



LITRA: Jurnal Hukum Lingkungan Tata Ruang dan Agraria
Departemen Hukum Lingkungan Tata Ruang dan Agraria, Fakultas Hukum Universitas Padjadjaran
P-ISSN: 2809-6983 E-ISSN: 2808-9804
Volume 05, Nomor 02, April 2026
Artikel diterbitkan: 1 April 2026 DOI: <https://doi.org/10.23920/litra.v5i2.2537>

Urgensi *National Space Debris Mitigation Guidelines* dalam Menjaga Keamanan Antariksa Indonesia

The Urgency Of National Space Debris Mitigation Guidelines In Maintaining Indonesia's Space Security

Fara Syahrani^a, M. Fanny Akbar^b, Saffana Ayu^c

^{abc}Fakultas Hukum, Universitas Padjadjaran, Jalan Ir. Soekarno KM. 21, Sumedang, Indonesia

e-mail: fara22001@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Ruang udara dan antariksa merupakan aset strategis bagi suatu negara yang tidak hanya berperan dalam pertahanan dan keamanan nasional, tetapi juga sebagai katalisator utama dalam pengembangan inovasi teknologi. Regulasi terkait pengelolaan ruang udara dan antariksa di Indonesia nyatanya masih menyisakan celah, terkhusus mengenai pengelolaan serta tanggung jawab suatu negara terhadap adanya sampah antariksa (*space debris*). Hal tersebut menyebabkan minimnya pengelolaan risiko yang timbul akibat jatuhnya puing-puing dari objek luar angkasa ke wilayah Indonesia. Penelitian ini bertujuan menganalisis urgensi pembentukan pedoman nasional mengenai mitigasi *space debris* atau *National Space Debris Mitigation Guidelines* di Indonesia serta membandingkannya dengan kebijakan mitigasi *space debris* di beberapa negara lain sebagai bahan rekomendasi kebijakan nasional. Metode penelitian yang diterapkan merupakan penelitian hukum dengan pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan serta dianalisis secara kualitatif. Dengan demikian, dibutuhkan kebijakan nasional yang komprehensif mengenai mitigasi *space debris* guna meningkatkan perlindungan terhadap keamanan negara dan keberlanjutan aktivitas antariksa Indonesia

Kata kunci: *space debris*; ruang udara; antariksa; pedoman mitigasi

ABSTRACT

Airspace and outer space are strategic assets for a country that not only play a role in national defense and security, but also serve as a major catalyst for technological innovation. Regulations related to airspace and outer space management in Indonesia still leave gaps, especially regarding management and a country's responsibility for space debris. This has resulted in minimal management of the risks arising from the fall of debris from outer space objects into Indonesian territory. This study aims to analyze the urgency of establishing national guidelines on space debris mitigation in Indonesia and compare them with space debris mitigation policies in several other countries as material for national policy recommendations. The research method applied is legal research with data collection conducted through literature study and analyzed qualitatively. Thus, a comprehensive national policy on space debris mitigation is needed to improve protection for national security and the sustainability of Indonesia's space activities.

Keywords: *space debris*; *airspace*; *space*; *mitigation guidelines*

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, terdapat kemajuan signifikan dari teknologi luar angkasa yang mulai banyak dikembangkan oleh negara-negara di dunia. Terdapat ruang kesempatan yang terbuka lebar bagi banyak pihak untuk dapat melaksanakan berbagai kegiatan keantariksaan. Segala kegiatan pemanfaatan antariksa harus tunduk kepada hukum internasional serta sesuai dengan piagam PBB yang mengakui bahwa tujuan dari kegiatan keantariksaan adalah untuk kemajuan umat manusia dan kemanfaatan seluruh negara. Terdapat lima perjanjian internasional utama yang dikeluarkan oleh *United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UNCOPUOS)¹ untuk mengatur bidang keantariksaan yang selanjutnya dengan *Corpus Juris Spatialis* terdiri dari *Space Treaty* 1967, *Rescue Agreement* 1968, *Liability Convention* tahun 1972, *Registration Convention* 1975, dan *The Moon Agreement* 1979. *Corpus Juris Spatialis* tersebut menjadi sumber pokok dalam pembentukan hukum antariksa internasional.² Namun, hanya terdapat tiga perjanjian internasional terkait permasalahan *space debris* diantaranya yaitu *The Outer Space Treaty* 1967, *The Liability Convention* 1972, and *The Registration Convention* 1976.³

Indonesia menjadi salah satu negara yang turut serta mendukung upaya internasional yang erat kaitannya dengan keantariksaan serta keamanan. Hal ini dapat tercermin dari dukungan penuh Indonesia terkait *space debris mitigation guidelines* yang disahkan oleh UNCOPUOS pada 2007.⁴ Adapun cakupan yang dimuat dalam *Space Debris Mitigation Guidelines* dari UNCOPUOS yaitu:⁵

1. *Guideline* 1: Membatasi jumlah serpihan atau *space debris* yang dilepaskan selama operasi normal berlangsung.
2. *Guideline* 2: Mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan atau pecahan selama tahap-tahap operasional.
3. *Guideline* 3: Menekan peluang terjadinya tabrakan tidak disengaja antara objek di orbit
4. *Guideline* 4: Menghindari tindakan penghancuran yang disengaja maupun aktivitas lain yang dapat menimbulkan bahaya di orbit.
5. *Guideline* 5: Mengurangi risiko terjadinya pecahan pasca-misi yang disebabkan oleh energi tersimpan di dalam sistem.
6. *Guideline* 6: Membatasi keberadaan jangka panjang wahana antariksa dan tahap orbit dari roket peluncur di wilayah orbit rendah (LEO) setelah misi berakhir.
7. *Guideline* 7: Mengendalikan potensi gangguan jangka panjang dari wahana antariksa dan tahap orbit roket di wilayah orbit geostasioner (GEO) setelah berakhirnya misi.⁶

Adapun salah satu ketentuan yang krusial dalam *Outer Space Treaty* 1967 yang juga menegaskan pemanfaatan antariksa yaitu pada Pasal 1 Paragraf (2) yang berbunyi “Antariksa, termasuk

¹ Muthia, Nuriyah Fara., Sumardi, Juajir., dan Maskun. 2023. “Implikasi Hukum terhadap Peningkatan Sampah antariksa Akibat Aktivitas Komersialisasi antariksa.” *Al-Mizan (e-Journal)* 19 (2):437.

² Latipulhayat, Atip. 2024. *Hukum antariksa*. Jakarta Timur: Sinar Grafika, hlm. 36.

³ Sujatmiko, Ari, dan Priyanto, Novky Asmoro. 2025. “Sampah Antariksa (*Space Debris*) dan Ancaman Keamanan Nasional Indonesia.” *Aliansi: Jurnal Politik, Keamanan dan Hubungan Internasional* 4 (2): 96.

⁴ *Ibid.*

⁵ *Ibid.*, hlm. 60.

⁶ Philipus M. Hadjon, *Pengantar Hukum Administrasi Indonesia*, (Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2015), hlm. 90.

bulan dan benda-benda angkasa lainnya harus bebas untuk dieksplorasi dan digunakan oleh semua negara tanpa diskriminasi dalam bentuk apa pun, atas dasar kesetaraan dan sesuai dengan hukum internasional, dan harus ada akses bebas ke semua area benda-benda angkasa.” Berdasarkan bunyi pasal tersebut terlihat adanya prinsip *free access* dalam hukum antariksa internasional. Prinsip ini mengandung arti bahwa setiap negara memiliki hak yang sama dalam hal mengakses, menggunakan, dan memanfaatkan antariksa tanpa diskriminasi sepanjang tidak bertentangan dengan ketentuan hukum internasional. Hak tersebut tidak hanya terbatas pada kebebasan memasuki saja tetapi juga meliputi hak untuk melakukan penelitian, pembangunan instalasi, sekaligus bebas pula untuk memanfaatkannya baik sebagian atau seluruhnya benda-benda langit tersebut.⁷ Maka dari itu, kini pemanfaatan antariksa sangat berkembang pesat karena dapat memberikan kontribusi nyata bagi kehidupan di bumi seperti melalui pengoperasian satelit yang berguna dalam kegiatan komunikasi, perbankan, pemetaan bencana alam, navigasi, sektor pertanian hingga prakiraan cuaca.⁸

Namun, besarnya manfaat yang dapat dirasakan dari pemanfaatan antariksa ternyata tidak luput membawa ancaman baru seperti hadirnya sampah luar angkasa atau yang dikenal dengan *space debris*. Definisi *space debris* menurut UNCOPUOS adalah “Sampah antariksa adalah semua objek buatan manusia, termasuk fragmen dan bagian-bagiannya, baik pemiliknya dapat diidentifikasi maupun tidak, yang berada di orbit Bumi atau memasuki lapisan atmosfer yang padat dan tidak berfungsi, tanpa harapan yang wajar bahwa objek-objek tersebut dapat kembali berfungsi sesuai tujuan awalnya atau fungsi lain yang diizinkan atau dapat diizinkan.”⁹ Selain itu definisi *space debris* menurut *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee* (IADC) adalah semua objek buatan manusia, termasuk fragmen dan bagian-bagiannya, yang berada di orbit Bumi atau memasuki kembali atmosfer, dan tidak berfungsi. Selama fase operasional, sebuah pesawat antariksa atau tahap orbit dapat dianggap berfungsi.¹⁰

Permasalahan *space debris* telah menjadi perhatian global. Penyebab bertambahnya *space debris* adalah karena meningkatnya jumlah satelit dari waktu ke waktu di orbit bumi khususnya dari beberapa satelit rusak atau tidak berfungsi lagi.¹¹ Adapun data milik *European Space Agency* (ESA) atau Badan Antariksa Eropa menunjukkan adanya fenomena serius. ESA memperkirakan saat ini terdapat 140 juta benda berukuran kurang dari 1 cm dan sekitar 54.000 benda berukuran lebih dari 10 cm yang mengorbit bumi dengan kecepatan mencapai ribuan kilometer per jam. Kepadatan tersebut semakin mengkhawatirkan terutama di orbit rendah bumi (Low Earth Orbit/LEO) pada ketinggian sekitar 400 hingga 1.000 kilometer, yang menurut para peneliti dari Akademi Ilmu Pengetahuan Nasional kini telah mencapai titik jenuh atau kondisi maksimum.¹² Lebih lanjut, penelitian yang dilakukan oleh Hugh Lewis, seorang ilmuwan dari Universitas Southampton, memperkirakan bahwa jumlah *space debris* berpotensi meningkat hingga empat kali lipat dalam kurun waktu lima dekade

⁷ *Ibid.*

⁸ Suryaatmadja, Shannon. 2020. “Mitigasi Sampah Antariksa: Meninjau Kesiapan Regulasi Nasional”, *Mimbar Hukum* 32 (1): 90.

⁹ UNOOSA Scientific and Technical Subcommittee. 1999. *Technical Report on Space Debris (UN Doc. A/AC.105/720, 1999)*, hlm. 6.

¹⁰ Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC). 2025. *IADC Space Debris Mitigation Guidelines (IADC Guidelines) Revisi 4*, hlm.8.

¹¹ Septia, Peni Putri., Lestari, Maria Maya., dan Diana, Ledy. 2023. “Upaya Ganti Rugi Kepada Negara Peluncur Terhadap Sampah Antariksa yang Jatuh Ke Indonesia Berdasarkan Liability Convention 1972”. *Al-Dalil: Jurnal Ilmu Sosial, Politik, dan Hukum* 1 (3): 90.

¹² B, Shivaprakash. 2023. *Space Debris*. Bengaluru: U R Rao Satellite Centre, hlm. 12.

apabila laju pertumbuhannya tetap seperti saat ini. Bahkan laporan yang disampaikan dalam Konferensi Eropa mengenai puing-puing *space debris* tahun ini memperingatkan bahwa jumlah *space debris* berpotensi meningkat lima puluh kali lipat pada tahun 2100.¹³

Kondisi ini menimbulkan dampak turunan berupa meningkatnya kepadatan objek di orbit bumi rendah (LEO) sehingga berpotensi menyebabkan tabrakan antar objek. Pada setiap tabrakan menghasilkan puing baru yang selanjutnya meningkatkan potensi tabrakan-tabrakan berkelanjutan yang selanjutnya dikenal dengan fenomena Kessler Syndrome.¹⁴ Lebih lanjut, Kessler Syndrome merupakan keadaan yang memberikan potensi terjadinya lebih banyak tabrakan dan kerusakan lanjutan terhadap berbagai objek di orbit Bumi, terutama satelit dan *space debris*.¹⁵ Dampak negatif dari *space debris* tidak hanya sekedar mencemari lingkungan antariksa, mengganggu operasi antariksa oleh negara lain, dan berbahaya bagi aktivitas astronot di antariksa. *Space debris* juga berpotensi menjadi ancaman berbahaya bagi kehidupan di bumi, sehingga segala aktivitas di luar angkasa membawa konsekuensi serius yang sudah seharusnya diatasi.¹⁶ Mengingat *space debris* dapat menimbulkan kerugian dengan merusak permukaan bumi dan merugikan negara yang terdampak.

Urgensi terkait isu *space debris* menempati posisi krusial bagi keberlanjutan hidup manusia di bumi. Dampak negatif *space debris* bagi kehidupan di bumi juga didukung dengan pendapat menurut Silwanus yang mengatakan bahwa beberapa satelit dirancang menggunakan bahan radioaktif, bahkan menggunakan teknologi nuklir untuk mendukung segala aktivitas keantariksaan. Apabila peluncuran satelit tersebut gagal dan menyebabkan benda jatuh di suatu negara maka hal itu berpotensi menimbulkan kerugian bagi negara terdampak tersebut, termasuk bagi Indonesia.¹⁷ Sebagai negara yang berada di garis khatulistiwa, adapun beberapa kejadian yang merugikan tersebut diantaranya turut dialami oleh Indonesia.¹⁸ Thomas Djameluddin selaku Kepala LAPAN mengatakan bahwa hingga saat ini Indonesia telah beberapa kali menjadi lokasi terjatuhnya benda langit yang tergolong *space debris* yaitu diantaranya terjadi pada tahun 1981 di Gorontalo, tahun 1988 di Lampung, tahun 2003 di Bengkulu, tahun 2016 di Madura, dan tahun 2017 di Agam.¹⁹ Merespons kondisi tersebut, Indonesia melalui BRIN telah mengembangkan berbagai sistem identifikasi dan pemantauan *space debris*, mulai dari pemanfaatan data *Space Track* sejak 2001, pengembangan perangkat lunak *Track-it* pada 2009, hingga sistem observasi fotometrik dan pelacakan otomatis berbasis teleskop pada tahun 2022-2024.²⁰ Upaya ini menunjukkan adanya langkah preventif dan peningkatan kapasitas nasional dalam memahami karakteristik orbit dan potensi risiko tabrakan objek antariksa. Meskipun demikian, upaya-upaya penyelesaian tersebut masih bersifat teknis dan operasional sehingga belum merujuk kepada kerangka normatif mengikat dalam hukum nasional Indonesia.

¹³ The European Space Agency. 2025. *Space Debris By The Numbers*. Oktober 21. Diakses pada 19 Oktober 2025. https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers.

¹⁴ Widodo, Muhammad, dan Miano, Muhammad Ryan Ramadhani. 2024. "Konsep Common but Differentiated Responsibility and Respective Capabilities (CBDR-RC): Upaya Mitigasi Pasif Terhadap Sampah Antariksa", *Bina Mulia Hukum* 13 (1): 12. ¹⁵ *Ibid*.

¹⁶ Renaldi, Calvin. 2017. "Museum Luar Angkasa." *Jurnal E-Dimensi Arsitektur* 5 (1): 17.

¹⁷ Mulyana, Budi, and Hidayat, Ananty. 2019. "Penanganan Sampah Luar Angkasa dalam Kerangka Hukum Internasional." *Jurnal Ilmu Politik dan Komunikasi* 9 (1): 40.

¹⁸ *Ibid*.

¹⁹ KumparanTech. 2017. *5 Sampah Luar Angkasa yang Jatuh di Indonesia*. Juli 20. Diakses pada 13 Oktober 2025. <https://kumparantech.com/kumparantech/5-sampah-luar-angkasa-yang-jatuh-di-indonesia/full>.

²⁰ Dari Laut Id. 2025. *Berada di Garis Khatulistiwa Indonesia Rentan Jatuhnya Sampah Antariksa*. Juni 16. Diakses pada 17 Februari 2026. <https://darilaut.id/berita/berada-di-garis-khatulistiwa-indonesia-rentan-jatuhnya-sampah-antariksa/2>

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya mengenai *Corpus Juris Spatialis*, instrumen tersebut tidak cukup karena pada dasarnya masih mempertahankan ketentuan yang sama saja sejak tahun 1980 an dan lebih menitikberatkan pada prinsip-prinsip umum serta mekanisme tanggung jawab atas kerugian yang telah terjadi.²¹ *Corpus Juris Spatialis* belum secara spesifik mengatur kewajiban preventif untuk mengelola dan mengurangi dampak *space debris* bagi lingkungan dalam jangka panjang. Hal ini dikarenakan pada praktiknya, implementasi pedoman mitigasi masih sangat bergantung pada komitmen sukarela dari negara-negara dan organisasi internasional. Kondisi ini menimbulkan kebutuhan bagi setiap negara untuk memperkuat kebijakan nasionalnya sebagai bentuk pelaksanaan prinsip kehati-hatian atau *due diligence* dalam hukum internasional. Negara-negara tersebut didorong untuk mengadopsi pedoman tersebut ke dalam mekanisme atau regulasi nasionalnya sendiri guna meminimalkan risiko timbul dan bertambahnya *space debris*.²²

Sebagaimana melihat pada latar belakang dibentuknya *Guidelines* oleh UNCOPUOS yaitu terdapat kemungkinan terjadinya dampak negatif di permukaan Bumi akibat jatuhnya puing-puing antariksa karena keberadaan *space debris*.²³ Maka dari itu, berdasarkan latar belakang yang telah penulis uraikan sebelumnya, penelitian ini berangkat dari asumsi bahwa pembentukan *National Space Debris Mitigation Guidelines* di Indonesia merupakan suatu kebutuhan mendesak guna memperkuat kepastian hukum, perlindungan lingkungan, serta keamanan nasional di tengah meningkatnya aktivitas keantariksaan global. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu Bagaimana urgensi pembuatan *national space debris mitigation guidelines* di Indonesia? Bagaimana praktik mitigasi *space debris* di beberapa negara lain? Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis urgensi pembentukan *National Space Debris Mitigation Guidelines* di Indonesia serta membandingkannya dengan kebijakan mitigasi *space debris* di beberapa negara lain sebagai bahan rekomendasi kebijakan nasional.

METODE PENELITIAN

Penelitian Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini yaitu metode penelitian hukum normatif menggunakan pendekatan pada peraturan perundang-undangan (*statute approach*) dan pendekatan perbandingan (*comparative approach*)²⁴ Penelitian ini menggunakan berbagai bahan hukum primer yang terdiri dari perjanjian internasional dan peraturan perundang-undangan, bahan hukum sekunder yaitu jurnal ilmiah, buku, dan laporan teknis sebagai data sekunder. Pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan yaitu menelusuri, menginventarisasi, dan menganalisis berbagai bahan hukum relevan.²⁵ Data yang terkumpul kemudian diolah melalui proses klasifikasi dan sistematisasi sesuai dengan permasalahan penelitian, sehingga diperoleh gambaran yang terstruktur mengenai norma dan asas hukum yang berlaku. Proses analisis data dilakukan secara kualitatif dengan

²¹ *Ibid.*

²² United Nations Office for Outer Space Affairs. 2017. *International Space Law: United Nations Instruments*, Vienna: United Nations, hlm. 90.

²³ Supancana, Ida Bagus Rahmadi. 2020. *Konsep-Konsep Dasar Hukum Internasional dan Hukum Antariksa Internasional*. Jakarta: Penerbit Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya. hlm. 59.

²⁴ Sonata, Depri Liber. 2024. "Metodologi Penelitian Hukum Normatif dan Empiris: Karakteristik Khas dari Metode Meneliti Hukum", *Fiat Justisia Jurnal Ilmu Hukum* 8 (1): 24-25.

²⁵ Fajar, Mukti dan Ahmad, Yulianto. 2010. *Dualisme Penelitian Hukum Normatif dan Empiris*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, hlm. 30.

metode deskriptif-analitis dengan menafsirkan dan menguraikan norma-norma hukum untuk menggambarkan kondisi hukum yang berlaku, khususnya untuk menganalisis urgensi pembentukan pedoman nasional mitigasi *space debris* dan membandingkan kebijakan negara lain sebagai rekomendasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Urgensi Pembuatan *National Space Debris Mitigation Guidelines* di Indonesia

Perjanjian-perjanjian internasional yang telah disebutkan sebelumnya hanya dianggap sebagai sebuah landasan yang memberikan kerangka dan kesempatan bagi pengembangan lebih lanjut untuk dapat merumuskan aturan hukum yang lebih spesifik dan terperinci dalam rangka mengatur kegiatan antariksa.²⁶ Artinya, berbagai perjanjian internasional yang telah ada hingga kini belum mengatur secara jelas dan rinci mengenai mitigasi *space debris*, setiap negara diberikan kebebasan untuk dapat membentuk dan mengembangkan sendiri aturan hukum nasionalnya terkait mitigasi *space debris*.

Karakter hukum mitigasi *space debris* dalam rezim internasional sejak awal dirancang sebagai norma yang bersifat *non-legally binding* dan implementatif melalui mekanisme nasional. Resolusi Majelis Umum PBB hanya mendorong negara untuk melaksanakan pedoman tersebut secara sukarela sesuai sistem hukum nasional masing-masing.²⁷ Dengan demikian, efektivitas mitigasi justru bergantung pada pembentukan standar nasional yang mengikat para pelaku kegiatan antariksa, baik pemerintah maupun swasta. Selain itu, hukum antariksa menempatkan yurisdiksi dan pengendalian atas objek antariksa tetap pada negara peluncur²⁸, sehingga tanggung jawab pengaturan teknis tidak dapat dilepaskan kepada rezim internasional semata. Oleh karena itu, pembentukan *National Space Debris Mitigation Guidelines* bukanlah duplikasi terhadap norma internasional, melainkan bentuk konkret implementasi kewajiban negara untuk menjamin penggunaan antariksa yang berkelanjutan sekaligus mencegah timbulnya tanggung jawab internasional akibat aktivitas nasional di ruang angkasa.

Indonesia telah menunjukkan kepedulian terhadap aktivitas keantariksaan melalui adanya kerangka hukum nasional berupa Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan (UU Keantariksaan). UU Keantariksaan menegaskan bahwa penyelenggaraan keantariksaan harus dilaksanakan berdasarkan asas keselamatan, keamanan, dan keberlanjutan serta berada di bawah tanggung jawab negara. Selain itu, pemerintah diberikan kewenangan untuk melakukan pengaturan, pembinaan, dan pengawasan terhadap seluruh kegiatan keantariksaan guna mencegah timbulnya kerugian dan menjamin pemanfaatan ruang antariksa secara tertib dan bertanggung jawab. Namun demikian, UU Keantariksaan belum mengatur secara spesifik mengenai mitigasi *space debris* maupun standar teknis yang harus dipenuhi oleh penyelenggara kegiatan antariksa. Pengaturan yang terdapat dalam UU Keantariksaan masih bersifat umum dan belum diterjemahkan ke dalam instrumen operasional seperti kewajiban pengurangan debris, pengendalian satelit pascaoperasi, maupun standar

²⁶ Tan, David. 2000. "Towards a New Regime for the Protection of Outer Space as the "Province of All Mankind." *Yale Journal of International Law* 25 (145): 156.

²⁷ Nurul Sri Fatmawati. 2012. "Analisis Implementasi Pedoman PBB tentang Mitigasi Sampah Antariksa." *Jurnal Analisis dan Informasi Kedirgantaraan* 9 (2): 118.

²⁸ *Ibid.*, hlm 116.

keselamatan orbit. Kondisi ini menunjukkan adanya kekosongan norma teknis atau *regulatory gap* antara mandat undang-undang dan kebutuhan pengelolaan lingkungan antariksa secara konkret.

Padahal mitigasi space debris dipandang sebagai bagian dari kewajiban negara untuk menjamin keberlanjutan akses ruang antariksa atau *sustainable access to outer space*. Ketiadaan pengaturan rinci berpotensi menimbulkan *regulatory gap*, terutama ketika aktivitas satelit komersial meningkat dan melibatkan operator non-pemerintah. Tanpa kewajiban normatif mengenai desain wahana yang *debris-mitigation compliant*, rencana de-orbit, maupun pengawasan pasca-misi, Indonesia berisiko hanya menjadi “negara peluncur secara administratif” tanpa instrumen pengendalian lingkungan orbital. Oleh karena itu, diperlukan penguatan regulasi turunan yang secara spesifik mentransformasikan prinsip keselamatan dan tanggung jawab dalam UU Keantariksaan ke dalam standar teknis mitigasi debris, termasuk kewajiban *end-of-life disposal*, pengawasan terhadap operator satelit nasional dan swasta, serta integrasi prinsip keberlanjutan jangka panjang aktivitas antariksa sebagaimana berkembang dalam praktik internasional.

Seperti yang sudah diuraikan sebelumnya bahwa Indonesia telah menunjukkan kepedulian terkait masalah *space debris*, sayangnya hingga kini Indonesia belum memiliki *space debris mitigation guidelines* sendiri dalam rangka memberikan kontribusi nyata dalam memitigasi *space debris* seperti yang telah dilakukan oleh negara-negara lainnya. Adapun beberapa alasan sebagai urgensi pembuatan *National Space Debris Mitigation Guidelines* di Indonesia, yaitu:

1. Pentingnya Keamanan Negara Republik Indonesia (NKRI)

Banyaknya kasus kerugian akibat *space debris* yang dialami di Indonesia menunjukkan adanya fenomena serius. Peran pemerintah dalam melindungi kehidupan warga negaranya sangatlah penting dan perlu menjadi prioritas. Agar perlindungan tersebut tercapai, diperlukan adanya peningkatan keamanan nasional. Salah satu tujuan dalam bernegara yaitu untuk melindungi segenap bangsa Indonesia dan seluruh tumpah darah Indonesia dapat diwujudkan dengan meningkatkan keamanan NKRI. Keamanan nasional terdiri dari keamanan dalam negeri, pertahanan negara, keamanan dan ketertiban masyarakat, dan keamanan sosial.²⁹

Definisi keamanan nasional menurut Darmono adalah kondisi atau keadaan yang bersifat nasional dan menggambarkan terbebasnya negara, masyarakat, dan warga negara dari segala bentuk ancaman dan atau tindakan yang dipengaruhi oleh faktor eksternal atau internal.³⁰ Menurut Buzan sektor keamanan sendiri terbagi menjadi lima bidang utama seperti bidang politik, militer, ekonomi, lingkungan, dan sosial.³¹ Apabila dikaitkan dengan permasalahan *space debris*, ancaman yang muncul jelas tidak terbatas pada satu sektor saja. Gangguan terhadap satelit akibat serpihan antariksa dapat memengaruhi sektor militer dan politik melalui terganggunya sistem pertahanan, penginderaan jauh, dan kedaulatan informasi. Pada saat yang sama, sektor ekonomi turut terdampak karena layanan telekomunikasi, navigasi, dan transaksi digital sangat bergantung pada infrastruktur satelit. Dari sisi lingkungan, *space debris* menimbulkan bentuk pencemaran baru di orbit yang berpotensi mengancam keberlanjutan pemanfaatan ruang angkasa. Dampak berantai tersebut pada akhirnya menyentuh sektor sosial,

²⁹ Sujatmiko, Ari, *Loc. Cit.*, hlm. 96.

³⁰ *Ibid.*

³¹ Buzan, Barry. 1983. *People, States, and Fear The National Security Relations*. Great Britain: Wheatsheaf Books LTD, hlm. 11.

karena terganggunya layanan satelit akan langsung memengaruhi aktivitas masyarakat modern yang bergantung pada teknologi berbasis ruang angkasa.

Bagi Indonesia, tingginya ketergantungan pada sistem satelit untuk penyelenggaraan pemerintahan, pengawasan wilayah, mitigasi bencana, dan pelayanan publik menjadikan persoalan *space debris* tidak sekadar isu teknis, melainkan bagian dari keamanan nasional. Artinya pemerintah sudah seharusnya melindungi negara beserta warganya dari potensi masalah kejatuhan *space debris* sebagai dampak buruk kemajuan teknologi antariksa dari waktu ke waktu. Selama 40 tahun terakhir, tercatat telah banyak peristiwa jatuhnya *space debris* di Indonesia dan masih berpotensi untuk terus meningkat kedepannya. Dalam kondisi ini apabila dibiarkan terus menerus akan menjadi sebuah ancaman nasional. Pemerintah harus menyadari posisi krusial serta menempatkan diri sebagai aktor keamanan dengan berpedoman pada peraturan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia.³²

2. Rawannya Posisi Geografis Indonesia

Keikutsertaan Indonesia sebagai bagian dari tatanan masyarakat dunia menjadikan dinamika politik, ekonomi, sosial, budaya, dan kesejahteraan baik di dalam negeri maupun di tingkat internasional, sebagai faktor yang turut mempengaruhi keamanan NKRI secara langsung maupun tidak langsung.³³ Peningkatan keamanan NKRI terkait *space debris* semakin diperlukan mengingat latar belakang posisi geografis negara Indonesia.

Kepala Biro Kerja Sama, Hubungan Masyarakat, dan Umum LAPAN yaitu Christianus R. Dewanto pada kesempatan *Focus Group Discussion* (FGD) Geostationary Orbit di Depok mengatakan bahwa Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki letak geografis di garis khatulistiwa sekaligus 13 persen di bawah geostationary orbit atau orbit geostasioner (GSO) terpanjang dari total rentang orbit.³⁴ Dengan demikian bangsa Indonesia harus mampu menjamin dan menjaga kelangsungan, kelanggengan dan keamanan dalam pemanfaatan segmen GSO yang berada di wilayah Indonesia sekaligus menjaganya dari gangguan pihak-pihak lain yang bersifat merugikan.³⁵ Selain itu Kepala LAPAN, Thomas Djamaluddin turut menyatakan bahwa *space debris* yang ketinggiannya berada di bawah 600 km lebih berpotensi jatuh di daerah ekuator seperti Indonesia apabila dibandingkan dengan wilayah lintang tinggi.³⁶ Adapun beberapa rincian peristiwa jatuhnya *space debris* di Indonesia yang dikemukakan oleh Thomas yaitu:³⁷

³² Sujatmiko, Ari, *Loc.Cit.*, hlm. 92.

³³ *Ibid.* hlm. 96.

³⁴ Sujatmiko, Ari. 2019. "Peran Pemerintah Dalam Menghadapi Masalah Kejatuhan Sampah Antariksa (*Space Debris*) di Wilayah Indonesia Ditinjau dari Perspektif Ancaman Nasional." *Tesis Universitas Padjajaran Bandung*, hlm. 8-9.

³⁵ *Ibid.*

³⁶ Rachmatunnisa. 2019. *Kemungkinan Sampah Antariksa Jatuh di Indonesia Sangat Tinggi*. September 4. Diakses pada 13 Oktober 2025. <https://inet.detik.com/science/d-4693530/kemungkinan-sampah-antariksa-jatuh-di-indonesia-sangat-tinggi>.

³⁷ KumparanTech. 5 Sampah Luar Angkasa yang Jatuh di Indonesia, *Loc.Cit.*

Tabel 1. Peristiwa Jatuhnya *Space Debris* di Indonesia

No.	Tanggal Kejadian	Lokasi Kejadian	Jenis <i>Space Debris</i>
1.	26 Maret 1981	Gorontalo	Roket Cosmos-3M/Space Launcher 8 (SL-8)/11K65M milik Rusia
2.	19 April 1988	Lampung	Roket Soyuz A-2 Space Launcher 4 yang dimiliki oleh Commonwealth of Independent States (CIS)
3.	14 Oktober 2003	Bengkulu Utara	Roket CZ-3A (Chang Cheng/Long March 3), nomor katalog 23416, kode internasional 1994-080B milik Republik Rakyat Tiongkok (RRT).
4.	23 Februari 2007	Flores	Satelit OKEAN 3 milik Rusia.
5.	26 September 2016	Madura	Roket FALCON 9 R/B milik SpaceX
6.	18 Juli 2017	Sumatera Barat	Roket Chang Zheng 3-A milik RRT (China)

Berdasarkan tabel diatas, salah satu peristiwa jatuhnya benda antariksa di wilayah Indonesia yang cukup mendapat perhatian adalah kasus di Madura yang terjadi pada tanggal 26 September 2016 sekitar pukul 09.26 WIB, masyarakat di Kabupaten Sumenep, Madura, Jawa Timur, menemukan sejumlah benda logam berukuran besar yang diduga merupakan serpihan roket. Setelah dilakukan identifikasi, benda tersebut diketahui berasal dari bagian tingkat atas (*upper stage*) roket Falcon 9 R/B milik perusahaan antariksa Amerika Serikat, SpaceX.³⁸ Roket tersebut sebelumnya diluncurkan pada 14 Agustus 2016 dari Cape Canaveral Air Force Station, Florida, dalam misi menempatkan satelit komunikasi JCSAT-16 milik Jepang ke orbit geostasioner. Dengan demikian, puing yang jatuh di wilayah Indonesia merupakan sisa komponen peluncuran yang telah menyelesaikan fungsinya di orbit dan kemudian kembali memasuki atmosfer bumi.³⁹

Fragmen yang ditemukan terdiri atas empat bagian utama dengan ukuran relatif besar, di mana tiga tangki roket memiliki berat berkisar antara 80 hingga 100 kilogram, sementara satu bagian lainnya memiliki berat sekitar 5 kilogram. Puing-puing tersebut merupakan struktur tangki bahan bakar dari tahap atas roket yang tidak lagi digunakan setelah proses injeksi satelit selesai.⁴⁰ Adapun tahap pertama roket Falcon 9 sebenarnya telah lebih dahulu dipisahkan segera setelah peluncuran dan berhasil mendarat terkendali di landasan khusus di Samudra Atlantik. Namun, bagian tahap atas tidak didesain untuk kembali secara terkendali sehingga mengalami *re-entry* alami dan sebagian materialnya jatuh di wilayah Indonesia.⁴¹

³⁸ KumparanTech. 5 Sampah Luar Angkasa yang Jatuh di Indonesia, *Ibid.*

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ *Ibid.*

⁴¹ *Ibid.*

Dalam penanganannya, pemerintah Indonesia melalui Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) mulai melakukan identifikasi objek jatuh, verifikasi asal-usul benda antariksa, serta pemantauan lintasan orbit menggunakan data katalog internasional dan sistem pelacakan yang dikembangkan secara nasional. Setiap kejadian jatuhnya benda antariksa ditangani melalui mekanisme observasi, analisis trajektori *re-entry*, dan koordinasi ilmiah untuk memastikan bahwa objek tersebut tidak membahayakan masyarakat serta untuk mengonfirmasi keterkaitannya dengan aktivitas peluncuran tertentu.⁴² Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa Indonesia telah memiliki kapasitas teknis dalam memahami risiko *space debris*, namun penanganannya masih bersifat reaktif dan kasuistis atau berdiri sendiri-sendiri, yakni dilakukan setelah objek terdeteksi atau ditemukan di wilayah Indonesia.

Ketiadaan instrumen normatif yang secara khusus mengatur mitigasi menyebabkan langkah-langkah tersebut belum terintegrasi dalam suatu sistem pencegahan nasional yang mengikat seluruh pemangku kepentingan keantariksaan. Penanganan yang ada masih berada dalam ranah teknis penelitian dan pemantauan, belum berkembang menjadi kerangka regulasi yang menetapkan standar mitigasi, prosedur, maupun parameter tanggung jawab yang jelas. Oleh karena itu, pembentukan *National Space Debris Mitigation Guidelines* menjadi penting sebagai instrumen yang mentransformasikan praktik teknis yang sudah berjalan menjadi tata kelola hukum yang terstruktur serta selaras dengan prinsip kehati-hatian atau *due diligence* dalam hukum antariksa internasional.

3. Keberlanjutan Aktivitas Antariksa Indonesia

Indonesia sebagai negara yang aktif dalam program keantariksaan memiliki kepentingan strategis untuk menjaga keberlanjutan operasi satelit nasional. Berkaitan dengan pembangunan nasional, satelit-satelit Indonesia memiliki peran vital dalam mendukung berbagai sektor strategis. Sejak meluncurkan satelit pertama, Indonesia telah mengembangkan berbagai satelit untuk kepentingan komunikasi, penginderaan jauh, dan berbagai penelitian. Indonesia memiliki investasi besar dalam infrastruktur satelit seperti satelit LAPAN-A2, LAPAN-A3, dan satelit Palapa yang beroperasi di orbit.⁴³ Keberadaan *space debris* yang terus meningkat mengancam keberlanjutan (*sustainability*) aktivitas antariksa Indonesia, khususnya dalam operasional satelit-satelit yang telah dan akan diluncurkan.

Selain itu, ancaman *Kessler Syndrome* yang telah disebutkan pada bagian pendahuluan turut menjadi permasalahan serius bagi keberlanjutan eksplorasi dan pemanfaatan antariksa.⁴⁴ Lebih lanjut, Indonesia memiliki ambisi besar dalam pengembangan program antariksa ke depan. *Roadmap* Keantariksaan Nasional 2020-2040 menargetkan pengembangan beberapa satelit baru berteknologi lebih modern, termasuk konstelasi satelit untuk berbagai keperluan.⁴⁵ Peningkatan kepadatan *space debris* memperbesar risiko kolisi terhadap satelit yang akan diluncurkan dalam kerangka *Roadmap* Keantariksaan Nasional, yang pada gilirannya dapat menyebabkan kegagalan misi, kerugian ekonomi negara, serta potensi timbulnya tanggung

⁴² Dari Laut Id. 2025. *Berada di Garis Khatulistiwa Indonesia Rentan Jatuhnya Sampah Antariksa.*, *Loc. Cit.*

⁴³ Yuniarti, Diah. 2013. "Analisis SWOT Sampah Antariksa Indonesia." *Buletin Pos dan Telekomunikasi* 11 (1): 16.

⁴⁴ Gultom, Maria Joito, et al. 2025. "Evaluasi Kebijakan Internasional dan Regulasi Penanganan Sampah Antariksa (*Space Debris*)." *SOSIAL: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPS* 3 (3): 8.

⁴⁵ Nugraha, Ridha Aditya. 2024. "Starlink dan Cita-cita Keantariksaan Indonesia." *Kompas.id*, Juli 5. Diakses pada 19 Oktober 2025. <https://www.kompas.id/artikel/en-starlink-dan-cita-cita-keantariksaan-indonesia>.

jawab internasional apabila objek antariksa Indonesia menimbulkan kerusakan terhadap pihak lain. Dalam kondisi demikian, ketiadaan pedoman mitigasi *space debris* di tingkat nasional tidak hanya menciptakan kerentanan teknis, tetapi juga menunjukkan belum adanya kerangka *due diligence* yang memadai untuk menjamin pemanfaatan ruang angkasa secara aman dan berkelanjutan. Sebagai negara berkembang yang harus terus melakukan riset dan pengembangan program antariksanya, Indonesia memiliki peluang strategis untuk berperan penting sebagai salah satu aktor utama dalam pengembangan dan kerja sama program antariksa di Asia Tenggara.⁴⁶

Berdasarkan alasan-alasan yang telah disebutkan diatas serta melihat banyaknya peristiwa yang telah nyata merugikan Indonesia akibat *space debris* menunjukkan secara jelas urgensi pembuatan *National Space Debris Mitigation Guidelines* di Indonesia. Hal ini karena sudah seharusnya Indonesia turut memberikan kontribusi nyata dalam mitigasi *space debris* demi terwujudnya keamanan negara.

Perbandingan Praktik Mitigasi *Space Debris* Antarnegara

Meskipun terdapat pedoman internasional seperti *Space Debris Mitigation Guidelines* dari *UNCOPUOS*, setiap negara dengan kapasitas antariksa memiliki strategi mitigasi yang berbeda. Perbedaan ini dipengaruhi oleh faktor kebijakan nasional, kemampuan teknologi, serta kepentingan politik dan ekonomi masing-masing negara. Adapun praktik mitigasi *space debris* di beberapa negara utama yang aktif dalam kegiatan antariksa akan dipaparkan sebagai berikut:

1. Singapura

Singapura, sebagai salah satu negara anggota ASEAN, memiliki perhatian yang sejalan dengan Indonesia dalam meningkatkan keamanan dan tata kelola ruang antariksa. Negara tersebut menyadari bahwa memburuknya situasi keamanan global dapat mengurangi kepercayaan strategis di antara negara-negara utama pelaku kegiatan antariksa, terutama ketika berbagai isu dan tantangan baru terus berkembang. Oleh karena itu, Singapura menekankan pentingnya sistem multilateral yang terbuka, inklusif, dan berbasis aturan untuk mengatur aktivitas luar angkasa. Seluruh pengaturan dan pembahasan mengenai ruang antariksa harus berlandaskan pada hukum internasional yang berlaku, termasuk Piagam PBB, perjanjian-perjanjian antariksa PBB, serta norma hukum internasional lainnya.⁴⁷

Selain itu, Singapura mendukung pendekatan praktis melalui pengembangan dan penerapan norma perilaku yang bertanggung jawab guna membangun konsensus internasional, tanpa menutup kemungkinan pembentukan instrumen hukum yang mengikat di masa depan. Beberapa langkah konkret yang didorong antara lain pembatasan terhadap tindakan yang secara sengaja menciptakan sampah antariksa serta peningkatan transparansi dan komunikasi terkait aktivitas antariksa untuk mencegah kesalahpahaman dan eskalasi konflik. Komitmen tersebut diperkuat dengan partisipasi aktif Singapura dalam rezim hukum antariksa internasional, yakni dengan menandatangani empat dan meratifikasi tiga dari lima perjanjian utama antariksa PBB,

⁴⁶ Insiyroh, Muhamad Farras. 2020. "Memetakan Peluang dan Tantangan Indonesia sebagai Aktor Dominan dalam Pengembangan Program Antariksa di Kawasan Asia Tenggara", *Jurnal Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa* 1 (1): 2.

⁴⁷ Rajanathan, Arvind. 2024. "The Geopolitics of Outer-Space: Can Singapore Do More?." *S. Rajaratnam School of International Studies (RSIS) Commentary*, Agustus 26. Diakses pada 20 Februari, 2026. <https://rsis.edu.sg/rsis-publication/rsis/the-geopolitics-of-outer-space-can-singapore-do-more/>

sehingga menempatkannya sebagai salah satu negara ASEAN yang paling progresif dalam bidang ini.⁴⁸

2. Amerika Serikat

NASA dan lembaga-lembaga federal lain menerapkan *Orbital Debris Mitigation Standard Practices (ODMSP)* yang diperbarui pada 2019, menyesuaikan dengan maraknya satelit komersial, khususnya konstelasi besar seperti Starlink.⁴⁹ Regulasi ini mengatur masa operasional satelit maksimal 25 tahun setelah selesai beroperasi, kewajiban de-orbit atau pemindahan ke orbit kuburan, serta prosedur *passivation* agar roket atau satelit tidak meledak setelah habis bahan bakar.⁵⁰ Selain itu, US Space Command (USSPACECOM) mengoperasikan jaringan pelacakan debris global yang dikenal sebagai *Space Surveillance Network*, yang menyediakan data terbuka kepada publik melalui situs *Space-Track.org*.⁵¹

Tidak hanya mengandalkan standar teknis, Amerika juga mendorong keterlibatan sektor swasta dalam inovasi mitigasi. Perusahaan-perusahaan komersial seperti Northrop Grumman dan SpaceX mengembangkan teknologi *docking* dan de-orbit satelit untuk mengurangi risiko tabrakan. Bahkan, Federal Communications Commission (FCC) telah memperketat izin operasional satelit dengan syarat pemenuhan mitigasi debris. Dengan demikian, pendekatan Amerika menggabungkan kebijakan regulatif, teknologi militer, serta inovasi sektor swasta.⁵²

3. Uni Eropa

Uni Eropa melalui The European Space Agency (ESA) menekankan prinsip keberlanjutan jangka panjang (*Long-Term Sustainability of Outer Space Activities*). Salah satu inisiatif utamanya adalah program Clean Space, yang berfokus pada pengembangan satelit ramah lingkungan, daur ulang komponen, dan teknologi pembersihan debris. Salah satu proyek paling menonjol adalah ClearSpace-1, misi *active debris removal* pertama di dunia yang rencananya diluncurkan pada 2026 untuk menangkap objek Vespa (bekas adaptor muatan roket Vega) dan menurunkannya ke atmosfer.⁵³

Negara-negara anggota ESA, seperti Perancis, Jerman, dan Italia, juga memiliki regulasi nasional yang mendukung mitigasi debris. Perancis misalnya mengesahkan *French Space Operations Act (FSOA)* pada 2008 yang secara hukum mewajibkan operator untuk menunjukkan rencana mitigasi debris sebelum peluncuran satelit.⁵⁴ Pendekatan Eropa ini menonjol karena menggabungkan kerangka regulasi nasional dengan koordinasi multinasional di bawah ESA, sekaligus mendorong kemitraan dengan perusahaan rintisan antariksa. Strategi ini menunjukkan bahwa Eropa menempatkan isu debris tidak hanya sebagai tantangan teknis, tetapi juga sebagai peluang ekonomi dan inovasi.

⁴⁸ *Ibid.*

⁴⁹ NASA. 2012. *NASA Updates the Technical Standard for Limiting Orbital Debris (NASA-STD-8719.14)*.

⁵⁰ *Ibid.*

⁵¹ *Ibid.*

⁵² *Ibid.*

⁵³ The European Space Agency. 2025. *ESA Purchases World-First Debris Removal Mission From Start-Up*. September 8. Diakses pada 2 Oktober 2025. https://www.esa.int/Space_Safety/ESA_purchases_world-first_debris_removal_mission_from_start-up

⁵⁴ UNOOSA. 2008. *The French Space Operations Act*.

4. Jepang

Jepang memiliki pendekatan yang memadukan regulasi pemerintah, riset akademik, serta partisipasi perusahaan swasta. Pemerintah melalui Kantor Kabinet menerbitkan *Guidebook on Space Debris Mitigation* yang memberikan pedoman teknis bagi universitas, perusahaan, dan lembaga penelitian agar desain serta operasi satelit sesuai dengan standar internasional.⁵⁵ Selain itu, Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) sebagai lembaga antariksa nasional aktif dalam riset dan pengembangan teknologi mitigasi debris. Misalnya, JAXA bekerja sama dengan Fujitsu untuk mengembangkan sistem berbasis kecerdasan buatan (AI) dalam memprediksi risiko tabrakan satelit dengan debris secara lebih akurat.⁵⁶ Di sisi lain, sektor swasta Jepang, terutama Astroscale, menjadi pionir dalam teknologi *active debris removal*. Melalui program CRD2, Astroscale menguji kemampuan satelit untuk menangkap dan mengorbitkan kembali satelit non-fungsional.⁵⁷ Peran swasta ini memperkuat posisi Jepang sebagai pemimpin global dalam inovasi teknis pembersihan debris.

5. China

China menempuh pendekatan mitigasi debris yang erat kaitannya dengan kepentingan geopolitik dan reputasi internasionalnya. Setelah kritik luas terhadap uji coba anti-satelit 2007 yang menghasilkan ribuan pecahan debris, pemerintah China memperkuat regulasi domestik dan transparansi terkait mitigasi. Dalam *China's Space Program: A 2021 Perspective (White Paper)*, Beijing menekankan program peningkatan sistem monitoring debris, pengembangan peringatan dini tabrakan, serta penerapan teknik *passivation* pada roket pembawa.⁵⁸

China juga berkomitmen untuk mengendalikan tahap akhir wahana antariksa. Misalnya, modul stasiun luar angkasa mini Tiangong-2 diturunkan secara terkendali agar terbakar di atmosfer pada 2019, menunjukkan adanya peningkatan kesadaran mitigasi.⁵⁹ Namun demikian, China masih mendapat kritik dari komunitas internasional terkait transparansi, khususnya mengenai jatuhnya puing roket *Long March* secara tidak terkendali yang berulang kali menimbulkan kekhawatiran global. Kritik ini memperlihatkan bahwa meskipun China telah mengadopsi standar mitigasi, implementasinya belum sepenuhnya konsisten dengan praktik terbaik internasional.

Tabel 2. Perbandingan Praktik Mitigasi Space Debris Antarneegara

	Singapura	Amerika Serikat (USA)	Uni Eropa / ESA	Jepang	China
--	-----------	-----------------------	-----------------	--------	-------

⁵⁵ Japan Science and Technology Agencies. 2024. *The Cabinet Office Releases Guidebook For Space Debris Mitigation — For A Safe And Sustainable Outer Space*. April 12. Diakses pada 2 Oktober 2025. <https://sj.jst.go.jp/news/202404/n0412-01k.html>

⁵⁶ Fujitsu. 2022. *Fujitsu Delivers New Technology to Japan Aerospace Exploration Agency for Mapping and Analyzing Space Debris*. April 5. Diakses pada 2 Oktober 2025. <https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2022/0405-01.html>

⁵⁷ Astroscale. 2024. *Astroscale Japan Secures Contract for Phase II of JAXA's Commercial Removal of Debris Demonstration Program*. August 20. Diakses pada 2 Oktober 2025. <https://www.astroscale.com/en/news/astroscale-japan-secures-contract-for-phase-ii-of-jaxas-commercial-removal>

⁵⁸ The State Council Information Office of the PRC. 2022. *China's Space Program: A 2021 Perspective (White Paper)*. Jan 28. Diakses pada 2 Oktober 2025. https://english.www.gov.cn/archive/whitepaper/202201/28/content_WS61f35b3dc6d09c94e48a467a.html

⁵⁹ *Ibid.*

<p>Kebijakan / Regulasi Utama</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Guidelines for Singapore-Related Space Activities (2024)</i> yang dikeluarkan oleh Office for Space Technology & Industry.⁶⁰ 	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Orbital Debris Mitigation Standard Practices</i> (ODMSP, 2019)⁶¹ ● Regulasi FCC terkait izin operasional satelit⁶² 	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Space Debris Mitigation Guidelines</i> (berdasarkan UNCOPUOS) ● <i>French Space Operations Act</i> (FSOA, 2008)⁶³ ● <i>Kebijakan Long-Term Sustainability of Outer Space Activities</i>⁶⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>Guidebook on Space Debris Mitigation</i> oleh Kantor Kabinet⁶⁵ ● Pedoman teknis bagi lembaga penelitian dan universitas⁶⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> ● <i>China's Space Program: A 2021 Perspective (White Paper)</i>⁶⁷ ● Regulasi pasca-insiden ASAT 2007
<p>Pendekatan Teknis dan Operasional</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● kewajiban pendaftaran objek antariksa minimal 30 hari sebelum peluncuran.⁶⁸ ● Kewajiban pelaporan perubahan signifikan seperti: perubahan orbit, kehilangan fungsi, <i>break-up</i> objek, atau rencana <i>re-entry</i>.⁶⁹ 	<ul style="list-style-type: none"> ● Batas operasional satelit maksimum 25 tahun⁷⁰ ● <i>De-orbiting</i> dan <i>passivation</i> wajib⁷¹ ● Pemantauan debris melalui <i>Space Surveillance Network (SSN)</i> oleh USSPACECOM⁷² 	<ul style="list-style-type: none"> ● Program <i>Clean Space</i> dan proyek <i>CleanSpace-1</i> (misi pembersihan aktif pertama, peluncuran 2026)⁷³ ● Daur ulang komponen dan desain ramah lingkungan⁷⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> ● Riset mitigasi oleh JAXA⁷⁵ ● Penggunaan AI untuk prediksi tabrakan⁷⁶ ● Proyek <i>Active Debris Removal</i> (ADR) melalui Astroscale⁷⁷ 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistem pemantauan dan peringatan dini tabrakan ● Penerapan <i>passivation</i> dan pembuangan terkendali (contoh: Tiangong-2, 2019)⁷⁸
<p>Peran Sektor</p>	<p>-</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● SpaceX, Northrop Grumman, dan 	<ul style="list-style-type: none"> ● Kolaborasi dengan <i>start-</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Astroscale (swasta) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pengembangan teknologi

⁶⁰ The Office For Space Technology & Industry. 2024. *Guidelines For Singapore-Related Space Activities*. Mei. Diakses pada 20 Februari 2026. <https://www.space.gov.sg/registration-guidelines/>

⁶¹ NASA, *Loc. Cit.*

⁶² *Ibid.*

⁶³ UNOOSA, *Loc. Cit.*

⁶⁴ The European Space Agency, *Loc. Cit.*

⁶⁵ Japan Science and Technology Agencies, *Loc. Cit.*

⁶⁶ *Ibid.*

⁶⁷ The State Council Information Office of the PRC, *Loc. Cit.*

⁶⁸ The Office For Space Technology & Industry, *Loc. Cit.*

⁶⁹ *Ibid.*

⁷⁰ NASA, *Loc. Cit.*

⁷¹ *Ibid.*

⁷² *Ibid.*

⁷³ The European Space Agency, *Loc. Cit.*

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ Fujitsu, *Loc. Cit.*

⁷⁶ *Ibid.*

⁷⁷ Astroscale, *Loc. Cit.*

⁷⁸ The State Council Information Office of the PRC, *Loc. Cit.*

Swasta dan Inovasi		<p>perusahaan lain mengembangkan teknologi <i>de-orbit</i> dan <i>docking</i>⁷⁹</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kolaborasi antara NASA, militer, dan swasta⁸⁰ 	<p><i>up</i> antariksa Eropa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inovasi teknologi pembersihan debris dan satelit hijau 	<p>pionir ADR, proyek <i>CRD2</i>⁸¹</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kolaborasi riset JAXA–Fujitsu (<i>AI-based tracking</i>)⁸² 	<p>mitigasi oleh lembaga militer dan sipil</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kolaborasi dengan lembaga internasional masih terbatas
Kelebihan / Ciri Khas Pendekatan	<ul style="list-style-type: none"> • Bersifat <i>guideline-based regulatory governance (quasi-regulation)</i>.⁸³ • Fokus pada: transparansi aktivitas ruang angkasa, registrasi nasional, pelaporan perubahan status objek, kepatuhan pada standar mitigasi global.⁸⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> • Pendekatan komprehensif (regulatif, militer, teknologi, komersial)⁸⁵ • Data debris dibuka untuk publik melalui <i>space-track.org</i>⁸⁶ 	<ul style="list-style-type: none"> • Integrasi antara kebijakan nasional dan koordinasi multinasional ESA • Fokus pada keberlanjutan dan ekonomi hijau 	<ul style="list-style-type: none"> • Keseimbangan antara peran pemerintah, akademisi, dan swasta • Kepemimpinan dalam inovasi teknis pembersihan debris 	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan kesadaran mitigasi pasca-2007 • Integrasi mitigasi dalam kebijakan luar angkasa nasional
Tantangan / Kritik	<ul style="list-style-type: none"> • Pedoman bersifat <i>non-legally binding (guideline-based)</i> sehingga efektivitasnya sangat bergantung pada kepatuhan sukarela pelaku industri, 	<ul style="list-style-type: none"> • Banyaknya satelit komersial (<i>megaconstellations</i>) menambah kompleksitas mitigasi⁸⁸ • Ketergantungan tinggi pada kepatuhan swasta⁸⁹ 	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya tinggi implementasi teknologi • Ketergantungan pada dukungan lintas negara anggota ESA 	<ul style="list-style-type: none"> • Skalabilitas proyek ADR masih terbatas • Tantangan pendanaan jangka panjang 	<ul style="list-style-type: none"> • Kritik internasional terkait transparansi • Kasus jatuhnya roket <i>Long March</i> tanpa kendali menimbulkan kekhawatiran global

⁷⁹ NASA, *Loc.Cit.*

⁸⁰ *Ibid.*

⁸¹ Astroscale. *Loc.Cit.*

⁸² Fujitsu, *Loc.Cit.*

⁸³ The Office For Space Technology & Industry, *Loc.Cit.*

⁸⁴ *Ibid.*

⁸⁵ NASA, *Loc.Cit.*

⁸⁶ NASA, *Loc.Cit.*

⁸⁸ *Ibid.*

⁸⁹ *Ibid.*

	bukan mekanisme sanksi hukum. ⁸⁷				
--	---	--	--	--	--

PENUTUP

Kesimpulan

Pembentukan *National Space Debris Mitigation Guidelines* di Indonesia merupakan kebutuhan yang harus segera direalisasikan. Urgensi ini dilatarbelakangi oleh tiga alasan utama. Pertama, kepentingan keamanan nasional yang mengharuskan pemerintah melindungi warga negara dari ancaman jatuhnya *space debris*, mengingat Indonesia telah mengalami setidaknya enam kejadian jatuhnya puing antariksa dalam kurun waktu 40 tahun terakhir. Kedua, letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa menempatkan negara ini pada zona berisiko tinggi terhadap jatuhnya *space debris*, khususnya yang berasal dari orbit di bawah 600 km. Ketiga, keberlanjutan aktivitas antariksa Indonesia yang melibatkan investasi besar dalam infrastruktur satelit nasional seperti LAPAN-A2, LAPAN-A3, dan Palapa memerlukan perlindungan dari ancaman tabrakan dengan *space debris* agar program pembangunan teknologi antariksa nasional tidak terhambat.

Perbandingan praktik *mitigation space debris* di berbagai negara menunjukkan bahwa Amerika Serikat, Uni Eropa, Jepang, dan China telah memiliki pedoman nasional yang komprehensif melalui pendekatan yang berbeda-beda sesuai dengan kapasitas teknologi dan kepentingan strategis masing-masing. Amerika Serikat menerapkan *Orbital Debris Mitigation Standard Practices* (ODMSP) yang melibatkan koordinasi pemerintah dan sektor swasta dalam pengembangan teknologi mitigasi. Uni Eropa melalui ESA mengembangkan program *clean space* dan *proyek active debris removal* seperti *ClearSpace-1*. Jepang memadukan regulasi pemerintah dengan inovasi sektor swasta melalui perusahaan seperti *Astroscale*. Sementara itu, China memperkuat regulasi nasional dan transparansi setelah kritik internasional terhadap uji anti-satelit tahun 2007. Praktik-praktik terbaik dari negara-negara tersebut dapat menjadi rujukan bagi Indonesia dalam merumuskan pedoman nasional mitigasi *space debris* yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan Indonesia. Dalam hal ini, pendekatan yang paling relevan bagi Indonesia adalah model kombinitif yang mengintegrasikan kerangka regulasi preventif dan berkelanjutan seperti Uni Eropa, strategi kolaboratif publik swasta berbasis inovasi teknologi seperti yang diterapkan Jepang, serta komitmen terhadap multilateralisme dan tata kelola berbasis hukum internasional sebagaimana dipraktikkan Singapura.

Saran

Berdasarkan Meskipun Indonesia telah meratifikasi perjanjian-perjanjian internasional terkait keantariksaan dan menunjukkan kepedulian terhadap isu *space debris*, upaya yang telah dilakukan masih relatif kurang apabila dibandingkan dengan beberapa negara maju seperti Amerika Serikat, Rusia, China, dan Jepang. Negara-negara tersebut telah memiliki infrastruktur yang berfungsi untuk memantau kondisi orbit secara *real-time* sehingga dapat mendeteksi keberadaan *space debris*, termasuk yang berukuran sangat kecil. China juga telah memiliki *policy framework* yang mengatur hubungan

⁸⁷ The Office For Space Technology & Industry, *Loc. Cit.*

antara keamanan nasional dengan industri antariksa, sementara Jepang telah memasukkan isu *space debris* ke dalam *National Defense Program Guidelines*. Oleh karena itu, terdapat beberapa langkah strategis yang dapat dilakukan oleh pemerintah Indonesia melalui Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Kementerian Pertahanan RI untuk memastikan keamanan nasional di tengah keberadaan ancaman *space debris*, yaitu:

Pertama, membangun satuan atau badan pemantau antariksa. Melalui kerja sama dengan negara maju ataupun negara tetangga, pemerintah Indonesia perlu membangun atau memfungsikan suatu infrastruktur untuk memantau kondisi orbital Bumi, khususnya pada *Geostationary Orbit* (GSO) yang berada di atas wilayah Indonesia. Hal ini penting mengingat Indonesia terletak di orbit GSO dengan jumlah satelit terbanyak sehingga diperlukan kemampuan yang mumpuni untuk dapat memitigasi dampak ancaman *space debris*.

Kedua, meskipun Indonesia telah memiliki UU Keantariksaan sebagai dasar hukum penyelenggaraan kegiatan antariksa nasional, pengaturan mengenai aspek lingkungan keantariksaan masih bersifat umum dan belum secara eksplisit mengadopsi aturan mengenai mitigasi *space debris*. Ketentuan yang ada pada dasarnya hanya menegaskan kewajiban penyelenggaraan kegiatan antariksa secara aman, bertanggung jawab, serta memperhatikan keselamatan manusia, aset, dan lingkungan, namun tidak dielaborasi ke dalam norma operasional yang mengatur standar teknis pencegahan *debris*. Selain itu, UU Keantariksaan juga belum mengatur skema tanggung jawab administratif bagi operator yang gagal melaksanakan mitigasi *debris*, belum mensyaratkan analisis risiko lingkungan orbital, serta belum menetapkan sistem perizinan yang mengaitkan lisensi peluncuran dengan rencana *end-of-life* wahana antariksa. Kekosongan norma ini menyebabkan pendekatan Indonesia masih berorientasi pada pemanfaatan teknologi antariksa dan keselamatan peluncuran di wilayah yurisdiksi nasional, bukan pada pengelolaan keberlanjutan lingkungan orbit sebagai *global commons*.

Ketiga, mendukung integrasi penuh antara sipil dengan militer. Dalam mengatasi ancaman *space debris*, diperlukan kolaborasi dan pertukaran pemahaman antara lembaga penelitian antariksa di bawah BRIN yang memahami isu-isu terkait kondisi antariksa dengan Kementerian Pertahanan yang memahami isu-isu terkait keamanan nasional. Dengan implementasi rekomendasi kebijakan tersebut, Indonesia diharapkan dapat mewujudkan sistem mitigasi *space debris* yang komprehensif dan berkelanjutan, sehingga mampu melindungi keamanan nasional serta menjamin keberlanjutan aktivitas antariksa Indonesia untuk generasi mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- B, Shivaprakash. 2023. *Space Debris*. Bengaluru: U R Rao Satellite Centre.
- Buzan, Barry. 1983. *People, States, and Fear: The National Security Relations*. Great Britain: Wheatsheaf Books LTD.
- Fajar, Mukti dan Achmad, Yulianto. 2010. *Dualisme Penelitian Hukum Normatif dan Empiris*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Jasentuliyana, Nandasiri. 1999. *International Space Law and the United Nations*. Netherlands: Kluwer Law International.
- Latipulhayat, Atip. 2024. *Hukum antariksa*. Jakarta Timur: Sinar Grafika.

- Pramono, Agus. 2011. *Dasar-dasar Hukum Udara dan antariksa*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Supancana, Ida Bagus Rahmadi. 2017. *Undang-Undang Keantariksaan: Visi, Formulasi dan Tantangan Implementasi*. Jakarta: Penerbit Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
- Supancana, Ida Bagus Rahmadi. 2020. *Konsep-Konsep Dasar Hukum Internasional Dan Hukum Antariksa Internasional*. Jakarta: Penerbit Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
- United Nations Office for Outer Space Affairs. 2017. *International Space Law: United Nations Instruments*. Vienna: United Nations.

Jurnal/Artikel

- Gultom, Maria Joito et.al. 2025. "Evaluasi Kebijakan Internasional dan Regulasi Penanganan Sampah Antariksa (*Space Debris*)."
SOSIAL: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPS 3 (3).
- Insyiroh, Muhamad Farras. 2020. "Memetakan Peluang dan Tantangan Indonesia sebagai Aktor Dominan dalam Pengembangan Program Antariksa di Kawasan Asia Tenggara",
Jurnal Kajian Kebijakan Penerbangan dan Antariksa 1 (1).
- Mulyana, Budi, and Hidayat, Ananty. 2019. "Penanganan Sampah Luar Angkasa Dalam Kerangka Hukum Internasional."
Jurnal Ilmu Politik dan Komunikasi 9 (1): 38-48.
- Munters, Ward, and Man, Philip De. 2018. "Reciprocal Limits to the Freedom to Use Outer Space by All States: Common but Differentiated Responsibilities?"
Air and Space Law 43 (1): 21-51.
- Muthia, Nuriyah Fara., Sumardi, Juajir., dan Maskun. 2023. "Implikasi Hukum Terhadap Peningkatan Sampah antariksa Akibat Aktivitas Komersialisasi antariksa."
Al-Mizan (e-Journal) 19 (2).
- Renaldi, Calvin. 2017. "Museum Luar Angkasa."
Jurnal E-Dimensi Arsitektur 5 (1).
- Septia, Peni Putri., Lestari, Maria Maya., dan Diana, Ledy. 2023. "Upaya Ganti Rugi Kepada Negara Peluncur terhadap Sampah Antariksa yang Jatuh Ke Indonesia Berdasarkan *Liability Convention 1972*."
Al-Dalil: Jurnal Ilmu Sosial, Politik, dan Hukum 1 (3): 89-94.
- Simamora, Silwanus Uli. 2016. "Tanggungjawab Negara Peluncur Benda Angkasa Terkait Masalah Sampah Luar Angkasa (*Space Debris*) Berdasarkan *Liability Convention 1972*."
Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Hukum Universitas Riau 3 (2).
- Sonata, Depri Liber. 2024. "Metodologi Penelitian Hukum Normatif dan Empiris: Karakteristik Khas dari Metode Meneliti Hukum."
Fiat Justisia Jurnal Ilmu Hukum 8 (1).
- Sujatmiko, Ari. 2019. "Peran Pemerintah Dalam Menghadapi Masalah Kejatuhan Sampah Antariksa (*Space Debris*) di Wilayah Indonesia Ditinjau dari Perspektif Ancaman Nasional."
Tesis Universitas Padjajaran Bandung, 1-26.
- Sujatmiko, Ari, and Priyanto, Novky Asmoro. 2025. "Sampah Antariksa (*Space Debris*) dan Ancaman Keamanan Nasional Indonesia."
Aliansi: Jurnal Politik, Keamanan dan Hubungan Internasional 4 (2).
- Suryaatmadja, Shannon. 2020. "Mitigasi Sampah Antariksa: Meninjau Kesiapan Regulasi Nasional."
Mimbar Hukum 32 (1).
- Tan, David. 2000. "Towards a New Regime for the Protection of Outer Space as the 'Province of All Mankind'."
Yale Journal of International Law 25 (145).

- Widodo, Muhammad, and Miano, Muhammad Ryan Ramadhani. 2024. "Konsep *Common but Differentiated Responsibility and Respective Capabilities* (CBDR-RC): Upaya Mitigasi Pasif terhadap Sampah Antariksa." *Binamulia Hukum* 13 (1).
- Yuniarti, Diah. 2013. "Analisis SWOT Sampah Antariksa Indonesia." *Buletin Pos dan Telekomunikasi* 11 (1).

Peraturan Perundang-undangan

- Undang-Undang Nomor 21 Tahun 2013 tentang Keantariksaan
- Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2002 tentang Pengesahan *Treaty on Principles Governing The Activities of States In The Exploration And Use of Outer Space, Including The Moon and Other Celestial Bodies*, 1967
- Keputusan Presiden Nomor 4 Tahun 1999 tentang Pengesahan *Agreement Ont The Rescue Of Astronouts, The Return Of Astronouts And The Return Of Objects Launched Into Outer Space*
- Keputusan Presiden Nomor 20 Tahun 1996 tentang Pengesahan *Convention On International Liability For Damage Caused By Space Objects*, 1972
- Keputusan Presiden Nomor 5 Tahun 1997 tentang Pengesahan *Convention On Registration Of Objects Launched Into Outer Space*, 1975

Sumber Lainnya

- Astroscale. 2024. *Astroscale Japan Secures Contract for Phase II of JAXA's Commercial Removal of Debris Demonstration Program*. 20 Agustus 2024. Diakses pada 2 Oktober 2025. <https://www.astroscale.com/en/news/astroscale-japan-secures-contract-for-phase-ii-of-jaxas-commercial-removal>
- Fujitsu. 2022. *Fujitsu Delivers New Technology to Japan Aerospace Exploration Agency for Mapping and Analyzing Space Debris*. 5 April. Diakses pada 2 Oktober 2025. <https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2022/0405-01.html>
- Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC). 2025. *IADC Space Debris Mitigation Guidelines (IADC Guidelines) Revisi 4*.
- Japan Science and Technology Agencies. 2024. *The Cabinet Office Releases Guidebook For Space Debris Mitigation — For A Safe And Sustainable Outer Space*. 12 April. Diakses pada 2 Oktober 2025. <https://sj.jst.go.jp/news/202404/n0412-01k.html>
- KumparanTech. 2017. *5 Sampah Luar Angkasa yang Jatuh di Indonesia*. Juli 20. Diakses pada 13 Oktober 2025. <https://kumparan.com/kumparantech/5-sampah-luar-angkasa-yang-jatuh-di-indonesia/full>.
- NASA. 2012. *NASA Updates the Technical Standard for Limiting Orbital Debris (NASA-STD-8719.14)*.
- Nugraha, Ridha Aditya. 2024. *Starlink dan Cita-cita Keantariksaan Indonesia*. Juli 5. Diakses pada 19 Oktober 2025 <https://www.kompas.id/artikel/en-starlink-dan-cita-cita-keantariksaan-indonesia>.

- Rachmatunnisa. 2019. *Kemungkinan Sampah Antariksa Jatuh di Indonesia Sangat Tinggi*. September 4. Diakses pada 13 Oktober 2025. <https://inet.detik.com/science/d-4693530/kemungkinan-sampah-antariksa-jatuh-di-indonesia-sangat-tinggi>.
- Rajanthran, Arvind. 2024. "The Geopolitics of Outer-Space: Can Singapore Do More?." S. Rajaratnam School of International Studies (RSIS) Commentary, Agustus 26. Diakses pada 20 Februari 2026. <https://rsis.edu.sg/rsis-publication/rsis/the-geopolitics-of-outer-space-can-singapore-do-more/>
- Staughton, John. 2019. *How Does Space Debris Impact Earth's Environment and Atmosphere?* Oktober 19. Diakses pada 13 Oktober 2025. <https://www.scienceabc.com/nature/universe/how-does-space-debris-impact-earths-environment-and-atmosphere.html>.
- The European Space Agency. 2025. *ESA Purchases World-First Debris Removal Mission From Start-Up*. September 8. Diakses pada 2 Oktober 2025. https://www.esa.int/Space_Safety/ESA_purchases_worldfirst_debris_removal_mission_from_start-up
- The European Space Agency. 2025. *Space Debris By The Numbers*. Oktober 21. Diakses pada 19 Oktober 2025. https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers.
- The Office For Space Technology & Industry. 2024. *Guidelines For Singapore-Related Space Activities*. Mei. Diakses pada 20 Februari 2025. <https://www.space.gov.sg/registration-guidelines/>
- The State Council Information Office of the PRC. 2022. *China's Space Program: A 2021 Perspective (White Paper)*. Januari 28. Diakses pada 2 Oktober 2025. https://english.www.gov.cn/archive/whitepaper/202201/28/content_WS61f35b3dc6d09c94e48a467a.html
- UNOOSA Scientific and Technical Subcommittee. 1999. *Technical Report on Space Debris* (UN Doc. A/AC.105/720, 1999).
- UNOOSA. 2008. *The French Space Operations Act*.