi.

2. Metode Penelitian

Penulisan artikel ini menggunakan metode penelitian yuridis-normatif atau penelitian hukum doktrinal, yaitu pengkajian terhadap bahan hukum primer yang kemudian dilanjutkan dengan penelitian terhadap bahan hukum sekunder dan data faktual di lapangan untuk menjawab permasalahan hukum yang menjadi objek penelitian. Pada artikel ini, Penulis mengidentifikasi adanya urgensi untuk melakukan pengayaan dan penataan ulang terhadap pengaturan mitigasi *space debris* dalam konteks hukum internasional.⁸ Adapun pendekatan penelitian yang digunakan, antara lain: (a) pendekatan perundang-undangan (*statute approach*), yaitu pendekatan yang dilakukan dengan menelaah peraturan perundang-undangan yang relevan dengan mitigasi *space debris* dalam konteks hukum antariksa internasional; (b) pendekatan konseptual (*conceptual approach*), yaitu pendekatan

⁴ Union of Concerned Scientist. (2023). *UCS Satellite Database in Depth Details on the 6,718 Satellite Currently Orbiting Earth, including their Country of Origin, Purpose, and other Operational Details*. Tersedia di: <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database#.Wx6A4YpKjIV>. [Diakses pada 14 Juli 2024].

⁵ Draper. (2017). *The Challenges of Maneuvering Tiny Satellites in Space*. Tersedia di: <https://www.draper.com/news-releases/challenge-maneuvering-tiny-satellites-space>. [Diakses pada 14 Juli 2024].

⁶ Space.com. (2023). *Starlink Satellites: Everything You Need to Know about the Controversial Internet Megaconstellation*. Tersedia di: <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites>. [Diakses pada 14 Juli 2024].

⁷ Satria Diaz, dkk. (2019). “Analisis Yuridis Eksistensi Yurisdiksi Satelit Ruang Angkasa Menurut Hukum Internasional”. *Diponegoro Law Journal*, 8(1): 707.

⁸ Soerjono Sockanto. (2004). *Penelitian Hukum Normatif (Suatu Tinjauan Singkat)*. Jakarta: Raja Grafindo, p. 29.

yang dilakukan dengan menelaah berbagai konsep yang relevan dengan mitigasi *space debris* beserta dimensi-dimensi yang diperlukan dalam menciptakan konsep mitigasi *space debris* yang berkelanjutan; dan (c) pendekatan perbandingan (*comparative approach*), yaitu pendekatan yang dilakukan dengan melakukan studi perbandingan konsep pengaturan dan penerapan mitigasi *space debris* dengan *best practices* di negara lain. Pada artikel ini, Penulis mengkomparasikan prosedur mitigasi *space debris* di Amerika Serikat, Rusia, dan Tiongkok. Jenis bahan hukum yang digunakan adalah bahan hukum primer, sekunder, dan tersier. Teknik penelusuran bahan hukum yang digunakan adalah studi kepustakaan. Teknik analisis bahan hukum yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan berbasis interpretasi gramatikal dan sistematis.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Konsep Mitigasi Space Debris dalam Hukum Antariksa Internasional

Konfigurasi hukum internasional menghendaki diterbitkannya suatu pedoman penanganan permasalahan *space debris*, memuat petunjuk-petunjuk rinci yang tidak termuat dalam perjanjian internasional. Pedoman tersebut berkedudukan sebagai instrumen pelengkap dan bersifat tidak mengikat secara hukum. Pedoman tersebut akan membantu negara-negara untuk melakukan konkretisasi terhadap prosedur mitigasi *space debris*. Instrumen pelengkap dibutuhkan pula sebagai sarana menafsirkan ketentuan-ketentuan dalam hukum internasional. Pasalnya, pengadilan internasional acapkali menggunakan instrumen pelengkap untuk menafsirkan norma perjanjian internasional, karena direkomendasikan oleh Pasal 31 ayat (3) *Vienna Convention on the Law of the Treaties* yang berbunyi, “any relevant rules of international law applicable in the relations between the parties”. Artinya, setiap aturan hukum internasional yang relevan, maka dapat diaplikasikan terhadap perjanjian antar negara anggota (perjanjian internasional). Maka dari itulah, keberadaan instrumen pelengkap dapat menjadi solusi kekosongan atau kekaburan hukum sehingga tidak terjadi stagnasi negara dalam berperilaku.⁹ Terdapat sejumlah pedoman mitigasi *space debris* yang diterbitkan oleh organisasi internasional, yaitu UNCOPUOS *Space Debris Mitigation Guidelines*, IADC *Space Debris Mitigation Guidelines*, *European Code of Conduct for Space Debris Mitigation*, dan *ISO International Standards 24113*. Pedoman-pedoman tersebut merupakan pedoman yang secara universal dapat digunakan sebagai instrumen pelengkap dalam menangani *space debris*.

Pedoman pertama adalah UNCOPUOS *Space Debris Mitigation Guidelines* yang mulai dibahas pada 1994 pada sidang ke-31 Subkomite Ilmiah dan Teknis. UNCOPUOS *Space Debris Mitigation Guidelines* pada akhirnya disahkan pada sidang ke-50 tahun 207 setelah negara anggota menyepakati prosedur yang akan memitigasi konflik akibat *space debris*. Hasil kesepakatan tersebut kemudian diabsahkan oleh Majelis Hukum PBB dan menyatakan pedoman tersebut dapat diaplikasikan oleh negara-negara anggota melalui hukum nasionalnya. UNCOPUOS *Space Debris Mitigation Guidelines* memberikan pedoman bagi negara anggota dalam merumuskan *framework* aktivitas keantariksaan, mulai dari tahap perencanaan strategi, perancangan desain, proses pembuatan atau fabrikasi, proses pengorbitan, hingga tahap deorbit.¹⁰ Secara substansi, pedoman ini mengatur tiga kerangka utama, yaitu upaya preventif pelepasan *space debris* termasuk pencegahan terjadinya fragmentasi; prosedur *post-mission disposal*; dan proses antisipasi terhadap tabrakan akibat *space debris*. Pertama, upaya preventif pelepasan *space debris* selama operasi normal. Aktivitas keantariksaan harus dirancang untuk meminimalisir mungkin timbulnya *space debris*. Operator yang bertugas melakukan pengorbitan wajib mempersiapkan rancangan khusus dengan mempertimbangkan aspek implikasi dari timbulnya *space debris*. Kedua, prosedur *post-mission disposal*. Prosedur ini bertujuan untuk meminimalisir potensi timbulnya *space debris* saat proses pengoperasian. Ketika satelit mulai mengintervensi orbit bumi, pesawat antariksa atau wahana peluncur lainnya wajib dirancang untuk mencegah adanya kegagalan sistem yang dapat menyebabkan *break-ups*. Jika terdapat indikasi yang mengarah pada kegagalan sistem, maka harus segera dilakukannya prosedur pembuangan (*disposal*) dan pemadaman (*passivation*) untuk mengurangi fragmentasi *space debris*.

Ketiga, proses antisipasi potensi tabrakan akibat *space debris*. Proses antisipasi ini mengantisipasi peluang tabrakan yang tidak disengaja pada koridor orbit bumi di mana operator wajib memperhatikan kemungkinan tersebut dalam mendesain satelit atau benda antariksa lainnya. Jika terdapat indikasi yang mengarah pada tabrakan, maka operator wajib melakukan kalkulasi terhadap penyesuaian waktu pengorbitan dan tindakan

⁹ Andreas Zimmermann. (2019). *The State of the International Court of Justice: A Commentary*. Oxford: Oxford University Press, p. 38.

¹⁰ UN Doc. A/AC.105/571, “Report of the Scientific and Technical Subcommittee on the Work of its Thirty-First Session”, General Assembly Official Records, Sidang ke-31, 1994.

manuver. *Keempat*, proses antisipasi penghancuran yang disengaja. Operator perlu mempertimbangkan jika proses penghancuran disengaja harus dilakukan, maka wajib dilakukan pada ketinggian yang rendah. *Kelima*, proses antisipasi timbulnya *space debris* pasca operasi. Potensi munculnya *space debris* dapat terjadi setelah aktivitas berakhir akibat energi yang tersisa. Untuk mencegah hal tersebut, maka perlu dilakukan pemadaman benda antariksa ketika sudah tidak lagi beroperasi. Pemadaman dilakukan dengan cara memadamkan berbagai bentuk energi yang tersisa dan pelepasan energi listrik. *Keenam*, pembatasan pesawat antariksa dan media peluncur. Pembatasan tersebut dalam konteks keberadaan dua entitas tersebut dalam jangka panjang setelah operasional berakhir. Pembatasan tersebut dilakukan dengan cara memindahkan satelit yang telah memasuki fase akhir operasional dari orbit bumi rendah. Ketika proses pemindahan satelit dilakukan, operator wajib memperhatikan *space debris* yang berhasil mengintervensi ke permukaan bumi. *Ketujuh*, pembatasan pesawat antariksa dan media peluncur di orbit geostasioner. Satelit yang telah memasuki fase akhir operasional yang melewati orbit geostasioner harus dilakukan pemindahan ke orbit lain di atas orbit geostasioner atau kembali ke orbit geostasioner. Hal tersebut bertujuan untuk melakukan pembatasan gangguan dalam jangka panjang setelah aktivitas berakhir.¹¹

Pedoman kedua adalah Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC) *Space Debris Mitigation Guidelines*. IADC merupakan badan internasional yang keanggotaannya terdiri dari badan-badan antariksa milik *spacefaring nations*. Pembentukan IADC bertujuan untuk memfasilitasi koordinasi dan kerja sama dalam konteks penelitian *space debris*, baik dari dampak hingga perumusan prosedur mitigasi. Hasil penelitian badan-badan antariksa tersebut dikonkretisasi dalam bentuk panduan yang dianggap sebagai kodifikasi atas segala praktik yang dilakukan oleh badan-badan tersebut. Substansi IADC *Space Debris Mitigation Guidelines* serupa dengan UNCOPUOS *Guidelines* namun lebih rinci dan teknis. Konsepsi mitigasi *space debris* dalam IADC *Space Debris Mitigation Guidelines* pun secara umum serupa, meliputi prosedur pembatasan *space debris* saat operasional, kalkulasi potensi terjadinya *break-ups*, prosedur *post-mission disposal*, dan antisipasi tabrakan. Ketentuan dalam pedoman IADC *Space Debris Mitigation Guidelines* berlaku untuk koridor yang disebut sebagai *orbit and protected regions* (OPR), yaitu orbit bumi rendah dan *geosynchronous region* yang termasuk ke dalam orbit geostasioner dan *geostationary transfer orbit*. Pada konteks prosedur *post-mission disposal*, panduan ini mewajibkan adanya dua metode pembuangan menyesuaikan koridor orbit *space debris* berada. Metode pertama yaitu *reorbit*, yaitu pembuangan *space debris* yang berada di orbit geostasioner ke orbit di atas orbit geostasioner dengan ketinggian paling minimal 235 kilometer di atas orbit geostasioner. Metode kedua yaitu *deorbit*, manuver dekresi atau pengurangan tingkat kecepatan yang menyebabkan masuknya kembali benda-benda antariksa kembali ke wilayah orbit, di mana benda antariksa tersebut akan hancur dengan sendirinya.¹²

Pedoman ketiga adalah *European Code of Conduct for Space Debris Mitigation*. Pedoman ini merupakan hasil deliberasi oleh badan-badan antariksa tersohor di Eropa pada tahun 2004. *European Code of Conduct for Space Debris Mitigation* memberikan pedoman untuk prosedur operasional pengorbitan, mulai dari tahap perencanaan hingga pasca operasional. Secara substansi, pedoman ini mengklasifikasikan prosedur mitigasi ke dalam tiga kategori, yaitu manajemen, desain, dan operasi. Berbeda dengan pedoman sebelumnya, *European Code of Conduct for Space Debris Mitigation* tidak bersifat universal, namun bersifat regional. Namun demikian, pedoman ini menempatkan dirinya dalam konteks Pasal 9 *Outer Space Treaty* 1967 karena merupakan elaborasi lebih lanjut dari Pasal tersebut. Maka dari itu, meskipun keberlakuannya regional, namun tingkat relevansi substansinya bersifat universal bagi seluruh negara di luar wilayah Eropa. Pedoman keempat adalah *International Organization for Standardization (ISO) Standard 24113 Space System-Space Debris Mitigation Requirements*. ISO merupakan badan internasional yang khusus bergerak di bidang perumusan standarisasi. Perumusan standarisasi tersebut dalam rangka menjawab permasalahan global dan penerapannya bersifat sukarela. Salah satu standarisasi internasional yang dirumuskan oleh ISO adalah *ISO Standard 24113 Space System-Space Debris Mitigation Requirements*. Standarisasi ini diterbitkan pada tahun 2011 dan yang terbaru hasil revisi terbaru pada tahun 2023. Pedoman ini merupakan representasi dari konsensus internasional terkait mitigasi *space debris* yang mengacu pada pedoman UNCOPUOS dan IADC.¹³

¹¹ Margraw dan Hawke. (2007). "Sustainable Development", dalam Daniel Bodansky, dkk. (2018). *The Oxford Handbook of International Environmental Law*. Oxford: Oxford University Press, p. 625.

¹² Inter-Agency Space Debris Coordination Committee. (2019). "What's IADC". Tersedia di: https://iadc-home.org/what_iadc. [Diakses pada 14 Juli 2024].

¹³ European Mitigation Code of Conduct, Bagian 1.

Pedoman yang ditetapkan dalam ISO *Standard 24113 Space System-Space Debris Mitigation Requirements* mensyaratkan tiga kerangka utama prosedur mitigasi *space debris*. *Pertama*, persyaratan tahap perencanaan. Saat melakukan perancangan aktivitas keantariksaan, operator wajib menyusun prosedur mitigasi *space debris* dengan melakukan analisa terhadap seluruh tahap perencanaan, fabrikasi, pengorbitan, dan proses pembuangan. Kemudian, operator wajib memastikan bahwa terdapat sistem yang berfungsi untuk memverifikasi kesesuaian aktivitas keantariksaan dengan prosedur mitigasi. Pada proses operasional, setiap dokumen yang berisi informasi material akan terus disesuaikan dan diperbarui untuk mencegah kemungkinan terburuk terjadi. *Kedua*, persyaratan tahap operasional. Persyaratan pada tahap ini secara esensial meminimalisir pelepasan *space debris* pada tahap operasional. Namun, jika proses pelepasan tidak dapat dilakukan, maka ISO *Standard 24113 Space System-Space Debris Mitigation Requirements* mensyaratkan *space debris* dilepaskan ke koridor orbit yang tidak boleh melebihi ukuran 1 milimeter. Selain itu, pedoman turut memberikan batas maksimal penempatan satelit atau benda antariksa lainnya, yaitu maksimal 100 tahun untuk koridor orbit geostasioneri dan maksimal 25 tahun untuk koridor orbit bumi rendah. Dalam kurun waktu tersebut, tabrakan dan ledakan secara disengaja tidak diperkenankan. Untuk tabrakan dan ledakan secara tidak disengaja, ISO *Standard 24113 Space System-Space Debris Mitigation Requirements* memberikan panduan agar seluruh satelit atau benda antariksa terus dilakukan pemantauan secara berkala untuk mengidentifikasi potensi malfungsi. Kemudian, paska tahap operasional, satelit dan benda antariksa wajib untuk dipasifkan. *Ketiga*, persyaratan tahap akhir aktivitas. Persyaratan pada tahap ini berfokus pada proses pembuangan paska tahap operasional. ISO *Standard 24113 Space System-Space Debris Mitigation Requirements* memberikan panduan bahwa persentase keberhasilan proses pembuangan setidaknya mencapai 90%.¹⁴ Media pembuangan pun ditetapkan, yaitu wajib dibuang ke *graveyard orbit* yang berada di atas orbit geostasioneri. Pedoman ini juga menyediakan beberapa opsi pembuangan, antara lain: (1) proses *retrieval* menggunakan metode *active debris removal*; (2) memasukkan kembali benda antariksa ke media pembuangan di permukaan bumi; (3) proses peluruhan alami dalam jangka waktu 25 tahun; dan (4) proses manuver secara terkendali dalam jangka waktu 25 tahun.

3.2 Best Practices Penerapan Mitigasi Space Debris di Negara Lain

Beberapa negara telah memiliki instrumen hukum yang mengatur mitigasi *space debris* dalam aktivitas keantariksannya. Negara pertama adalah Amerika Serikat yang merupakan negara anggota UNCOPUOS dan salah satu negara yang turut merumuskan prosedur mitigasi dalam IADC *Guidelines*. Prosedur perlisensian untuk menjadi operator menjadi aspek fundamental yang ditekankan di Amerika Serikat. Beberapa lembaga yang menerbitkan persyaratan tersebut, diantaranya Federal Aviation Administration (FAA), National Aeronautics and Space Administration (NASA), Federal Communication Commission (FCC), dan Department of Defense. Rumusan persyaratan mitigasi *space debris* yang diterbitkan lembaga-lembaga tersebut secara umum diklasifikasikan menjadi enam aspek, yaitu: (1) pengendalian *space debris* saat proses pengorbitan; (2) pengendalian *space debris* saat proses operasional; (3) pengendalian *space debris* akibat ledakan yang tidak disengaja; (4) pengendalian *space debris* akibat tabrakan yang tidak disengaja; (5) prosedur *post-mission disposal*; dan (6) mekanisme standar praktik lainnya berkaitan dengan aktivitas keantariksaan di orbit bumi rendah. *Pertama*, pengendalian *space debris* saat pengorbitan. Untuk persyaratan ini, hanya FAA yang merumuskan persyaratan mengingat ruang lingkup kewenangan dari FAA hanya dalam aspek penanggulangan *space debris* yang terbatas pada prosedur *launch* dan *reentry*. Operator diwajibkan untuk merumuskan proses pencegahan dan penanggulangan risiko terhadap orang atau properti yang berada di sekitar area pengorbitan. Selain itu, operator wajib meminimalisir risiko potensi terjadinya malfungsi pada satelit atau benda antariksa selama proses pengorbitan. Kemudian, terdapat aturan ambang batas (*threshold*) di mana operator wajib melakukan serangkaian identifikasi dan kalkulasi untuk memastikan agar risiko yang terjadi tidak melebihi ambang batas.

Kedua, pengendalian *space debris* saat proses operasional. Persyaratan dalam konteks operasional dirumuskan oleh NASA melalui *Orbital Debris Mitigation Standard Practices* yang mensyaratkan agar satelit atau benda antariksa lainnya harus dirancang untuk seminimal mungkin menimbulkan *space debris* selama proses operasional. Jika pelepasan *space debris* berukuran 5 milimeter atau berukuran lebih besar dan tidak dapat dihindari, maka harus terdapat argumentasi yang mendasari terjadinya pelepasan, selama *space debris* tersebut tetap berada di orbit bumi rendah lebih dari 25 tahun. Jika pelepasan *space debris* yang berukuran lebih dari 5 milimeter, maka *space debris* tersebut tetap berada di orbit bumi rendah tidak lebih dari 100 tahun. *Ketiga*,

¹⁴ International Organization for Standardization. (2019). "About ISO". Tersedia di: https://www.iso.org/home/about/iso_members.htm. [Diakses pada 14 Juli 2024].

pengendalian *space debris* akibat ledakan yang tidak disengaja. NASA mensyaratkan agar desain satelit atau benda antariksa saat proses fabrikasi berlangsung, operator wajib menyampaikan laporan kalkulasi bahwa kemungkinan terjadinya ledakan yang tidak disengaja harus mendekati nol. Jika hasil kalkulasi menunjukkan kemungkinan yang menjauhi nol, maka operator harus melakukan penyesuaian desain. Jika terdapat satelit atau benda antariksa yang sudah tidak berfungsi, NASA mensyaratkan agar segera dilakukan *passivation*. *Passivation* dilakukan agar mencegah terjadinya ledakan yang tidak disengaja. Pasalnya, acap kali terdapat entitas yang sudah tidak berfungsi masih menyisakan bahan bakar di dalamnya. Hal tersebutlah yang dapat menyebabkan terjadinya ledakan, terlebih katup bahan bakar dibiarkan tertutup. Maka dari itu, NASA mensyaratkan agar operator wajib menurunkan tingkat tekanan untuk mengurangi risiko ledakan, dan operator harus memastikan bahwa satelit atau benda antariksa tersebut telah sepenuhnya padam dan tidak menyisakan energi.

Keempat, pengendalian *space debris* akibat tabrakan yang tidak disengaja. NASA mensyaratkan operator agar memastikan setiap bagian dari media peluncuran termasuk satelit atau benda antariksa yang diluncurkan berjarak minimum 200 kilometer dari entitas lain di orbit bumi rendah. Dalam kondisi demikian, operator wajib melaporkan secara berkala, dalam jangka waktu 30 hari pasca proses pengorbitan, seluruh parameter operasional, mencakup periode inklinasi, nodal, perigee, dan apogee. Pada konteks lain, Department of Defense Amerika Serikat turut berupaya untuk melakukan pencegahan terjadinya tabrakan melalui *Space Surveillance Network* yang berfungsi menavigasi entitas antariksa dengan memanfaatkan perangkat optik atau radar. *Space Surveillance Network* juga menyediakan data navigasi kepada The US Special Force 18th Space Control Squadron dengan melampirkan informasi material berkenaan dengan katalog entitas antariksa. Hal tersebut dilakukan dalam rangka memberikan peringatan (*warning*) potensi tabrakan kepada operator. *Kelima*, prosedur *post-mission disposal*. Pada prosedur ini, NASA mensyaratkan adanya perencanaan terkait proses pembuangan satelit atau benda antariksa pasca operasional berakhir. Adapun metode pembuangan yang direkomendasikan NASA, meliputi: (1) melakukan proses peluruhan alami dengan dimasukkan kembali ke atmosfer bumi dalam waktu 25 tahun setelah operasional berakhir; (2) melakukan manuver ke *disposal orbit* dan meninggalkan orbit bumi rendah; dan (3) proses pengambilan langsung menggunakan metode ADR pasca proses operasional.

Keenam, mekanisme standar praktik lainnya berkaitan dengan aktivitas keantariksaan di orbit bumi rendah. Dalam rangka merespon perkembangan teknologi informasi, NASA melakukan penyesuaian standarisasi dengan mengharuskan *small satellites* dan *large constellation* untuk terikat pada pedoman *Orbital Debris Mitigation Standard Practices*. Kemudian, terdapat penyesuaian pula terhadap prosedur remediasi *space debris* seperti *on-orbit servicing* dan ADR yang bertujuan untuk mencegah potensi terjadinya tabrakan dan ledakan yang tidak disengaja. Beberapa peraturan baru dimunculkan karena FCC merasa perlu adanya pembaruan prosedur pemberian lisensi dan kepatuhan operator. Peraturan-peraturan baru tersebut di antaranya:

- a. *Title 47 C.F.R. Parts 25.114 – Application for Space Station Authorizations*. Peraturan ini mensyaratkan adanya informasi material tambahan berkenaan dengan potensi satelit atau benda antariksa lainnya menjadi *space debris* jika entitas tersebut berada di orbit bumi rendah atau orbit non geostasioneri.
- b. *Title 47 C.F.R. Parts 25.122 – Application for Streamlined Small Space Station Authorization*. Pada peraturan ini, FCC memperkenalkan *Notice of Proposed Rule Making* (NPRM) berkaitan dengan serangkaian inisiatif baru yang bertujuan untuk mengurangi intensitas *space debris* dari operator yang telah memiliki lisensi. Inisiatif tersebut ditambah dengan pengenaan jaminan keberhasilan yang ditujukan kepada operator. Jika jaminan keberhasilan deorbit satelit tersebut tidak dibayarkan, maka lisensi dari operator berhak untuk dicabut.

Pada konteks mitigasi *space debris*, Amerika Serikat dalam catatan historis pernah melakukan penghancuran yang disengaja terhadap satelit atau benda antariksa lainnya. Penghancuran tersebut dilakukan dengan menggunakan *anti-satellites weapons* (ASAT). Penghancuran tersebut dilakukan terhadap satelit USA-193 pada ketinggian 250 km karena hilang kendali dan mendekati permukaan bumi. Tindakan penghancuran tersebut secara *prima facie* sebenarnya melanggar ketentuan UNCOPUOS *Space Debris Mitigation Guidelines*. Namun perlu dilihat bahwa tindakan penghancuran dilakukan pada ketinggian yang rendah sehingga meminimalisir jangka waktu bagi *space debris* untuk menempati koridor orbit. Melihat ketinggian tersebut, sebenarnya tindakan penghancuran tersebut sesuai dengan ketentuan Pasal 4 UNCOPUOS *Space Debris Mitigation Guidelines* yang menentukan bahwa tindakan penghancuran dapat dilakukan dalam kondisi ketinggian yang rendah untuk menekan jangka waktu *space debris* menempati koridor orbit. Selain melakukan

tindakan penghancuran, Amerika Serikat juga pernah melakukan manuver untuk menghindari tabrakan (*collision avoidance*) pada satelit Iridium 33 yang kala itu masih beroperasi. Kala itu, satelit Iridium 33 mengalami tabrakan satelit Cosmos 2251 milik Rusia yang sudah tidak beroperasi.¹⁵

Negara kedua yang memiliki prosedur mitigasi *space debris* adalah Rusia. Melalui *Law of the Russian Federation About Space Activity Decree No. 5663-1*, diatur mengenai prosedural aktivitas keantariksaan dan merupakan dasar hukum bagi badan-badan yang menjalankan aktivitas keantariksaan. Meskipun secara substansi tidak mencakup keseluruhan aktivitas keantariksaan, namun melalui undang-undang ini dibentuklah badan ruang angkasa Rusia, yaitu Roskosmos. Melalui Roskosmos, pengaturan terkait perizinan aktivitas keantariksaan, anggaran keantariksaan, hingga berkenaan dengan pengembangan ilmu pengetahuan dan industri keantariksaan terakomodasi. Pada konteks peraturan yang lebih teknis, Rusia memiliki prosedur mitigasi *space debris* yang dituangkan ke dalam *GOST R 52925-2018 General Requirements for Space Assets to Limit Man-Made Clogging of Near-Earth Space* yang diterbitkan pada tahun 2018. Melalui aturan tersebut, ditetapkan persyaratan untuk mengurangi intensitas material buatan yang berada di koridor orbit akibat operasional pengorbitan. Standar tersebut berlaku untuk seluruh tahap operasional, mulai dari tahap perencanaan hingga *post-mission disposal*. *GOST R 52925-2018 General Requirements for Space Assets to Limit Man-Made Clogging of Near-Earth Space* menduplikasi ketentuan-ketentuan dalam *UNCOPUOS Space Debris Mitigation Guidelines* dan *ISO Standards*, kecuali berkenaan dengan ambang batas. Salah satu progresivitas yang ditunjukkan dari aturan ini adalah pendefinisian konseptual sejumlah parameter terkait keantariksaan, seperti istilah benda antariksa, *karman line*, *active*, dan *debris*.

Berkaitan dengan prosedur mitigasi *space debris* pada tahap perancangan, Pasal 5 *GOST R 52925-2018 General Requirements for Space Assets to Limit Man-Made Clogging of Near-Earth Space* menentukan sejumlah peristiwa timbulnya *space debris* yang berkontribusi terhadap pencemaran di orbit. Ketentuan tersebut mencakup ledakan antar entitas antariksa, proses penghancuran secara disengaja, pelepasan material selama proses operasional, ledakan dan tabrakan, dan erosi material. Entitas antariksa harus dirancang untuk seminimal mungkin tidak menghasilkan *space debris* dan mengurangi potensi terjadinya ledakan yang tidak disengaja. Kemudian, operator harus memastikan prosedur *post-mission disposal* dilakukan dengan cara memindahkan entitas antariksa dari orbit operasional. Berkaitan dengan tahap operasional, Pasal 6 *GOST R 52925-2018 General Requirements for Space Assets to Limit Man-Made Clogging of Near-Earth Space* berorientasi pada upaya minimalisasi potensi timbulnya *space debris*. Selain itu, operator wajib memastikan media peluncuran harus dirancang untuk tidak mengalami ledakan yang tidak disengaja. Ketika berada di koridor orbit, Pasal *a quo* menguraikan sejumlah standarisasi untuk meminimalisir timbulnya *space debris*, antara lain: (1) media peluncuran harus meminimalisir penggunaan perangkat berbasis bahan peledak; (2) mengurangi pelepasan bagian-bagian media peluncuran, termasuk *nozzle stubs* dan *nose cones*; dan (3) operator wajib memastikan bahan bakar tersisa harus dibuang pasca proses operasional.

Berkaitan dengan prosedur *post-mission disposal*, Pasal 6 *GOST R 52925-2018 General Requirements for Space Assets to Limit Man-Made Clogging of Near-Earth Space* menekankan penggunaan metode *passivation* yang dilakukan dengan membuang seluruh sisa bahan bakar dari satelit atau benda antariksa yang telah selesai operasional. Selain pembuangan sisa bahan bakar, *passivation* dapat dilakukan pula dengan mengosongkan baterai dan melakukan pemisahan terhadap jalur pengisian daya. Dalam konteks entitas antariksa yang dibuang ke graveyard orbit, Pasal 6 *GOST R 52925-2018 General Requirements for Space Assets to Limit Man-Made Clogging of Near-Earth Space* merekomendasikan entitas tersebut harus memiliki sisa energi yang cukup untuk menyelesaikan tindakan manuver pergantian orbit. Berkaitan dengan tahap operasional, aturan yang ada disesuaikan dengan pedoman *UNCOPUOS Space Debris Mitigation Guidelines*, tepatnya pada *Guidelines 1* yang mensyaratkan negara untuk menekan pelepasan *space debris* dalam tahap operasional, fase orbit satelit Fregat, Briz-M, DM-3, dan pengorbitan Soyuz-2 dilaporkan tidak menghasilkan *space debris*. Kemudian, *Guidelines 2* dilaksanakan dengan memperkuat material satelit dan dipasangkan kepada tangki bahan bakar agar tidak terjadi fragmentasi. Adapun untuk satelit Gonet dan Express, telah ditetapkan prosedur diantaranya: (1) pemadaman satelit yang sudah tidak diperlukan, terkhusus instrumen penggerak mekanik; (2) peleburan sisa bahan bakar; dan (3) pembuangan zat-zat kimia.¹⁶

¹⁵ Difa Zahra. (2024). "Mitigasi Space Debris yang Berpotensi Dihasilkan oleh Mega-Konstelasi Satelit di Low Earth Orbit ditinjau dari Hukum Internasional". Skripsi Fakultas Hukum Universitas Indonesia.

¹⁶ John Lambert. (2018). "Fengyun-IC Debris Cloud Evolution over One Decade". Prosiding dari Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference, Hawaii, p.2.

Negara ketiga yang memiliki prosedur mitigasi *space debris* adalah Tiongkok selaku salah satu *spacefaring nations* terbesar. Sama seperti Rusia, Tiongkok pun menerapkan persyaratan lisensi dan sejumlah aturan yang wajib dipatuhi oleh operator. Terdapat tiga lembaga yang berwenang untuk menetapkan standarisasi tersebut, di antaranya *Chinese National Expert Committee of Space Debris Research*, *Chinese National Space Debris Office*, dan *State Administration of Science, Technology, and Industry for National Defense*. Pada konteks kewajiban registrasi sebagaimana mengacu pada *China Registration Measures*, operator wajib melakukan registrasi terhadap satelit atau benda antariksa yang ingin diluncurkannya. Kewenangan untuk melakukan pencatatan registrasi dilakukan oleh *State Administration of Science, Technology, and Industry for National Defense* termasuk mencatat registrasi ulang dari satelit atau benda antariksa yang telah berubah bentuknya akibat proses fragmentasi. Proses registrasi tersebut akan membantu otoritas untuk menyediakan informasi berkenaan dengan eksistensi *space debris*. Kemudian berkaitan dengan proses lisensi, *China Interim Licensing Measures* mensyaratkan operator wajib melaporkan lokasi, waktu, persyaratan teknis, parameter orbit, dan lokasi pendaratan dalam konteks pengorbitan. Informasi tersebut bertujuan untuk mempermudah pengidentifikasian terhadap aktivitas satelit atau benda antariksa di koridor orbit. Pasal 6 huruf d *China Interim Licensing Measures* mengatur bahwa prosedur mitigasi *space debris* dalam aspek perancangan harus memenuhi kualifikasi keselamatan. Kualifikasi keselamatan tersebut ditunjukkan dari material yang tidak membahayakan publik akibat malfungsi.

Salah satu prosedural yang terkenal dalam kebijakan mitigasi *space debris* di Tiongkok adalah *China Space White Papers*. Kebijakan tersebut memuat strategi, prinsip, dan ambisi dari Tiongkok terkait aktivitas eksplorasi keantariksaan serta penerapan teknologi informasi yang menunjang proses pengorbitan. Proses penerbitan *China Space White Papers* hingga tahun 2023 telah dilakukan sebanyak lima kali, yaitu pada tahun 2000, 2011, 2016, dan 2021. Keempat terbitan *papers* tersebut menekankan bahwa Tiongkok mulai mengambil langkah serius untuk menangani permasalahan *space debris* di koridor orbit dan berupaya untuk terus memperbarui prosedur mitigasinya. Tiongkok juga menekankan pada penggunaan sumber daya pada antariksa secara rasional serta terus mengembangkan metode navigasi *space debris* melalui *Space Situational Awareness* (SSA). Melalui metode SSA, Tiongkok mampu memberikan peringatan dini kepada satelit atau benda antariksa akan potensi tabrakan atau ledakan, baik yang disengaja maupun tidak disengaja.¹⁷

3.3 Pengayaan Prosedur Mitigasi Space Debris dalam Konteks Mega-Konstelasi Low Earth Orbit

Tersedianya pelbagai regulasi dan pedoman berkaitan dengan mitigasi *space debris* tidak serta merta dapat menekan eskalasi *space debris* di orbit bumi rendah. Berkaca pada ketidakefektifan prosedur mitigasi *space debris* yang dihasilkan oleh proyek MegaLEO, timbul tren baru di mana penyesuaian tidak hanya mencakup prosedur mitigasi saja, namun juga mencakup tata kelola *space debris* secara holistik. Merespon hal tersebut, masyarakat internasional bersuara agar dibentuknya suatu regulasi yang berlaku secara universal dan mengikat secara hukum berkenaan dengan pengendalian dan pengelolaan *space debris*. Pada konferensi UNCOPUOS *Scientific and Technical Subcommittee* tahun 2021, sejumlah negara anggota mengusulkan regulasi demikian. Pada konferensi tersebut, negara anggota juga menekankan pengembangan metode *active debris removal* (ADR) sebagai upaya untuk meminimalisir risiko tabrakan dan ledakan yang tidak disengaja. Metode ini sejatinya telah diterapkan beberapa kali semenjak PBB mengadopsi UNCOPUOS *Space Debris Mitigation Guidelines* dengan dalil keamanan sistem antariksa di masa mendatang. ADR bertujuan untuk meremediasi *space debris* yang dilakukan dengan cara mengirimkan media peluncuran untuk mengambil satelit atau benda antariksa yang sudah tidak berfungsi. Melihat tujuannya tersebut, metode ini cocok diterapkan di koridor orbit bumi rendah yang tidak memiliki *graveyard orbit*. Penggunaan ADR dinilai sangat signifikan mengingat potensi munculnya *space debris* semakin meningkat akibat proyek MegaLEO. Pasalnya, tata kelola pengendalian *space debris* hanya berfokus pada upaya mitigasi saja, tanpa mengindahkan upaya remediasi. Signifikasi dan urgensi akan remediasi tersebut membuat Jerman mengusulkan pengembangan metode ADR pada konferensi UNCOPUOS *Scientific and Technical Subcommittee* ke-51.¹⁸

Linear dengan posisi Jerman, sejumlah negara anggota pada konferensi tersebut turut mengusulkan pengembangan metode ADR karena dapat mencegah terjadinya kerusakan lingkungan antariksa dan kerugian ekonomis (*kessler syndrome*). Selain itu, tata kelola *space debris* berkaitan erat dengan *space traffic*

¹⁷ Fabio Tronchetti. (2019). *Space Law and China*. Oxford: Oxford University Press, p. 7.

¹⁸ General Exchange of Information and Views on Legal Mechanism Relating to Space Debris Mitigation and Remediation Measures, UN Doc. A/AC.105/C.2/L.314/.

management, yaitu pengelolaan lalu lintas antariksa. Pengelolaan lalu lintas tersebut direpresentasikan melalui serangkaian ketentuan teknis untuk meningkatkan keamanan aktivitas keantariksaan yang terbebas dari intervensi frekuensi radio. Serangkaian ketentuan teknis mencakup prosedur pengaturan, koordinasi, dan pemantauan untuk mencegah adanya tabrakan atau ledakan di orbit bumi rendah. Neel Patel, *journalist for science, health, and technology coverage* New York Times, berpendapat bahwa metode *space traffic management* dapat membentuk otoritas yang berwenang mengatur standar manajemen lalu lintas antariksa, seperti International Civil Aviation Organization (ICAO). Pada dimensi lain, Ruth Stilwell, pakar kebijakan antariksa dan penerbangan, berpendapat bahwa masyarakat internasional dapat mengadopsi yang serupa dengan konsep laut lepas sebagaimana diatur dalam *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS). Beberapa negara pun mengambil kebijakan untuk merespon eskalasi *space debris* akibat proyek MegaLEO. Jepang mengorbitkan proyek *Rabbit* yang dapat melakukan kalkulasi terhadap kecepatan *space debris* yang mendekati satelit atau benda antariksa untuk menilai risiko dan pertimbangan pengambilan keputusan. Kemudian, Jerman melalui *The German Space Situational Awareness Centre* (GSSAC) yang dewasa ini mengembangkan kapabilitasnya melakukan pengawasan dan navigasi *space debris*. GSSAC berfokus pada penilaian potensi risiko satelit atau benda antariksa yang sudah tidak berfungsi.

Berdasarkan laporan yang dikeluarkan FAA berjudul *Risk Associated with Reentry Disposal of Satellites from Proposed Large Constellations in Low Earth Orbit*, memprediksi bahwa satelit Starlink akan bertanggung jawab terhadap 85% risiko terhadap umat manusia di bumi pada 2035. Terlebih lagi, jika beberapa proyeksi MegaLEO Starlink terealisasi dan kembali menghasilkan *space debris*, maka pada 2035 jumlah *space debris* akan mencapai 28.000. Jika dikalkulasikan, FAA memperkirakan setiap satu orang di bumi akan terdampak bahkan terbunuh akibat deorbit satelit Starlink. Risiko terhadap keterdampakan manusia dan pencemaran terhadap koridor orbit berupaya dicegah oleh berbagai prosedur mitigasi, baik yang berlaku universal maupun non universal. Namun, konfigurasi berbagai regulasi dan pedoman yang ada tidak dapat menekan laju pertumbuhan *space debris*. Penulis mengidentifikasi sejumlah kelemahan pada mitigasi *space debris* yang telah *exist*, antara lain:¹⁹

- a. Ketiadaan pengaturan ambang batas pengorbitan satelit atau benda antariksa oleh International Telecommunication Union (ITU). Orientasi penanganan laju pertumbuhan *space debris* acapkali hanya pada aspek penanganan, tanpa memperdulikan pencegahannya. Aspek pencegahan berkaitan dengan bagaimana satelit atau benda antariksa mendapatkan izin untuk diorbitkan. ITU sampai kini tidak memiliki pengaturan atau prosedural untuk membatasi jumlah maksimum satelit atau benda antariksa yang dapat diorbit. ITU merupakan lembaga di bawah PBB yang memiliki kewenangan untuk mengalokasikan spektrum frekuensi dan slot orbit bagi setiap satelit atau benda antariksa yang akan diorbitkan. ITU melalui *World Radio Communication* menentukan prosedur untuk menempatkan satelit atau benda antariksa di orbit non geostasioneri, termasuk orbit bumi rendah. *World Radio Communication* menetapkan bahwa operator wajib meluncurkan 10% satelit atau benda antariksa dalam jangka waktu dua tahun sejak pengajuan slot orbit ke ITU, 50% dalam jangka waktu lima tahun, dan 100% dalam jangka waktu tujuh tahun. Meskipun ITU menetapkan persentase peluncuran beserta jangka waktunya, ITU tidak melakukan limitasi terhadap jumlah peluncuran yang dapat dilakukan oleh operator.
- b. Keterbatasan tingkat efektivitas dan rendahnya tingkat kepatuhan terhadap prosedur mitigasi *space debris*. Adanya keterbatasan tingkat efektivitas tidak linear dengan apa yang dicita-citakan *precautionary principle* yang menegaskan bahwa negara-negara secara universal tetap harus mengambil langkah pencegahan kendati belum nampak potensi kerusakan koridor orbit dari aktivitas keantariksaan. Pasalnya, setiap regulasi keantariksaan mewajibkan setiap negara untuk menerapkan prinsip kehati-hatian melalui serangkaian prosedur *due diligence*. Keterbatasan tersebut tentunya berimplikasi pada problematika tingkat kepatuhan yang rendah terhadap pelaksanaan prosedur mitigasi, terkhusus pada tahap *post-mission disposal*. Sebagai contoh, tingkat kepatuhan terhadap deorbit di orbit bumi rendah dalam 25 tahun terakhir sangat rendah. Pasalnya hingga tahun 2017, hanya sekitar 55% satelit atau benda antariksa yang mematuhi aturan deorbit. Artinya, terdapat lebih dari 40% satelit atau benda antariksa yang tidak mematuhi aturan deorbit, hal tersebut jauh dari batas minimum tingkat kepatuhan sebesar 70%. Rendahnya tingkat kepatuhan juga disebabkan oleh hukuman yang hanya sekadar ‘wacana’. Seluruh persyaratan untuk mendapatkan lisensi wajib dipenuhi oleh operator, namun tidak ada indikasi bahwa operator akan dilekatkan hukuman jika tidak

¹⁹ Yaries Mahardika. (2023). “Satellite Mega Constellations: Conflict between Freedom of Exploration and Unsustainable Outer Space Activities”. *Brawijaya Journal of Legal Studies*, 10(1): 89-105.

menjalankan prosedur mitigasi. Kemudian, terdapat ketidakpastian hukum mengenai definisi konseptual dari *space debris*, baik yang diatur dalam *liability convention*, *rescue agreement*, dan *registration convention*. Hal tersebut diperparah dari definisi konseptual *space objects* dalam pelbagai perjanjian internasional yang tidak memberi diferensiasi antara entitas yang masih berfungsi atau tidak. Sementara di sisi lain, definisi konseptual *space debris* yang disepakati UNCOPUOS hanya tertuju pada satelit atau benda antariksa yang masih berfungsi. Ketidakpastian hukum tersebut mempersulit dalam memastikan pertanggungjawaban negara atas kontribusi *space debris*.

- c. Ketidakefektifan kerja sama internasional. Kerja sama merupakan hal yang krusial, terlebih lagi fenomena *space debris* bersifat lintas negara dan dapat menimbulkan elemen asing (*foreign elements*). Ketidakefektifan tersebut direpresentasikan oleh praktik pertukaran data (*data sharing*) yang hanya melibatkan segelintir negara. Sebagai contoh, data katalog satelit atau benda antariksa yang telah dihimpun dan disebarkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat yang tidak seluruhnya akurat, karena data tersebut hanya memuat informasi di sebagian kecil wilayah Asia. Disparitas kepemilikan data juga ditunjukkan oleh Amerika Serikat dan Rusia. SSN yang di bawah naungan Departemen Pertahanan Amerika Serikat memiliki lebih dari 20 sensor optik dan radar, sedangkan SSN Rusia hanya memiliki 12 sensor optik dan 10 radar. Selain itu, tidak semua negara memiliki otoritas layaknya SSN, sehingga mempengaruhi pemerataan radar dan sensor optik yang mengakibatkan beberapa zona di antariksa yang tidak teridentifikasi dan terpantau.

Penulis juga mengidentifikasi adanya kesenjangan atau disparitas dalam upaya mitigasi *space debris* dalam konteks proyek MegaLEO. Ketidakefektifan prosedur mitigasi *space debris* linear dengan urgensi pengayaan, pasalnya regulasi yang telah *exist* bersifat tidak mengikat, fakultatif, dan tingkat diferensiasi prosedur yang besar. Uniformitas tersebut perlu dilakukan pengayaan mengingat kondisi koridor orbit bumi rendah yang menjadi lebih padat dan potensi tabrakan dan ledakan yang lebih besar dari proyek MegaLEO. Negara yang berbeda atau operator yang berbeda dari negara yang sama menggunakan standarisasi dan prosedural yang berbeda pula dalam merancang satelit, benda antariksa, maupun media peluncuran; kalkulasi terjadinya tabrakan dan ledakan, serta akselerasi manuver. Apalagi, ketiadaan aturan terkait subjek yang bertanggung jawab untuk melakukan manuver ketika ada potensi terjadinya tabrakan atau ledakan dari operator yang berbeda turut menambah permasalahan.²⁰

4. Kesimpulan

Masifnya proyek MegaLEO yang dilakukan oleh negara-negara, baik yang memiliki operator tunggal maupun multi operator menghasilkan *space debris* yang mencemari lingkungan keantariksaan. Pelbagai regulasi yang mengatur prosedur mitigasi *space debris* telah diberlakukan, namun belum mampu menekan eskalasi *space debris* di koridor orbit bumi rendah. Ketidakefektifan prosedur mitigasi *space debris* linear dengan urgensi pengayaan, pasalnya regulasi yang telah *exist* bersifat tidak mengikat, fakultatif, dan tingkat diferensiasi prosedur yang besar. Uniformitas tersebut perlu dilakukan pengayaan mengingat kondisi koridor orbit bumi rendah yang menjadi lebih padat dan potensi tabrakan dan ledakan yang lebih besar dari proyek MegaLEO. Beberapa kelemahan tersebut menunjukkan beberapa konfigurasi keadaan, antara lain: (1) ketiadaan pengaturan ambang batas jumlah satelit atau benda antariksa yang dapat diorbitkan oleh ITU; (2) keterbatasan efektivitas dan rendahnya tingkat kepatuhan terhadap prosedur mitigasi *space debris*; dan (3) ketidakefektifan kerja sama internasional dalam mitigasi *space debris*, terkhusus pada pertukaran data antariksa dan pemerataan kepemilikan sensor optik dan radar dalam menavigasi aktivitas di antariksa. Maka dari itu, diperlukan adanya penataan ulang terhadap prosedur mitigasi *space debris* dalam konteks proyek MegaLEO dalam rangka menekan laju pertumbuhan *space debris*.

Referensi

- Adam Mudge. (2022). "Incentivizing Active Debris Removal". *Air Force Law Review*, 82(1): 88.
- Alberto Rueda. (2019). *Mega-Constellations: Legal Aspect, in Promoting Productive Cooperation Between Space Lawyers and Engineers*. Pennsylvania: IGI Global.
- Andreas Zimmermann. (2019). *The State of the International Court of Justice: A Commentary*. Oxford: Oxford University Press.
- Daniel Bodansky, dkk. (2018). *The Oxford Handbook of International Environmental Law*. Oxford: Oxford University Press.

²⁰ Adam Mudge. (2022). "Incentivizing Active Debris Removal". *Air Force Law Review*, 82(1): 88.

- Difa Zahra. (2024). “Mitigasi Space Debris yang Berpotensi Dihasilkan oleh Mega-Konstelasi Satelit di Low Earth Orbit ditinjau dari Hukum Internasional”. Skripsi Fakultas Hukum Universitas Indonesia.
- Draper. (2017). *The Challenges of Maneuvering Tiny Satellites in Space*. Tersedia di: <https://www.draper.com/news-releases/challenge-maneuvering-tiny-satellites-space>. [Diakses pada 14 Juli 2024].
- European Mitigation Code of Conduct, Bagian 1.
- Fabio Tronchetti. (2019). *Space Law and China*. Oxford: Oxford University Press, p. 7.
- General Exchange of Information and Views on Legal Mechanism Relating to Space Debris Mitigation and Remediation Measures, UN Doc. A/AC.105/C.2/L.314/.
- Ida Bagus. (2020). *Konsep-Konsep Dasar Hukum Internasional dan Hukum Antariksa Internasional*. Jakarta: Penerbit Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
- Inter-Agency Space Debris Cordination Committee. (2019). “What’s IADC”. Tersedia di: https://iadc-home.org/what_iadc. [Diakses pada 14 Juli 2024].
- International Organization for Standardization. (2019). “About ISO”. Tersedia di: https://www.iso.org/home/about/iso_members.htm. [Diakses pada 14 Juli 2024].
- John Lambert. (2018). “Fengyun-IC Debris Cloud Evolution over One Decade”. Prosiding dari Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies Conference, Hawaii, p.2.
- Satria Diaz, dkk. (2019). “Analisis Yuridis Eksistensi Yurisdiksi Satelit Ruang Angkasa Menurut Hukum Internasional”. *Diponegoro Law Journal*, 8(1): 707.
- Soerjono Soekanto. (2004). *Penelitian Hukum Normatif (Suatu Tinjauan Singkat)*. Jakarta: Raja Grafindo, p. 29.
- Space.com. (2023). *Starlink Satellites: Everything You Need to Know about the Controversial Internet Megaconstellation*. Tersedia di: <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites>. [Diakses pada 14 Juli 2024].
- UN Doc. A/AC.105/571, “Report of the Scientific and Technical Subcommittee on the Work of its Thirty-First Session”, General Assembly Official Records, Sidang ke-31, 1994.
- Union of Concerned Scientist. (2023). *UCS Satellite Database in Depth Details on the 6,718 Satellite Currently Orbiting Earth, including their Country of Origin, Purpose, and other Operational Details*. Tersedia di: <https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database#.Wx6A4YpKjIV>. [Diakses pada 14 Juli 2024].
- Yaries Mahardika. (2023). “Satellite Mega Constellations: Conflict between Freedom of Exploration and Unsustainable Outer Space Activities”. *Brawijaya Journal of Legal Studies*, 10(1): 89-105.
- Zwaan, dkk. (2019). *Introduction to Space Law*. Alphen: Wolters Kluwer.