

# **ANALISIS IMPLEMENTASI PEDOMAN PBB TENTANG MITIGASI SAMPAH ANTARIKSA [ANALYSIS ON IMPLEMENTATION OF UN SPACE DEBRIS MITIGATION GUIDELINES]**

**Nurul Sri Fatmawati**  
Peneliti Bidang Kebijakan Kedirgantaraan, Lapan  
e-mail: qirul\_id@yahoo.com  
Diterima 20 Juli 2012; Disetujui 16 Oktober 2012

## **ABSTRACT**

Space debris is another source of environmental degradation and cause disruption to space missions and space operations. In the year 2007 the United Nations General Assembly through resolution 62/217 sets the UN Space Debris Mitigation Guidelines. Through comparative descriptive method, this paper aimed to compare the efforts of countries in implementing the guidelines. Ultimately concluded that: 1) the UN guidelines limit the mitigation of space debris made objects and guidelines need to be studied further especially in technical and legal aspects to ensure compliance more broadly, 2) mitigation measures of space debris at the national level, namely: standard setter national technical regulations governing space debris that binds the organizers of the government, military, private and fairly; 3) need to support innovation in countries including the mitigation of space debris involve opportunities emerging in the implementation.

Key word: *Space debris, Mitigation*

## **ABSTRAK**

Sampah antariksa merupakan salah satu sumber kerusakan lingkungan antariksa serta menimbulkan gangguan terhadap misi dan operasi antariksa. Pada tahun 2007 Majelis Umum PBB melalui resolusi No. 62/217 menetapkan Pedoman PBB tentang Mitigasi Sampah Antariksa (*UN Space Debris Mitigation Guidelines*). Secara deskriptif komparatif, tulisan ini diarahkan untuk membandingkan upaya-upaya negara-negara dalam menerapkan pedoman tersebut. Pada akhirnya disimpulkan bahwa: 1) pedoman PBB hanya membatasi mitigasi sampah antariksa terhadap benda buatan dan pedoman perlu dikaji lebih lanjut secara teknis dan hukum untuk menjamin kepatuhan secara lebih luas; 2) upaya-upaya mitigasi sampah antariksa di tingkat nasional, yakni: penyusun standar nasional atau regulasi teknis yang mengatur sampah antariksa yang mengikat para penyelenggara baik pemerintah, militer, maupun swasta secara adil; 3) perlu didukung inovasi negara-negara dalam mitigasi sampah antariksa termasuk kesempatan melibatkan negara berkembang dalam pelaksanaannya.

kata kunci: *Sampah antariksa, Mitigasi*

## **1 PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Lingkungan antariksa merupakan lingkungan terdekat bumi dan menjadi wilayah bersama yang berperan penting

dalam meningkatkan kesejahteraan umat manusia. Sejak era antariksa tahun 1957, jumlah benda antariksa yang ditempatkan di orbit sekitar bumi terus meningkat, sebagai implikasi dari peningkatan kemampuan negara-negara

dalam penguasaan teknologi antariksa. Misalnya: pemantauan iklim dan cuaca, penentuan posisi dan navigasi, penginderaan jauh, serta telekomunikasi. Hal tersebut dinilai telah memberi dampak positif yang luas mempengaruhi semua aspek kehidupan manusia baik secara teknologi, sosial maupun ekonomi.

Namun, harus disadari pula adanya implikasi negatif dari eksplorasi antariksa besar-besaran yang dilakukan berbagai negara terutama oleh negara-negara pemilik teknologi antariksa (*space faring nations*). Salah satunya terkait kerusakan lingkungan antariksa yang disebabkan oleh peningkatan sampah antariksa. Umumnya, sampah antariksa dihasilkan dari satelit yang tak berfungsi, pengoperasian wahana peluncur, maupun benda-benda di orbit yang tidak terkendali. Kesemuanya dinilai dapat mengancam keberlanjutan penggunaan antariksa dalam jangka panjang bagi semua negara. Secara alamiah hal ini disebabkan lingkungan antariksa membuat sampah-sampah tersebut tidak dapat dengan mudah turun memasuki atmosfer bumi, bahkan cenderung tersebar dengan kecepatan tinggi sehingga berpotensi menimbulkan tabrakan dan mengancam fungsi benda antariksa yang sedang mengorbit.

Saat ini terdapat hampir 1000 satelit yang mengorbit, dioperasikan oleh berbagai negara dan organisasi internasional. Hal yang kritis, bahwa masing-masing satelit dipastikan membawa satu atau lebih bagian yang tidak difungsikan lagi, atau dikenal sebagai sampah antariksa. Penelitian ilmiah menunjukkan bahwa jumlah sampah antariksa terdeteksi ukuran lebih dari 10 cm yang ada di sekitar bumi diperkirakan mencapai lebih dari 20000, sedangkan hampir 500.000 pecahan berukuran antara 1- 10 cm tak terdeteksi. (Wedden, 2011)

Resiko yang ditimbulkan oleh penumpukan sampah antariksa di orbit tersebut merupakan masalah global, sehingga meningkatkan perhatian ter-

hadap langkah-langkah untuk mengurangi (mitigasi) sampah antariksa dan bahkan apabila dimungkinkan, untuk mengembalikan kondisi lingkungan antariksa (*remediate*) seperti semula, melalui upaya-upaya harmonisasi dan koordinasi oleh berbagai pihak terutama di tingkat internasional, baik para pembuat teknologi, perumus kebijakan dan hukum, serta keterlibatan pihak industri, operator, dan asuransi, dalam menyusun suatu pengaturan yang menjamin keberlanjutan kegiatan antariksa bagi generasi mendatang. Mengingat antariksa merupakan wilayah bersama sehingga semua pihak yang menggunakan antariksa wajib ikut serta melakukan upaya-upaya mitigasi sampah antariksa.

Perhatian negara-negara terhadap kerusakan lingkungan antariksa oleh sampah antariksa mulai mengemuka sejak tahun 1990-an. Sebagai contoh, melalui inisiatif Badan Antariksa Eropa (*European Space Agency*), dilaksanakan Konferensi Eropa Pertama tentang sampah antariksa yang diselenggarakan di Darmstadt, Jerman, pada tanggal 5 - 7 April 1993 yang dihadiri oleh lebih dari 250 ahli dari 17 negara. Konferensi tersebut didukung oleh berbagai lembaga antariksa di Eropa, seperti *the Agenzia Spaziale Italiana* (ASI), *British National Space Centre* (BNSC), *Centre National d'Etudes Spatiales* (CNES) dan *Deutsche Agentur for Raumfahrtangelegenheiten* (DARA). Meskipun pada prinsipnya konferensi ini membahas tentang aspek teknis dari sampah antariksa, namun, dipresentasikan pula sejumlah makalah terkait aspek hukum sebagai pelengkap (Flury, W., 1994). Pada tahun 2002, lima lembaga antariksa Eropa (ASI, BNSC, CNES, DLR dan ESA) menerbitkan Standar Eropa tentang Pengurangan dan Keselamatan Sampah Antariksa (*the European Space Debris Safety and Mitigation Standard*), yang pada tahun 2004 menjadi Kode Etik Eropa tentang Sampah Antariksa (*the European Code of Conduct on Space Debris*). Disisi lain, negara-negara yang prihatin terhadap

kondisi kerusakan lingkungan antariksa juga terus menggalakkan upaya menjamin operasi antariksa yang meminimalisir dampaknya terhadap peningkatan sampah antariksa. Seperti misalnya, Perancis sebagai salah satu pelopor kode etik Eropa dalam penanganan sampah antariksa yang diberlakukan sejak tahun 2004 serta penerapan kebijakan antariksa nasional Amerika Serikat yang sejak tahun 1988 berorientasi terhadap upaya-upaya perlindungan lingkungan antariksa.

Di tingkat internasional, pada tahun 2002 suatu pedoman mitigasi sampah antariksa (*Space Debris Mitigation Guidelines*) disusun oleh *the Inter-Agency Space Debris Coordination Committee* (IADC). Pedoman ini memuat tentang seperangkat praktek mendasar dari mitigasi, standar-standar, pedoman-pedoman, serta buku pegangan yang dikembangkan oleh sejumlah organisasi nasional dan internasional. Disisi lain, setelah dilakukan rangkaian pembahasan secara komprehensif melalui kelompok kerja tentang sampah antariksa, maka pada sidang ke-50 Komite PBB untuk Penggunaan Antariksa bagi Maksud Damai (UNCOPUOS), disahkan Pedoman PBB tentang Mitigasi Sampah Antariksa (*UN Space Debris Mitigation Guidelines*) melalui melalui Resolusi No. 62/217 Tahun 2007. Secara substansial pedoman ini disusun dengan tetap mempertimbangkan masukan dari IADC serta berbagai masukan dari negara anggota UNCOUOS.

Selanjutnya dalam konteks kerja sama internasional dalam penggunaan antariksa secara damai, melalui Resolusi No. 62/217 Tahun 2007 tersebut, Majelis Umum PBB menyetujui bahwa pemberlakuan Pedoman PBB tentang Mitigasi Sampah Antariksa bersifat sukarela dan mencerminkan praktek-praktek yang dikembangkan oleh sejumlah organisasi nasional dan internasional, serta mengajak negara-negara anggota untuk melaksanakan pedoman tersebut. Artinya, titik kritis

dari implementasi pedoman PBB tersebut tergantung dari kesiapan negara anggota dan organisasi internasional untuk secara sukarela melakukan langkah-langkah, melalui mekanisme nasional atau mekanisme lainnya yang paling sesuai, dalam melaksanakan pedoman semaksimal mungkin.

Meskipun tidak mengikat (*non legally binding*) dan bersifat sukarela, pedoman PBB tersebut diharapkan dapat menjadi rujukan dalam pemanfaatan lingkungan antariksa berkelanjutan dalam jangka panjang. Mengingat seperangkat pedoman standar dalam mitigasi sampah antariksa hanya akan bermanfaat apabila dapat diterima secara luas di antara masyarakat antariksa global.

Kajian ini diarahkan untuk membandingkan upaya nasional negara-negara dalam melakukan mitigasi sampah antariksa terutama pasca penetapan pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa. Sehingga dapat diketahui langkah-langkah yang dilakukan oleh negara-negara dalam melakukan kegiatan antariksa yang lebih mempertimbangkan kelestarian lingkungan antariksa bagi generasi mendatang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam tulisan ini adalah bagaimanakah upaya negara-negara dalam melaksanakan pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa ?

## 1.3 Tujuan

Kajian ini bertujuan untuk membandingkan upaya negara-negara dalam melaksanakan pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa.

## 1.4 Metodologi

Kajian ini menggunakan metode deskriptif komparatif. Metode deskriptif adalah suatu metode yang digunakan untuk meneliti status kelompok manusia, suatu objek, suatu kondisi, suatu

sistem pemikiran ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari metode *deskriptif* adalah untuk membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki (Soekanto, 2001). Prosesnya berupa pengumpulan dan penyusunan data, serta analisis dan penafsiran data tersebut. Metode deskriptif komparatif dilakukan dengan membandingkan persamaan dan perbedaan fenomena tertentu, selanjutnya dilakukan analisis untuk menjelaskan fenomena dengan aturan berpikir ilmiah yang diterapkan secara sistematis, misalnya: analisis normatif dengan cara melakukan klasifikasi, penilaian standar norma, hubungan dan kedudukan suatu unsur dengan unsur lain.

Pada kajian ini disampaikan pemaparan tentang upaya-upaya yang dilakukan oleh negara-negara dalam melaksanakan pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa sebagai bentuk keterlibatan dalam menjamin pelaksanaan kegiatan antariksa yang berkelanjutan. Upaya tersebut dapat berbentuk penyusunan kerangka hukum yang mengatur kegiatan antariksa secara komprehensif, penerapan standar-standar terhadap kegiatan antariksa, dan sebagainya. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap berbagai aktivitas nasional tersebut untuk dapat ditarik simpulan umum dari aktivitas negara-negara dalam melakukan mitigasi sampah antariksa secara global.

## 2 TELAAH PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Sampah Antariksa (*Space Debris*)

Definisi tentang sampah antariksa belum dimuat dalam perjanjian internasional keantariksaan, istilah yang lazim dalam semua perjanjian yakni, benda antariksa (*space object*). Sebagai contoh, merujuk ketentuan Konvensi tentang Tanggung Jawab Internasional

terhadap Kerugian yang Disebabkan oleh Benda-Benda Antariksa, 1972 (*Convention on International Liability for Damage Caused by Space Object, 1972*) Pasal 1 butir 4:

*“the term “space object” includes component parts of a space object as well as its launch vehicle and parts thereof* (yang dimaksud dengan istilah benda antariksa (*space object*) adalah meliputi komponen-komponen benda antariksa, kendaraan peluncur dan bagian-bagiannya” (United Nations, 1972)

Berbasis ketentuan tersebut dapat dipahami bahwa makna benda antariksa hanya mencakup semua benda buatan manusia yang berada di antariksa, baik masih beroperasi maupun tidak beroperasi.

Terkait definisi tentang sampah antariksa, maka pada tahun 2002 IADC berhasil membuat Pedoman Mitigasi Sampah Antariksa (*Space Debris Mitigation Guidelines*) (<http://www.iadc-online.org/index.cgi>).

IADC merupakan forum antar pemerintah yang berfungsi melakukan koordinasi di tingkat internasional terkait masalah sampah antariksa baik yang bersifat alam (*natural*) dan buatan (*man-made*). Tujuan utama dari IADC adalah untuk bertukar informasi mengenai kegiatan penelitian sampah antariksa antara negara peserta, memfasilitasi peluang kerjasama dalam penelitian sampah antariksa, meninjau kemajuan kegiatan kerjasama yang sedang berlangsung, serta melakukan identifikasi pilihan mitigasi sampah antariksa. Konsorsium IADC, yakni *Agenzia Spaziale Italiana* (ASI); *Centre National d'Etudes Spatiales* (CNES); *China National Space Administration* (CNSA); *Canadian Space Agency* (CSA); *German Aerospace Center* (DLR); *European Space Agency* (ESA); *Indian Space Research Organisation* (ISRO); *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA); *National Aeronautics and Space*

*Administration* (NASA); *National Space Agency of Ukraine* (NSAU); *Russian Federal Space Agency* (ROSCOSMOS); serta *UK Space Agency* (UKSA).

Dalam pedoman IADC, terdapat rumusan definisi sampah antariksa, sebagai berikut:

“sampah antariksa adalah semua benda buatan manusia termasuk bagian-bagian dan unsur-unsur yang melekat didalamnya, yang berada di orbit bumi atau memasuki atmosfer, yang tidak berfungsi” (*Space debris are all man made objects including fragments and elements thereof, in Earth orbit or re-entering the atmosphere, that are non functional*) (IADC, 2002).

Definisi tersebut juga menjadi rujukan dalam pembahasan dalam sub komite teknik UNCOPUOS, khususnya dalam rangkaian pembahasan pada *Space Debris Working Group* (SDWG). Pada dokumen pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa dinyatakan bahwa sumber utama dari sampah antariksa di orbit bumi meliputi (*United Nations of the Outer Space Affairs*, 2010):

- a) Pelepasan kepingan-kepingan (*fragments*) ke orbit bumi (*break-up*) baik tanpa disengaja (*accidental*) maupun secara disengaja (*intentional*) sehingga menyebabkan pembentukan sampah antariksa dalam waktu lama
- b) Sampah antariksa yang dilepaskan secara sengaja selama pengoperasian pesawat antariksa dan wahana peluncur memasuki orbit

Berdasarkan rumusan definisi sampah antariksa yang ditetapkan oleh IADC dan UNCOPUOS tersebut, dapat diketahui bahwa definisi yang ditetapkan oleh kedua lembaga internasional tersebut merujuk pada ketentuan perjanjian internasional keantariksaan yang berlaku, bahwa pada prinsipnya sampah antariksa yang dimaksud merupakan sesuatu yang timbul dari aktivitas kegiatan keantariksaan yang sengaja dilakukan oleh manusia.

Sehingga terkesan mengabaikan potensi pembentukan sampah antariksa yang disebabkan oleh benda antariksa yang bersifat alamiah (*unman made space object*).

Secara empiris dalam berbagai perjanjian internasional keantariksaan memang tidak memuat definisi tentang benda alamiah tersebut. Studi yang dilakukan Von der Dunk (2008, 295) memberi benang merah bahwa benda alamiah dapat dimasukkan dalam kelompok benda langit (*celestial bodies*), seperti bulan, asteroid, dan komet.

“*the Outer Space Treaty uses a quite different term for the category of things NEO's would easily fit in: that of celestial bodies. Celestial bodies' refers to natural objects of a tangible and visible nature, to pieces of more or less solid substance traversing outer space*”. (Von der Dunk, Frans G., 2008) (Traktat Antariksa memaknai secara berbeda-beda terkait istilah benda terdekat dengan bumi, namun untuk memudahkan dapat dikelompokkan sebagai benda langit. Benda langit (*celestial bodies*) mengacu pada benda-benda alam yang secara alami memiliki bentuk fisik yang dapat dilihat, berupa kepingan benda padat dalam ukuran kecil atau yang lebih besar dan melayang-layang di antariksa).

Berdasarkan pemahaman tersebut dapat diperoleh gambaran bahwa peluang pembentukan sampah antariksa oleh benda alamiah ini dapat dipicu oleh tabrakan di ruang angkasa oleh sesama benda alamiah maupun antara benda alamiah dan benda buatan. Pendeknya, apapun penyebabnya sampah antariksa merupakan fenomena yang harus diwaspadai dan perlu ditangani untuk menjamin keberlanjutan kegiatan keantariksaan. Misalnya, upaya mitigasi sampah antariksa yang menjadi inisiasi PBB dan dimuat dalam Pedoman PBB tentang Mitigasi Sampah Antariksa.

Secara umum pedoman tersebut diarahkan untuk melakukan mitigasi terhadap sampah antariksa dengan potensi bahaya jangka pendek (*near term*) dan sampah antariksa dengan potensi bahaya jangka panjang (*long term*). Pertama, terkait pembatasan sampah antariksa yang ditimbulkan oleh berakhirnya misi operasi dan upaya menghindari kepingan-kepingan dilepaskan ke orbit bumi (*break-up*). Sedangkan kedua, difokuskan terhadap prosedur penghancuran untuk memindahkan pesawat antariksa dan wahana peluncur yang memasuki orbit, yang sudah tidak berfungsi, dari wilayah yang padat dengan menggunakan pesawat antariksa (Von der Dunk, Frans G., 2008).

Pada konteks penerapan perjanjian internasional keantariksaan, maka upaya mitigasi sampah antariksa juga dapat memunculkan isu hukum lainnya. Wedden menyatakan hal ini dapat dikaitkan dengan kewenangan mutlak negara peluncur untuk melakukan tindakan apapun atas benda antariksa yang diluncurkannya (2011: 41). Posisi negara peluncur tersebut didasarkan pada kondisi empiris bahwa negara peluncur merupakan negara pendaftar dari benda antariksa. Sebagaimana dimuat dalam ketentuan Pasal VIII Traktat Antariksa 1967 (*Outer Space Treaty*, 1967) sebagai berikut:

*“A State Party to the Treaty on whose registry an object launched into outer space is carried shall retain jurisdiction and control over such object, and over any personnel thereof, while in outer space or on a celestial body. Ownership of objects launched into outer space, including objects landed or constructed on a celestial body, and of their component parts, is not affected by their presence in outer space or on a celestial body or by their return to the Earth. Such objects or component parts found beyond the limits of the State Party to the Treaty on whose registry they are carried shall be returned to that*

*State Party, which shall, upon request, furnish identifying data prior to their return* (Negara Pihak Traktat sebagai negara yang mendaftarkan benda untuk diluncurkan ke antariksa harus mempertahankan yurisdiksi dan pengendalian atas benda tersebut, termasuk atas personel di dalamnya, selama di antariksa atau di benda langit. Kepemilikan dari benda yang diluncurkan ke antariksa, termasuk benda atau komponen-komponen yang didaratkan atau dibuat di atas suatu benda langit, tidak terpengaruh oleh keberadaan benda tersebut di antariksa atau di suatu benda langit atau pada waktu benda tersebut kembali ke bumi. Benda atau komponen yang ditemukan di luar batas wilayah Negara Pihak sebagai negara pendaftar benda antariksa, harus dikembalikan kepada Negara Pihak, dan apabila ada permintaan, maka Negara Pihak Traktat tersebut harus memberikan data-data yang diperlukan untuk identifikasi sebelum benda tersebut dikembalikan)” (United Nations, 1967)

## **2.2 Kronologi Pembahasan Pedoman PBB tentang Mitigasi Sampah Antariksa**

Secara umum Pedoman Mitigasi Sampah Antariksa (*Space Debris Mitigation Guidelines*) pada Komisi PBB untuk Penggunaan Antariksa Bagi Maksud Damai (UNCOPUOS) merupakan hasil kerja bertahun-tahun dari Sub Komite Ilmiah dan Teknik (*Scientific and Technical Sub Committee*). Pembahasan terkait hal tersebut diawali pada sidang ke-31 sub komite ilmiah dan teknik UNCOUOS tahun 1994 (A/AC.105/571, 1994), dengan fokus pada hal-hal terkait sampah antariksa (*space debris*). Selanjutnya sidang komite juga menyetujui agar sub komite ilmiah dan teknik membahas lebih lanjut sampah antariksa, terutama dikaitkan dengan

studi terkait, model matematis, atau analisis lainnya (A/48/20, 1993).

Pada sidang ke-32 tahun 1995, pembahasan pada sub komite ilmiah dan teknik tentang masalah sampah antariksa difokuskan pada pemahaman tentang aspek-aspek yang terkait penelitian sampah antariksa, termasuk teknik pengukuran sampah antariksa, model matematis lingkungan sampah antariksa, karakter lingkungan sampah antariksa, dan langkah-langkah untuk mitigasi sampah antariksa, termasuk langkah-langkah perlindungan pesawat ruang angkasa terhadap sampah antariksa. Oleh karena itu, sub komite sepakat untuk mengadopsi rencana kerja tahunan bagi topik tersebut untuk dibahas pada kurun waktu 1996-1998. Sub komite menyepakati bahwa pada setiap sesi pembahasan harus dilakukan tinjauan tentang praktek operasi mitigasi sampah antariksa saat ini dan pertimbangan efisiensi biaya bagi metode mitigasi kedepan (A/AC.105/605, 1995).

Pada sidang ke-33 tahun 1996, sub komite setuju untuk menyiapkan laporan teknis tentang sampah antariksa yang akan disusun sesuai topik yang ditentukan dalam rencana kerja selama periode 1996-1998 dan selanjutnya laporan tersebut akan diajukan dan diperbarui setiap tahun. Lebih lanjut pada sidang ke-36 tahun 1999, sub komite mengadopsi laporan teknis tentang sampah antariksa (A/AC.105/719, 1999) dan sepakat untuk meyebarkannya secara meluas, termasuk melakukan sosialisasi pada forum-forum, seperti Konferensi Ketiga Perserikatan Bangsa Bangsa tentang Eksplorasi dan Penggunaan Antariksa untuk maksud Damai (UNISPACE III), sidang sub komite hukum ke-39 tahun 2000, serta berbagai pertemuan organisasi internasional dan pertemuan ilmiah lainnya (A/AC.105/736, 2000).

Pada sidang ke-38 tahun 2001, sub komite sepakat menyusun rencana kerja tahunan pada periode 2002 sampai dengan 2005 dengan tujuan

untuk mempercepat penerimaan internasional terhadap langkah-langkah mitigasi sampah antariksa (A/AC.105/761, 2001). Selain itu terkait rencana untuk melakukan langkah-langkah mitigasi sampah antariksa tersebut, disarankan agar negara anggota dan organisasi internasional terus melaporkan penelitian sampah antariksa atau hal terkait lainnya.

Sesuai rencana kerja sebelumnya dan didasarkan kesepakatan anggota *the Inter-Agency Space Debris Coordination Committee* (IADC), pada sidang ke-40 sub komite tahun 2003, dilakukan presentasi IADC *Space Debris Mitigation Guidelines*. Tercatat 67 negara anggota mengulas presentasi tersebut dan sekretariat menerima sekitar 25 tanggapan (Portelli, Claudio, 2009).

Berdasarkan tanggapan dari berbagai negara anggota maka pada sidang ke-41 tahun 2004, sub komite memutuskan melakukan kajian atas dokumen tersebut untuk membahas arahan pemanfaatannya. Selanjutnya sub komite membentuk kelompok kerja sampah antariksa (*a Space Debris Working Group*-SDWG). Sebanyak 14 negara peserta tergabung dalam SDWG secara sukarela, termasuk satu observer, yaitu *the European Space Agency* (ESA). SDWG bertugas untuk menyiapkan dokumen kebijakan tingkat tinggi dengan mempertimbangkan ketentuan IADC serta masukan dari 25 negara anggota (Portelli, Claudio, 2009).

Kesepakatan awal dari kelompok kerja terkait karakter dokumen bahwa setidaknya dokumen tersebut harus singkat, kualitasnya menyamai pedoman mitigasi IADC, serta konsisten dengan prinsip dan perjanjian internasional keantariksaan yang ditetapkan PBB. Terkait, keterlibatan operator sistem pesawat antariksa dan wahana peluncur, sedapat mungkin implementasi pedoman ini diperluas tidak hanya untuk sistem, tetapi dirancang juga, untuk sistem yang sudah berjalan. Sejumlah permasalahan juga dibahas untuk memperoleh kese-

pakatan diantara negara peserta, yakni (Portelli, Claudio, 2009):

- Mendorong agar muatan teknis pedoman tidak lebih ketat dibanding pedoman IADC.
- Membatasi pengecualian berdasarkan kasus per kasus.
- Tidak mengikat secara hukum.
- Terhadap dokumen pedoman yang disusun, memungkinkan revisi ke depan sebagai konsekuensi penerapan pengembangan teknologi terbaru.

Pada sidang ke-42 tahun 2005, kelompok kerja sub komite menghasilkan beberapa kesepakatan sebagai pedoman mitigasi sampah antariksa dan menyiapkan rencana kerja tahunan baru untuk periode tahun 2005 sampai dengan 2007, yang pada akhirnya diadopsi oleh sub komite. Kelompok kerja menyepakati revisi draft pedoman mitigasi sampah antariksa (A/AC.105/848, 2005), selanjutnya direkomendasikan agar revisi draft pedoman mitigasi sampah antariksa disebarkan di tingkat nasional agar memperoleh dukungan bagi penerimaan pedoman tersebut pada sidang sub komite ilmiah dan teknik berikutnya.

Pada sidang ke-44 tahun 2007, sub komite mengadopsi pedoman mitigasi sampah antariksa (*the Space Debris Mitigation Guidelines*) (A/AC.105/890, 2007). Pada sidang ke-50 tahun 2007, komite mengesahkan pedoman mitigasi sampah antariksa (*the Space Debris Mitigation Guidelines*) dan sepakat bahwa penerimaan terhadap pedoman tersebut bersifat sukarela sebagai bentuk pemahaman dalam melakukan kegiatan antariksa dan mengurangi kemungkinan konflik yang timbul (A/62/20, 2007).

Pada tanggal 22 Desember 2007 Majelis Umum PBB menerima pedoman mitigasi sampah antariksa (*the Space Debris Mitigation Guidelines*) dari Komite PBB untuk Penggunaan Antariksa bagi Maksud Damai (UNCOPUOS) dan menyetujui bahwa pedoman mitigasi sampah antariksa bersifat sukarela dan mencerminkan praktek-praktek yang

dilakukan oleh sejumlah organisasi nasional dan internasional, dan mengundang negara-negara anggota untuk melaksanakan pedoman tersebut melalui mekanisme nasional yang tepat (A/Res/62/217, 2008).

### **2.3 Prinsip-Prinsip Pedoman PBB tentang Mitigasi Sampah Antariksa (Space Debris Mitigation Guidelines)**

Pedoman Mitigasi Sampah Antariksa (*Space Debris Mitigation Guidelines*) diharapkan dapat diperhatikan sejak melakukan perencanaan misi, rancang bangun, pabrikasi, fase operasi (peluncuran, misi, penghancuran) pesawat antariksa serta tahap pengorbitan wahana antariksa. Prinsip-prinsip yang dimuat dalam pedoman tersebut, antara lain (A/Res/62/217, 2008):

- a) Membatasi pelepasan sampah antariksa selama pengoperasian normal (*limit debris released during normal operations*) Sistem antariksa harus dirancang untuk tidak melepaskan sampah selama pengoperasiannya. Jika tidak memungkinkan, maka dampak dari pelepasan sampah di lingkungan antariksa harus dimimalisir. Pada dekade awal era antariksa, rancang bangun wahana peluncur dan pesawat antariksa secara sengaja diijinkan melakukan berbagai misi terkait obyek bumi, termasuk, antara lain, cakupan sensor (*sensor covers*), mekanisme pemisahan dan penyebaran bagian-bagiannya. Didorong oleh ancaman yang timbul dari benda-benda antariksa tersebut, maka rancang bangun tersebut terus dikaji secara serius, dan terbukti efektif mengurangi sampah antariksa.
- b) Memperkecil potensi timbulnya kepingan-kepingan selama pengoperasian (*minimize the potential for break-ups during operational phases*) Pada saat memasuki orbit wahana peluncur dan pesawat antariksa harus dirancang untuk menghindari kegagalan operasi yang dapat menyebabkan



kepingan-kepingan dilepaskan ke orbit bumi (*break-up*). Definisi *Break-up* dalam dokumen IADC (2002), yakni setiap peristiwa yang membuat kepingan-kepingan, dilepaskan ke orbit bumi, antara lain disebabkan oleh: 1) ledakan yang disebabkan oleh bahan kimia atau energi panas dari bahan bakar, percikan api (*pyrotechnics*), dan sebagainya; 2) pecahan yang disebabkan oleh peningkatan tekanan di dalam; 3) pecahan yang disebabkan oleh tabrakan dengan benda lainnya; namun, definisi tersebut tidak berlaku terhadap:

- Pecahan yang timbul selama fase *re-entry* yang disebabkan oleh gaya *aerodinamik*
- Terbentuknya kepingan-kepingan, seperti serpihan kecil (*paint flakes*), akibat struktur sistem telah lapuk.

Dokumen tersebut juga menegaskan bahwa pada kasus di mana kondisi mengarah kegagalan operasi terdeteksi, langkah-langkah pembuangan (*disposal*) dan penghapusan energi pada sistem antariksa (*passivation*) yang telah dibuat harus segera dilakukan untuk mengurangi pecahan. Pasivasi merupakan upaya penghapusan semua energi yang tersimpan pada sistem antariksa untuk mengurangi perubahan pecahan. Langkah-langkah pasivasi meliputi pelepasan atau pembakaran kelebihan bahan bakar, pemakaian baterai dan mengurangi tekanan pesawat. Telah terbukti, bahwa kepingan-kepingan yang ada di orbit bumi dapat menyebabkan tidak berfungsinya sistem antariksa. Pecahan tersebut dapat timbul sebagai akibat dari kegagalan sistem motor penggerak (*propulsion and power system*). Diperlukan kajian terkait potensi kepingan-kepingan di orbit bumi tersebut melalui analisis model kegagalan operasi (*failure mode analysis*), sehingga potensi terjadinya kepingan yang dilepaskan ke orbit bumi dapat dikurangi.

- c) Memperkecil peluang tabrakan secara sengaja di orbit (*limit the probability of accidental collision in orbit*)

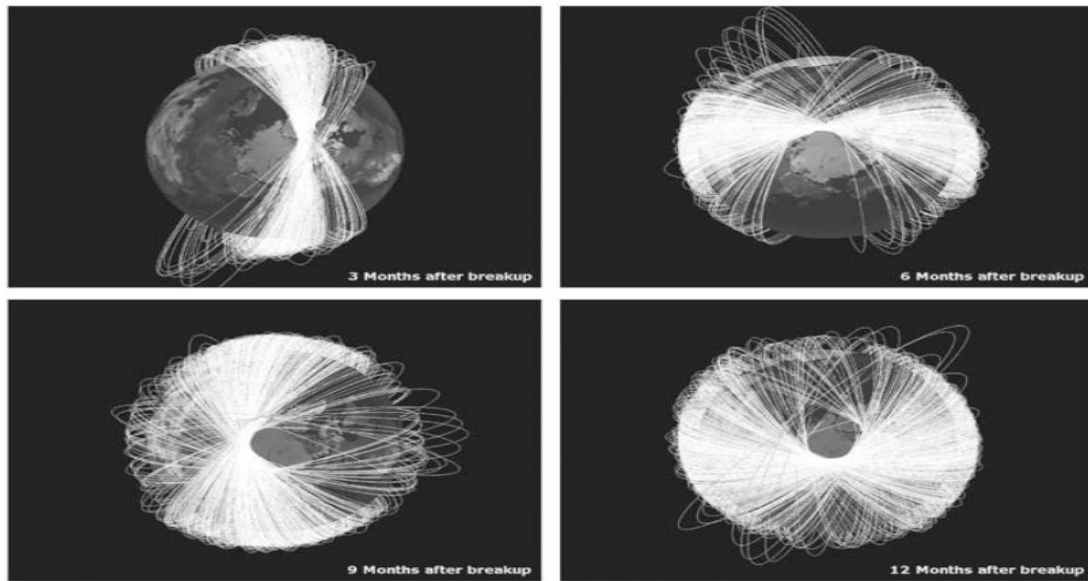
Dalam mengembangkan rancang bangun dan profil misi pesawat antariksa dan wahana peluncur, kemungkinan tabrakan disengaja dengan benda-benda antariksa lainnya selama fase peluncuran dan mengorbit harus dapat diperhitungkan dan dibatasi. Apabila terdapat data orbital yang mengarah potensi tabrakan, penyesuaian waktu peluncuran atau tindakan menghindari manuver di orbit harus dipertimbangkan. Beberapa tabrakan disengaja dapat diidentifikasi. Sejumlah penelitian membuktikan hal tersebut, melalui peningkatan jumlah dan besaran sampah antariksa, penyebab utama sampah antariksa yang baru muncul kemungkinan besar dari tabrakan. Mekanisme menghindari tabrakan telah diadopsi oleh beberapa negara anggota dan organisasi internasional.

- d) Menghindari perusakan secara sengaja dan kegiatan berbahaya lainnya (*avoid intentional destruction and other harmful activities*)

Menyadari bahwa peningkatan resiko tabrakan dapat menimbulkan ancaman bagi operasi antariksa, maka penghancuran sengaja dari setiap pesawat antariksa dan wahana peluncur yang memasuki orbit atau kegiatan berbahaya lainnya yang menghasilkan sampah antariksa berumur panjang harus dihindari. Ketika penghancuran disengaja diperlukan, dilakukan seminimal mungkin dan diarahkan pada orbit rendah untuk membatasi pecahan-pecahan (*fragments*) berada di orbit. Sebagai contoh, Gambar 2-1 menunjukkan evolusi sampah antariksa yang dihasilkan pesawat Fengyun-1C yang ditembak oleh senjata pemusnah kinetik (*ballistic kinetic kill vehicle-KKV*).

Pada Gambar 2-1 digambarkan evolusi sampah antariksa dari Fengyun-1C, Pesawat antariksa untuk misi meteorologi diluncurkan pada tanggal 10 Mei 1999 menuju orbit *sun-synchronous* dengan ketinggian rata-rata sekitar 850 km dan kemiringan 98,8°. Pada ketinggian tersebut telah bisa dilakukan pemantauan global pola cuaca bumi, seperti yang dilakukan oleh NOAA milik AS. Sampai dengan bulan Januari 2007 pesawat antariksa tersebut masih mampu merespon komando dari China, namun tidak mampu memberi layanan meteorologi yang valid. Oleh karena itu pada 11 Januari 2007 China memutuskan menembak benda antariksa tersebut menggunakan senjata pemusnah kinetik (*ballistic kinetic kill vehicle -KKV*) dari pusat peluncuran Xichang. Kondisi

tersebut memicu timbulnya sampah antariksa di sekitar lokasi penembakan Fengyun-1C dan akan terus menyebar dan bertambah karena pengaruh perputaran orbit. Data *the US Space Surveillance Network* menunjukkan adanya 2000 sampah berbagai ukuran mulai 10 cm atau lebih besar dan meningkatkan hampir sepertiga akumulasi sampah antariksa di orbit rendah (LEO) yang telah ada sekitar 50 tahun silam. Pada 11 Juli 2007, hanya sekitar 13 pecahan Fengyun-1C yang jatuh ke bumi, dan mayoritas tetap bertahan di orbit selama beberapa dekade, sekitar lebih dari 100 tahun bahkan abadi. Secara umum pengelompokan ukuran sampah antariksa dapat diamati pada Tabel 2-1.



Gambar 2-1: Evolution of The Fengyun-1C Debris Orbit Planes (L. Johnson, Nicholas et.all. 2008)

Tabel 2-1: UKURAN SAMPAH ANTARIKSA  
(Forty-Ninth Session Scientific and Technical Subcommittee, 2012)

Ukuran Fisik	Karakter	Potensi Resiko terhadap Satelit
>10 cm	- terdeteksi ( <i>can be tracked</i> ) - tanpa pelindung ( <i>no effective shielding</i> )	kerusakan total ( <i>complete destruction</i> )
1-10 cm	- dapat tak terdeteksi ( <i>smaller objects in this range cannot be tracked consistently</i> ) - tanpa pelindung ( <i>no effective shielding</i> )	kerusakan berat ( <i>severe damage or complete destruction</i> )
< 1 cm	- tak terdeteksi ( <i>cannot be tracked</i> ) - terdapat pelindung ( <i>effective shielding exist</i> )	kerusakan ( <i>damage</i> )

- e) Meminimalisir potensi timbulnya kepingan-kepingan setelah misi berakhir karena energi tersisa (*minimize potential for post-mission break-ups resulting from stored energy*)

Dalam rangka membatasi resiko bagi pesawat antariksa dan wahana peluncur lain yang memasuki orbit dari tabrakan disengaja, semua sumber energi yang tersimpan di benda antariksa harus dihabiskan atau diamankan ketika operasi berakhir atau benda tersebut dibuang. Sampai saat ini sejumlah besar sampah antariksa disebabkan oleh kepingan-kepingan pesawat antariksa dan wahana peluncur yang memasuki orbit. Sebagian besar tabrakan tak disengaja, dapat menimbulkan gangguan pada pesawat antariksa dan wahana peluncur yang mengorbit dan memiliki sejumlah energi tersimpan. Langkah-langkah mitigasi yang paling efektif adalah dengan penghapusan energi pada sistem antariksa (*passivation*) pada saat berakhirnya misi pesawat antariksa dan wahana peluncur yang memasuki orbit. Proses pasivasi akan menghapus semua bentuk energi yang tersimpan, termasuk sisa bahan bakar (*propellants*) dan energi listrik yang tertinggal.

- f) Membatasi keberadaan pesawat antariksa dan wahana peluncur dalam jangka panjang di orbit menengah bumi (LEO) setelah misi berakhir (*limit the long-term presence of spacecraft and launch vehicle orbital stages in the low-Earth orbit (LEO) region after the end of their mission*)

Pada akhir masa operasi pesawat antariksa dan wahana peluncur yang memasuki orbit, dan melewati wilayah orbit rendah (LEO), benda-benda tersebut harus dipindahkan dari orbit tersebut secara terkendali. Apabila hal tersebut tidak dapat dilakukan, maka harus diupayakan untuk membuangnya dari orbit dan mempersingkat keberadaannya di orbit rendah dalam jangka waktu yang lama. Ketika

memutuskan untuk memindahkan benda-benda tersebut dari orbit rendah (LEO), harus dipastikan bahwa sampah antariksa yang tertahan untuk mencapai permukaan bumi tidak menimbulkan resiko terhadap orang atau barang, termasuk pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh zat berbahaya.

- g) Membatasi gangguan jangka panjang pesawat antariksa dan wahana peluncur di orbit geostasioner bumi (GEO) setelah misi berakhir (*limit the long-term interference of spacecraft and launch vehicle orbital stages with the geosynchronous Earth orbit (GEO) region after the end of their mission*).

Pesawat antariksa dan wahana peluncur yang telah memasuki fase akhir pengoperasiannya dan melewati wilayah geostasioner harus dibiarkan tetap dalam orbitnya untuk menghindari gangguan jangka panjang di wilayah GEO. Terhadap benda-benda antariksa di atau dekat wilayah geostasioner, potensi timbulnya tabrakan dapat dikurangi dengan membiarkan benda-benda tersebut di atas orbit geostasioner pada akhir masa operasi sehingga benda-benda tersebut tidak akan mengganggu, atau kembali ke wilayah geostasioner.

## 2.4 Praktek Negara-Negara dalam Mitigasi Sampah Antariksa

### 2.4.1 Rusia

Sejak awal tahun 1990-an Rusia secara aktif telah berpartisipasi dalam semua tindakan yang terkait dengan sampah antariksa. Negara ini merupakan pioner IADC, dimana kegiatan resmi lembaga tersebut dimulai di Moskow pada tahun 1993 dan berhasil menyusun IADC *Terms of Reference* yang memuat kisi-kisi penting dan dimuat dalam pedoman IADC, sebagai pedoman teknis pertama tentang sampah antariksa yang berstandar internasional. Badan antariksa Rusia (*the Federal Space Agency of the Russian Federation-Roscosmos*) merupa-

kan lembaga yang bertugas melakukan koordinasi kebijakan mitigasi sampah antariksa dalam kelompok kerja pada forum IADC maupun ISO. Setiap tahun Roscosmos menyajikan laporan komprehensif pada pertemuan sub komite ilmiah dan teknik UNCOPUOS yang memuat tentang posisi terakhir Rusia dalam melakukan mitigasi sampah antariksa.

Rusia memberlakukan standar nasional tentang mitigasi sampah antariksa yang berbasis pada pedoman IADC maupun pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa. Secara kronologis, standar IADC mulai diterapkan sejak tahun 1999. Secara umum standar tersebut disusun berdasarkan praktek terbaik yang dilakukan oleh organisasi atau lembaga lainnya terkait terhadap topik tersebut. Standar pertama yakni OST 134-1022-99 tentang ruang terdekat bumi-model distribusi spasial temporer pada kepadatan sampah antariksa (*Near-Earth Space. Model of spatial-temporary distribution of density of Space Debris*). Tahun 2000, diterapkan standar OST 134-1023-2000 tentang hal-hal terkait teknologi antariksa-ketentuan umum dalam mengurangi jumlah sampah antariksa (*Space Technology Items. General Requirements for Mitigation of Space Debris Population*). Pada tahun 2003 diterapkan standar OST 134-1031-2003 tentang hal-hal terkait teknologi antariksa-ketentuan umum tentang perlindungan terhadap pesawat antariksa dari sampah antariksa maupun meteorit (*Space Technology Items. General Requirements on Spacecraft Shielding Against Space Debris and Meteoroids*).

Roscosmos telah berpartisipasi secara aktif dalam menyiapkan dokumen pedoman mitigasi sampah antariksa IADC (2002) serta pedoman PBB dalam mitigasi sampah antariksa (2007). Pada tahun 2008 Presiden Federasi Rusia memproklamkan kebijakan antariksa Rusia sampai dengan 2020, dimana

salah satu aspek yang diberi prioritas terkait dengan keselamatan lingkungan dalam kegiatan keantariksaan, penerapan desain dan teknologi yang dapat meminimalisir produksi sampah antariksa pada saat peluncuran dan pengoperasian pesawat antariksa dan penempatan di orbit. Sejak 1 Januari 2009, Rusia juga menerapkan standar nasional terbaru yakni GOST R 52925-2008 tentang ketentuan umum bagi pesawat antariksa dan tahapan pengorbitan dalam mengurangi sampah antariksa (*General Requirements to Spacecraft and Orbital Stages on Space Debris Mitigation*). Berbagai ketentuan dalam standar tersebut berlaku bagi semua tipe wahana antariksa terbaru maupun pembaharuan dari wahana yang ada, baik yang diperuntukkan bagi kepentingan sipil, pengetahuan, bisnis, militer, serta misi berawak.

Ruang lingkup standar tersebut mencakup semua tahapan terkait wahana antariksa, meliputi: desain, pabrikasi, peluncuran, pengoperasian, serta pembuangan, dimana seluruhnya dirancang mengacu ketentuan pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa. Secara global seluruh tindakan yang dilakukan dalam pengawasan Roscosmos dinilai merupakan praktek terbaik dalam melakukan pengurangan sampah antariksa. Salah satunya dibuktikan dengan keberhasilan dalam mengendalikan proses *re-entry* "MIR" dari orbitnya dengan berat lebih kurang 120 ton, sehingga dikhawatirkan dapat membahayakan barang milik serta penduduk di bumi. Pada Maret 2006, melalui penerapan ketentuan IADC, Rusia secara teknis berhasil melakukan pembuangan (*disposal*) dari pesawat antariksa "Express AM 11". Hal lainnya yakni keberhasilan periodik (sampai lima kali per tahun) dari kegiatan pusat kendali "TSNIIMASH Mission Control Center" untuk pengangkutan serta pendaratan yang baik atas wahana antariksa "Soyuz TM" dalam yurisdiksi ISS yang telah ditetapkan.

### 2.4.2 Perancis

Upaya untuk mengatur sampah antariksa di Perancis mulai digagas *the Centre national études spatiales* (CNES) (English: *National Centre for Space Studies*), lembaga antariksa Perancis, pada tahun 1997, yakni dengan membentuk kelompok kerja untuk menyusun suatu standar CNES tentang sampah antariksa yang berbasis pada standar NASA. Standar tersebut resmi diberlakukan tahun 1999, dan bahkan dipromosikan untuk dibahas lebih lanjut di tingkat Eropa bersama konsorsium Eropa (ASI, BNSC, DLR). Pada tahun 2004 standar tersebut resmi diadopsi dan berlaku di Eropa, dengan ruang lingkup (*Forty-Ninth Session Scientific and Technical Subcommitte*, 2012):

- a. Rencana pengurangan sampah antariksa (*the debris risk reduction plan*), meliputi: daftar yang memuat sampah yang mungkin dihasilkan dari proyek, manajemen yang direncanakan, dokumen yang akan dibuat, jadwal penyusunan dokumen, serta matrik kepatuhan.
- b. Dokumen resiko sampah antariksa (*the debris risk file*), meliputi: identifikasi resiko munculnya sampah antariksa, langkah-langkah yang diambil untuk mengendalikan (termasuk keterangan), serta resiko tindakan pengurangan.
- c. Dokumen berhentinya kegiatan (*the end-of-life file*), meliputi: ketentuan persetujuan berhentinya kegiatan (termasuk keterangan), langkah-langkah dan penjelasan dari sistem penghentian, keterangan pemenuhan persyaratan berhentinya kegiatan, upaya pengurangan resiko.
- d. Dokumen yang harus dipenuhi (*debris compliance file*), meliputi: pernyataan memenuhi semua ketentuan, status permintaan penanggulangan

Pada tahun 2008, parlemen Perancis menetapkan *French Space Operation Act* (FSOT). Undang-undang ini berlaku terhadap setiap pelaksana kegiatan keantariksaan dari wilayah

Perancis serta warga Perancis yang melaksanakan kegiatan keantariksaan dimanapun dia berada. Ketentuan pokok yang diatur dalam undang-undang ini terkait pengawasan dan perijinan terutama dalam menjamin bahwa kegiatan tersebut aman bagi setiap orang, kesehatan masyarakat dan lingkungan. Pada tahun 2010 berhasil disahkan aturan implementasi yang memuat ketentuan terinci terhadap tiga hal utama, yakni: ketentuan umum peluncuran, pengendalian serta pengembalian benda antariksa. Tujuan utama aturan implementasi untuk melindungi masyarakat (*safeguarding*), lingkungan atmosfer terutama atas polusi dan/atau kontaminasi, serta lingkungan antariksa terhadap sampah antariksa. Ruang lingkup ketentuan yang diatur dalam aturan teknis tersebut, mencakup (Lazzare, 2012):

- a. Ketentuan bagi pengguna terkait kualifikasi, jaminan kualitas dan manajemen resiko
- b. Kajian terkait resiko dan dampak lingkungan terkait operasi peluncuran dan pengendalian orbit
- c. Ketentuan keselamatan bagi peluncuran dan pengendalian pengembalian (*re-entry*)
- d. Ketentuan keselamatan bagi pengembalian yang tidak terkendali (*uncontrolled re-entry*)
- e. Mitigasi sampah antariksa
- f. Batasan atas tabrakan disengaja
- g. Kebijakan keselamatan nuklir
- h. Kebijakan perlindungan planet
- i. Koneksi dengan lokasi peluncuran
- j. Langkah-langkah untuk perlindungan dan kedaruratan

Di tingkat internasional, Perancis melalui CNES ikut serta secara aktif dalam upaya mengurangi sampah antariksa melalui forum *the Inter-Agency Space Debris Coordination Committee* (IADC), forum resmi *the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UNCOPUOS), serta bergabung dengan *International Organization for Standardi-*

zation (ISO), terutama dimaksudkan terhadap ketentuan standar produksi sampah antariksa, khususnya diterapkan bagi pihak swasta (*manufacturers*). ISO24113 memuat persyaratan utama dalam mitigasi sampah antariksa yang berlaku bagi semua elemen sistem tak berawak yang diluncurkan ke, atau melewati, sekitar bumi, termasuk tahapan peluncuran wahana ke orbit, operasi pesawat antariksa dan setiap benda yang diluncurkan sebagai bagian operasi normal atau tindakan pembuangan (*disposal*). Persyaratan yang ditetapkan dalam ISO tersebut dimaksudkan untuk mengurangi peningkatan jumlah sampah antariksa dengan menjamin kepastian bahwa desain, pengoperasian dan termasuk pembuangan, pesawat antariksa dan wahana peluncur memasuki orbit, telah mengantisipasi timbulnya sampah antariksa yang berumur panjang di sekitar orbit. ([http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=42034](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=42034)).

Terkait kepatuhan terhadap pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa, maka dibuktikan Perancis melalui pelaksanaan langkah-langkah yang digariskan dalam pedoman terutama menjelang proses masuk kembali (*re-entry*) benda antariksanya pada tahun 2010. Seperti diketahui pada tahun 2010, maka Perancis telah menjadwalkan dua peristiwa *re-entry*, yakni: Ariane 5 (V192) SYLDA dengan nomor registrasi: 2009-058-D yang diluncurkan tanggal 29 Oktober 2009 dan jadwal *re-entry* tanggal 9 September 2010; serta Ariane 5 (V142) SYLDA dengan nomor registrasi : 2001-029-D yang diluncurkan tanggal 12 Juli 2001 dan jadwal *re-entry* 6 Oktober 2010. Secara teknis, F. Alby (2010) menyarankan upaya yang dilakukan, dalam mempersiapkan tindakan pada saat misi berakhir (*end of life operations*), yakni: merendahkan ketinggian (*altitude lowering*) dengan maksud untuk mengurangi waktu di orbit, mengosongkan bahan bakar, mengendalikan resiko tabrakan diantara satelit lainnya; serta peng-

hapusan energi listrik sistem antariksa (*electrical passivation*) dengan cara melepas baterai atau mematikan sumber energi satelit lainnya.

Upaya teknis lainnya, yakni melakukan upaya meminimalisir resiko tabrakan serta menghindari manuver semaksimal mungkin, misalnya dengan memanfaatkan jaringan yang terkoneksi melalui kerjasama dengan US *Joint Space Operation Center* (JSpOC). Kegiatan tersebut berhasil membantu Perancis dalam melakukan pengawasan atas satelit miliknya (lebih kurang 18 satelit). Disisi lain juga terdapat hampir 353 peluang tabrakan yang teridentifikasi secara otomatis (diantaranya 92 informasi diterima dari JspOC) serta lebih kurang 13 manuver yang dapat dihindari.

#### 2.4.3 Amerika Serikat

Amerika Serikat memiliki ketentuan pengaturan sangat detail dalam melaksanakan pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa. Langkah-langkah mitigasi sampah antariksa diterapkan melalui mekanisme perizinan yang ditetapkan oleh Departemen Perhubungan (*Department of Transportation*) dan Komisi Komunikasi Federal (*Federal Communications Commission*). Disisi lain, NASA juga menerapkan standar mitigasi sampah antariksanya, termasuk standar internal yang diterapkan oleh Departemen Pertahanan (*Department of Defence*).

Pada tahun 2004, parlemen Amerika menetapkan program percontohan tentang lembaga asing dan komersial (*Commercial and Foreign Entities-CFE*) yang dimaksudkan untuk menentukan kelayakan dan kebutuhan terhadap penyediaan data pendukung pengamatan antariksa, meliputi:

- a. Tahun 2004 ditetapkan kewenangan Menteri Pertahanan (*Secretary of Defence*) dalam melayani lembaga Amerika non pemerintah (*non-US government entities-CFEs*), meliputi:

- layanan satelit penerima (*tracking*)
  - pencarian dan analisis data
- b. Analisis hubungan CFE dan ketentuan layanan pendukung peluncuran, melalui perjanjian tertulis, informasi lebih lanjut dan informasi keselamatan penerbangan dan hubungan keterkaitannya. Program CFE akan meningkatkan pengetahuan tentang kondisi antariksa (*Space Situational Awareness-SSA*) sehingga dapat meningkatkan keselamatan penerbangan karena memperkecil peluang bencana tabrakan di antariksa. Program ini juga membantu mengidentifikasi sumber ketidaknormalan (anomali) dan lebih efektif menilai langkah-langkah mitigasi sampah antariksa secara nasional dan internasional.
- c. Kebijakan antariksa nasional tahun 2010 secara khusus menetapkan bahwa untuk meminimalisir sampah antariksa dan menjaga kelestarian lingkungan antariksa yang bertanggung jawab, damai, serta aman bagi semua pihak (*preserving the space environment and the responsible use of space*) (NASA, 2010), maka Amerika Serikat wajib:
- Memimpin pengembangan lebih lanjut dan adopsi internasional dari standar industri serta kebijakan untuk meminimalisir sampah, seperti: pedoman PBB untuk mitigasi sampah antariksa (*the United Nations Space Debris Mitigation Guidelines*);
  - Mengembangkan, memelihara, dan menggunakan informasi pengetahuan berubahnya antariksa (*Space Situational Awareness*) dari swasta, pemerintah, maupun sumber keamanan nasional untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan menghubungkan tindakan di antariksa yang bertentangan dengan penggunaan secara bertanggung jawab dan keberlanjutan jangka panjang lingkungan antariksa;
  - Terus mengikuti praktek standar mitigasi sampah antariksa di orbit

oleh Amerika Serikat, sesuai ketentuan misi dan efektivitas biaya, dalam pengadaan dan pengoperasian pesawat antariksa, layanan peluncuran, dan pelaksanaan uji coba dan eksperimen di antariksa;

- Menjaga kesinambungan penelitian dan pengembangan teknologi dan teknik, melalui *the National Aeronautics and Space Administration* (NASA) dan Menteri Pertahanan, untuk mengurangi dan memindahkan sampah antariksa di orbit, mengurangi bahaya, serta meningkatkan pemahaman tentang kondisi sampah antariksa saat ini dan mendatang;
  - Mewajibkan pimpinan lembaga atau departemen untuk menyetujui pengecualian terhadap praktek standar mitigasi sampah antariksa di orbit dari pemerintah Amerika Serikat dan memberitahukannya kepada sekretaris negara.
- d. Amerika Serikat mematuhi praktek standar mitigasi sampah antariksa di orbit, yang sebagian besar sejalan dengan Pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa, termasuk regulasi Departemen Pertahanan, serta instansi pemerintah lainnya, seperti NASA (melalui standar teknis 8.719.44), serta FAA (terkait prosedur lisensi peluncuran komersial), dan FCC (melalui prosedur perizinan radio frekuensi) menerapkan mitigasi sampah antariksa dalam kewenangan masing-masing.

### 3 ANALISIS

Pada saat ini terdapat hampir 21.000 benda buatan manusia dengan diameter > 10 cm dapat terlacak aktif mengorbit di bumi. Lebih lanjut diperkirakan terdapat peningkatan benda dari 450.000 menjadi 600.000 benda dengan diameter antara 1 dan 10 cm di orbit bumi, dan ratusan juta berukuran antara 1 mm dan 1 cm. Sebanyak 16.000 benda > 10 cm telah

terdata oleh pemerintah Amerika, yang artinya asal-usulnya telah teridentifikasi berdasarkan data peluncurannya. Berdasarkan jumlah tersebut, satelit operasional hanya sekitar 6 sampai dengan 7 persen, artinya, minimal, lebih dari 90% dari semua obyek buatan manusia di orbit tidak terkendali/non fungsional, atau lazim disebut sebagai sampah antariksa. Secara teknis, benda-benda tersebut memiliki kecepatan antara 3 km/detik sampai dengan 7,7 km/detik, sehingga potensi tabrakan antara benda-benda cukup tinggi dan memiliki konsekuensi serius. Benda-benda tersebut tersebar di wilayah yang luas, namun sebagian besar terkonsentrasi di orbit bumi paling strategis, yakni: LEO, MEO dan GEO (OOSA, 2012) dan lazimnya disebut sampah antariksa (*space debris*).

Uraian tersebut setidaknya menggambarkan bahwa jauh lebih mudah memperkirakan jumlah sampah antariksa yang bersifat benda buatan dibandingkan memprediksi peluang pembentukan sampah yang berasal dari aktivitas benda alamiah, terutama asteroid dan komet. Namun, apapun penyebab pembentukan sampah antariksa, fenomena tersebut jelas menimbulkan kerugian terhadap misi antariksa (terhentinya operasi wahana antariksa) dan terutama kerusakan pada lingkungan antariksa (gangguan terhadap spektrum frekuensi dan orbit) serta kecenderungan penyebarannya di berbagai konsentrasi orbit.

Meningkatnya kesadaran tentang dampak negatif sampah antariksa telah mendorong pelaku kegiatan antariksa mengambil langkah-langkah dalam mengurangi produksi sampah baru melalui pengembangan dan implementasi langkah-langkah mitigasi sampah antariksa secara nasional maupun internasional. Berbagai negara pemilik teknologi antariksa cukup mendukung upaya-upaya mengurangi sampah antariksa, meskipun penerapannya di masing-masing negara relatif berbeda-beda dan cenderung dipengaruhi oleh

arah kebijakan nasional keantariksaan yang berlaku.

Meskipun saat ini terdapat kecenderungan penurunan frekuensi peluncuran benda antariksa di orbit dibandingkan saat puncak era perang dingin, namun benda-benda antariksa masih terus diluncurkan ke orbit yang lebih tinggi oleh berbagai negara (sehingga akan menetap lebih lama di antariksa). Pada akhirnya sampah-sampah tersebut akan menjadi ancaman serius bagi keberlanjutan eksplorasi dan pemanfaatan antariksa bagi generasi mendatang. Resiko yang ditimbulkan oleh sampah antariksa merupakan permasalahan di tingkat global, dan memerlukan solusi baik secara nasional maupun internasional. Berbagai upaya terpadu dari aspek teknologi, kebijakan dan hukum, produksi, operator, serta penjaminan, sangat diharapkan dapat menjadi solusi terbaik bagi pemenuhan kebijakan dan pengaturan yang menjamin keberlanjutan eksplorasi lingkungan secara berkelanjutan.

Sebagai contoh, upaya-upaya yang dilakukan oleh *The Inter-Agency Space Debris Coordinating Committee* (IADC) dan Komite PBB tentang Penggunaan Antariksa secara Damai (UN-COPUOS) dalam menyusun serangkaian pedoman yang memuat langkah-langkah yang direkomendasikan secara spesifik bagi semua pelaku antariksa. Sehingga sangat diharapkan dapat mengurangi peluang untuk menciptakan sampah antariksa selama pelaksanaan kegiatan di ruang angkasa. Pedoman mitigasi sampah antariksa difokuskan terhadap upaya melakukan mitigasi (pengurangan) laju pembentukan kepingan-kepingan baru dari sampah antariksa yang dihasilkan selama pelaksanaan kegiatan di antariksa. Meskipun tidak mengikat dan penerapannya bersifat sukarela, namun secara internasional diakui bahwa pedoman mitigasi sampah antariksa dari IADC dan UN-COPUOS merupakan pedoman teknis yang bersifat mendasar dan akurat.



Khusus Pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa diharapkan dapat menjadi rujukan mitigasi sampah antariksa yang diterima dan dipatuhi dengan baik mengingat seperangkat pedoman standar dalam mitigasi sampah antariksa hanya akan bermanfaat apabila dapat diterima secara luas diantara masyarakat antariksa global. Titik kritis dari implementasi pedoman PBB tersebut yakni kesiapan negara anggota dan organisasi internasional untuk secara sukarela melakukan langkah-langkah, melalui mekanisme nasional atau mekanisme lain yang paling sesuai, dalam melaksanakan pedoman semaksimal mungkin.

Berdasarkan prinsip-prinsip pedoman PBB tentang Mitigasi Sampah Antariksa dalam uraian sebelumnya, maka secara umum dapat disimpulkan ketentuan yang dimuat dalam pedoman tersebut, yakni:

- a) membatasi pelepasan sampah pada operasi normal,
- b) memperkecil timbulnya kepingan-kepingan pada operasi benda antariksa. Oleh karenanya sejak awal disiapkan langkah-langkah antisipasi terencana, seperti: mekanisme penghapusan energi pada sistem antariksa (*passivation*) dan pembuangan (*disposal*),
- c) membatasi tabrakan disengaja di orbit (*accidental collision in orbit*) karena dapat meningkatkan volume dan massa sampah antariksa,
- d) menghindari perusakan benda antariksa secara sengaja/kegiatan berbahaya lainnya,
- e) meminimalisir potensi timbulnya kepingan-kepingan akibat energi tertinggal dari berakhirnya operasi benda antariksa,
- f) membatasi gangguan jangka panjang di orbit LEO dan GEO oleh benda antariksa yang berakhir masa beroperasinya.

Pada uraian sebelumnya telah dipaparkan tentang berbagai upaya nasional negara-negara untuk ikut serta dalam menjamin bahwa pelaksanaan kegiatan antariksa nasional mereka

tidak akan berdampak terhadap peningkatan jumlah sampah antariksa, terutama dalam konteks kepatuhan terhadap pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa. Beberapa negara yang dicontohkan, seperti Rusia, Perancis, serta Amerika Serikat memang tergolong para pelaku kegiatan keantariksaan (*space faring nations*) sehingga secara teknis kemampuan teknologi mereka cukup handal dalam mendukung mitigasi sampah antariksa, yang tentunya sebagian besar juga disebabkan oleh kegiatan negara-negara tersebut.

Rusia secara aktif mulai berpartisipasi dalam semua tindakan yang terkait dengan sampah antariksa sejak tahun 1990-an. Sebagai pioner IADC, negara ini memberlakukan standar nasional tentang mitigasi sampah antariksa yang berbasis pada pedoman IADC, antara lain:

- a. OST 134-1022-99 tahun 1999 tentang ruang terdekat bumi-model distribusi spasial temporer pada kepadatan sampah antariksa (*Near-Earth Space. Model of Spatial-Temporary Distribution of Density of Space Debris*).
- b. OST 134-1023-2000 tahun 2000 tentang hal-hal terkait teknologi antariksa-ketentuan umum dalam mengurangi jumlah sampah antariksa (*Space Technology Items. General Requirements for Mitigation of Space Debris Population*).
- c. OST 134-1031-2003 tahun 2003 tentang hal-hal terkait teknologi antariksa-ketentuan umum tentang perlindungan terhadap pesawat antariksa dari sampah antariksa maupun meteorit (*Space Technology Items. General Requirements on Spacecraft Shielding Against Space Debris and Meteoroids*).

Kebijakan antariksa Rusia (2008–2020) memprioritaskan terhadap keselamatan lingkungan dalam kegiatan keantariksaan, penerapan desain dan teknologi yang dapat meminimalisir

produksi sampah antariksa pada saat peluncuran dan pengoperasian pesawat antariksa dan penempatan di orbit. Negara ini juga ikut aktif dalam penyusunan pedoman PBB dalam mitigasi sampah antariksa. Sejak tahun 2009, Rusia menerapkan standar baru, yakni GOST R 52925-2008 tentang ketentuan umum bagi pesawat antariksa dan tahapan pengorbitan dalam mengurangi sampah antariksa (*General Requirements to Spacecraft and Orbital Stages on Space Debris Mitigation*), yang berlaku bagi semua tipe wahana antariksa (terbaru maupun pembaharuan dari wahana yang ada) baik yang ditujukan untuk kepentingan sipil, pengetahuan, bisnis, militer, serta misi berawak. Kondisi ini menggambarkan bahwa Rusia, sebagai salah satu pelaku kegiatan keantariiksaan, sangat memberi perhatian terhadap upaya-upaya mitigasi sampah antariksa dan bahkan ketentuan tersebut diterapkan secara ketat di lingkungan nasional baik terhadap misi pemerintah, militer maupun komersial. Negara ini sangat memahami bahwa sampah antariksa merupakan ancaman krusial bagi lingkungan antariksa dan berakibat fatal bagi pelaksanaan misi antariksa yang sedang dilakukan. Oleh karenanya melalui berbagai standar yang diterapkan di lingkup nasional termasuk keberhasilan praktek yang dilakukan dalam melakukan *re-entry* atas akhir operasi dari misi keantariaksaannya, diharapkan dapat menjadi contoh di tingkat internasional untuk menerapkan langkah-langkah mitigasi sampah antariksa serupa.

Demikian halnya Perancis, terkait pengaturan terhadap sampah antariksa, negara ini juga menyusun standar nasional bagi pelaku kegiatan dan bahkan standar tersebut diadopsi secara meluas di tingkat Eropa. Di sisi lain juga dibangun kerangka pengaturan teknis tentang sampah antariksa yang memuat ketentuan pokok seperti:

a. Ketentuan bagi pengguna terkait kualifikasi, jaminan kualitas dan manajemen resiko

- b. Kajian terkait resiko dan dampak lingkungan terkait operasi peluncuran dan pengendalian orbit
- c. Ketentuan keselamatan bagi peluncuran dan pengendalian pengembalian (*re-entry*)
- d. Ketentuan keselamatan bagi pengembalian yang tidak terkendali (*uncontrolled re-entry*)
- e. Mitigasi sampah antariksa
- f. Batasan atas tabrakan disengaja
- g. Kebijakan keselamatan nuklir
- h. Kebijakan perlindungan planet
- i. Koneksi dengan lokasi peluncuran
- j. Langkah-langkah untuk perlindungan dan kedaruratan

Di tingkat internasional, Perancis melalui CNES juga berperan aktif dalam berbagai forum yang bertujuan untuk mengurangi sampah antariksa serta menjamin keberlanjutan operasi di antariksa secara global, seperti: IADC, ISO, serta UNCOPUOS. Khusus kepatuhan terhadap pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa dibuktikan dengan melakukan mekanisme pengembalian benda antariksa (*re-entry*) sesuai ketentuan, yakni: Ariane 5 (V192) SYLDA dengan nomor registrasi: 2009-058-D yang diluncurkan tanggal 29 Oktober 2009 dan jadwal *re-entry* tanggal 9 September 2010; serta Ariane 5 (V142) SYLDA dengan nomor registrasi : 2001-029-D yang diluncurkan tanggal 12 Juli 2001 dan jadwal *re-entry* 6 Oktober 2010. Upaya teknis lainnya, yakni melakukan upaya meminimalisir resiko tabrakan serta menghindari manuver semaksimal mungkin. Misalnya dengan memanfaatkan jaringan yang terkoneksi melalui kerjasama dengan US *Joint Space Operation Center* (JSpOC).

Kepatuhan terhadap pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa juga dilakukan oleh Amerika Serikat. Bahkan, sejak tahun 1988, setiap Presiden Amerika Serikat telah diwajibkan untuk menetapkan kebijakan dalam membatasi pertumbuhan jumlah sampah antariksa sebagai bagian dari kebijakan antariksa

nasional Amerika Serikat. Presiden Barack Obama mengumumkan kebijakannya di bidang keantariksaan pada tanggal 28 Juni 2010. Dalam kebijakan antariksa Amerika tersebut juga dimuat hal-hal spesifik terkait mitigasi sampah antariksa di orbit lingkungan antariksa dalam jangka panjang secara berkelanjutan. Secara khusus, kebijakan tersebut mendorong penelitian dan pengembangan teknologi dan teknik untuk memindahkan sampah antariksa di orbit.

Berdasar uraian di atas dapat diperoleh gambaran bahwa para pelaku kegiatan keantariksaan (*space faring nations*) cenderung berperan aktif dalam melakukan upaya-upaya mitigasi sampah antariksa baik di tingkat nasional maupun internasional, terutama dengan dukungan teknologi yang dimiliki serta kemampuan untuk mempengaruhi kebijakan di tingkat kawasan maupun internasional terkait mitigasi sampah antariksa. Hal ini didasarkan asumsi bahwa sampah antariksa benar-benar menjadi ancaman krusial bagi lingkungan antariksa dan berakibat fatal bagi pelaksanaan misi antariksa yang sedang dilakukan. Tulisan ini memang tidak menyajikan bagaimana upaya-upaya serupa dilakukan oleh negara berkembang yang memiliki keterbatasan dari sisi teknologi maupun *power* politik, namun demikian sebagai bagian dari masyarakat global seharusnya tetap ditemukan cara untuk melibatkan negara berkembang dalam pelaksanaan mitigasi sampah antariksa.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis di atas dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

a. Mengacu ketentuan berbagai perjanjian internasional keantariksaan maka definisi sampah antariksa dimasukkan dalam kelompok benda antariksa. Secara ilmiah benda antariksa mencakup benda alamiah (dimaknai *celestial bodies*: bulan, asteroid, komet)

dan buatan (pesawat antariksa dan wahana peluncur) yang sudah tidak dapat dioperasikan kembali. Namun demikian pedoman PBB hanya membatasi mitigasi sampah antariksa terhadap benda buatan.

- b. Dengan didukung oleh kemampuan teknologi dan kepentingan misi keantariksannya, para pelaku kegiatan keantariksaan (*space faring nations*) sangat mendukung upaya-upaya mitigasi sampah antariksa. Ditingkat nasional dilakukan dengan menyusun standar nasional atau regulasi teknis yang mengatur sampah antariksa yang mengikat para penyelenggara baik pemerintah, militer, maupun swasta secara adil. Sedang di tingkat internasional ikut serta menjadi pihak dalam berbagi forum penyusunan kebijakan terkait mitigasi sampah antariksa, seperti: IADC, ISO, serta UNCOUOS.
- c. Inisiasi pedoman PBB tentang mitigasi sampah antariksa dinilai cukup positif dalam perspektif global. Namun secara substantif terdapat beberapa kekurangan terutama terkait efektivitas penerapan pedoman apabila ditinjau dari aspek pengawasan, pemeriksaan, serta kewajiban untuk melaksanakannya di tingkat global. Salah satunya, karena sifat pedoman yang tidak mengikat (*soft law*) dalam mengatur mitigasi sampah antariksa yang terkait erat dengan kepentingan misi keantariksaan berbagai pihak di tingkat global.

#### 4.1 Saran

Berdasarkan praktek mitigasi sampah antariksa yang dilakukan oleh negara-negara di atas maka diperlukan dukungan semaksimal mungkin atas inovasi-inovasi dalam kegiatan tersebut, seperti upaya Perancis dalam memanfaatkan jaringan yang terkoneksi melalui kerjasama dengan US *Joint Space Operation Center* (JSpOC). Hal ini dapat pula menjadi kesempatan dalam

melibatkan negara berkembang dalam pelaksanaan mitigasi sampah antariksa.

Sebagaimana ketentuan internasional lainnya, maka dalam perspektif kepentingan internasional akan selalu ditemui berbagai kekurangan baik secara teknis maupun administratif. Namun demikian melalui itikad baik dari berbagai negara yang ikut serta menerapkan pedoman tersebut, tentunya upaya perbaikan terhadap kelemahan pedoman PBB akan dapat dilakukan dengan lebih mudah.

#### DAFTAR RUJUKAN

- A/48/20, 1993. Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Forty Eight Session. UNCOPUOS. Para : 87.
- A/62/20. 2007. Report of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space fifty Session, UNCOPUOS, Para : 118 - 119.
- A/AC.105/571, 1994. Report of the Scientific and Technical Sub Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Thirty First Session. UNCOPUOS. Para : 63-74.
- A/AC.105/605, 1995. Report of the Scientific and Technical Sub Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Thirty Second Session, UNCOPUOS, Para : 83.
- A/AC.105/719, 1999. Report of the Scientific and Technical Sub Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Thirty Sixth Session. UNCOPUOS.
- A/AC.105/736, 2000. Report of the Scientific and Technical Sub Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Thirty Seven Session, UNCOPUOS. Para : 39.
- A/AC.105/761, 2001. Report of the Scientific and Technical Sub Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Thirty Seven Session, UNCOPUOS, Para : 130.
- A/AC.105/848, 2005. Report of the Scientific and Technical Sub Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Forty Second Session, UNCOPUOS, Annex II, Para : 5-6.
- A/AC.105/890, 2007. Report of the Scientific and Technical Sub Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Forty Fourth Session, UNCOPUOS, Para : 99.
- A/Res/62/217, 2008. International Cooperation in the Peaceful uses of Outer Space Sixty Second Session, United Nations.
- Lazzare, Bruno, 2012. *The French Space Operation Act: Technical Regulations*, Elsevier, Page: 3.
- F. Alby, 2010. Overview on 2010 Space Debris Activities in France.
- Flury, W., 1994. *Summary of The First European Conference on Space Debris*. Acta Astronautica Vol 34. Page: 25.
- Forty-Ninth Session Scientific and Technical Subcommitte, 6-17 Feb 2012. *Active Debris Removal-An Essential Mechanism for Ensuring the Safety and Sustainability of Outer Space-A Report of the Interdisciplinary Congress on Space Debris Remediation and on Orbit Satellite Servicing*.
- <http://www.iadc-online.org/index.cgi>.
- [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=42034](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=42034).
- <http://www.oosa.unvienna.org/pdf/pres/stsc2010/tech-20.pdf>.
- IADC, 2002. *IADC Space Debris Mitigation Guidelines*, Page: 1.
- L. Johnson, Nicholas et.all., 2008. *The Characteristics and Consequences of the Break-up of the Fengyun-1C Spacecraft*. Acta Astronautica 63 (2008) 128-135. Page: 133.
- NASA, 2010. *Orbital Debris Quarterly News*, The NASA Orbital Debris Program Office, Vol 14, Issue 3 Juli 2010.
- OOSA, 2012. *Active Debris Removal – An Essential Mechanism for Ensuring the Safety and sustainability of Outer Space*. Scientific and

- Technical Sub Committee Forty-ninth Session.
- Portelli, Claudio, 2009. *Space Debris Mitigation in France, Germany, Italia and United Kingdom*. Advance Research, Page : 1036.
- Soekanto, Soerdjono, 2001. *Penelitian Hukum Normatif: Suatu Tinjauan Singkat*, Raja Grafindo Persada. Jakarta, Hal : 6.
- United Nations of the Outer Space Affairs, 2010. *Space Debris Mitigation of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*. Page: 1.
- United Nations, 1967. *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, including the Moon and Other Celestial Bodies (Outer Space Treaty)*.
- United Nations, 1972. *Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects (Liability Convention)*.
- Von der Dunk, Frans G., 2008. *Defining Subject Matter under Space Law: Near Earth Objects versus Space Objects*" (2008). Space and Telecommunications Law Program Faculty Publications. Paper 25. <http://digitalcommons.unl.edu/spacelaw/25>.
- Weeden, Brian, 2011. *Overview of the Legal and Policy Chalanges of Orbital Debris Removal*, Space Policy, Page: 38.

