

Analisis SWOT Sampah Antariksa Indonesia

SWOT Analysis of Indonesian Space Debris

Diah Yuniarti

Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika

Jl. Medan Merdeka Barat No.9 Jakarta 10110

diah.yuniarti@kominfo.go.id

Naskah diterima : 31 Januari 2013; Direvisi: 15 Februari 2013; Disetujui: 5 Maret 2013

Abstract— Space debris is defined as all human made objects, including fragments and elements thereof, in earth orbit or re-entering the atmosphere, that are non-functional. Space debris originates from non-function satellite is 17% of the total space debris. Space debris presence in earth orbit is harmful due collision possibility with functional satellite and between other space debris and damage as well as radiation impact as the satellites fall off to earth surface. Functional and will be launched Indonesian satellites have potential to increase the number of space debris. Thus, the research discusses the condition related to space debris handling in Indonesia, confined with space debris originates from end of life satellites or non-functional satellites. Research method used is qualitative SWOT method analyzed from interview and study literature data. Research result shows that the strategies may be implemented related to space debris are by revising regulation related to space and developing technology for space debris mitigation.

Keywords— space debris, satellite, deorbit, SWOT

Abstrak— Sampah antariksa didefinisikan sebagai seluruh objek buatan manusia, termasuk pecahan dan elemen di orbit bumi atau yang memasuki atmosfer lagi yang tidak berfungsi. Sampah antariksa yang berasal dari satelit yang tidak berfungsi mencapai 17% dari total sampah antariksa yang ada. Keberadaan sampah antariksa di orbit bumi berbahaya karena terdapat kemungkinan terjadinya tumbukan dengan satelit yang masih berfungsi dan tumbukan antar sampah antariksa serta dampak radiasi dan kerusakan yang ditimbulkan jika satelit jatuh di permukaan bumi. Satelit Indonesia yang saat ini masih berfungsi dan satelit yang akan diluncurkan berpotensi dalam menambah jumlah sampah antariksa. Dengan demikian, penelitian ini mengkaji kondisi mengenai penanganan sampah antariksa Indonesia, dibatasi pada sampah antariksa yang berasal dari satelit yang sudah habis masa operasinya atau satelit yang sudah tidak berfungsi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode SWOT kualitatif yang dianalisis dari data wawancara dan studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan strategi yang dapat dilakukan terkait sampah antariksa Indonesia diantaranya merevisi regulasi terkait keantariksaan dan mengembangkan teknologi untuk mitigasi sampah antariksa.

Kata Kunci— sampah antariksa, satelit, deorbit, SWOT

I. PENDAHULUAN

Menurut Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC) di dalam Space Debris Mitigation Guidelines (United Nations: Office for Outer Space Affairs, 2010), sampah antariksa didefinisikan sebagai seluruh objek buatan manusia, termasuk pecahan dan elemen di orbit bumi atau yang memasuki atmosfer lagi yang sudah tidak berfungsi. Satelit yang habis masa operasinya atau tidak lagi berfungsi sesuai dengan peruntukannya digolongkan sebagai sampah antariksa. Satelit merupakan suatu benda yang beredar di ruang antariksa dan mengelilingi bumi, berfungsi sebagai stasiun radio yang menerima dan memancarkan atau memancarkan kembali dan atau menerima, memproses dan memancarkan kembali sinyal komunikasi radio (Perdirjen 357/dirjen/2006). Menurut data European Space Agency (ESA), sepanjang era satelit dunia, total 6.000 satelit telah diluncurkan ke antariksa, di mana 1.000 di antaranya masih beroperasi hingga kini dan sisanya tersebar membentuk sampah (Kurniawan, 2012). Sampah antariksa yang berasal dari satelit yang tidak berfungsi mencapai 17% dari total sampah antariksa yang ada (Neflia, 2010).

Keberadaan sampah antariksa di orbit bumi cukup berbahaya karena kemungkinan terjadinya tumbukan dengan satelit yang masih berfungsi cukup besar. Selain itu, sampah-sampah tersebut bisa saling bertabrakan sehingga akan menambah jumlah pecahan sampah dan menambah resiko kerusakan pesawat antariksa. Bahkan, International Space Station (ISS) yang mengorbit bumi dengan kecepatan 28.164 km/jam harus bermanuver beberapa kali untuk menghindari tabrakan dengan sampah antariksa (Hardi, 2011). Selain potensi bahaya tabrakan di orbit bumi, sampah antariksa juga berpotensi membahayakan ketika jatuh di permukaan bumi seperti pada kasus satelit FSW 3-3 milik Cina yang jatuh di Penglay, provinsi Shicuan dan pada kasus meteorit yang jatuh di duren sawit Jakarta Timur. Bahaya jatuhnya sampah antariksa semakin bertambah ketika sampah antariksa tersebut mengandung bahan berbahaya seperti satelit Cosmos 954 yang memiliki berat 4.5 ton dan mengandung zat radioaktif yang jatuh di perairan Kanada pada tanggal 24 Januari 1978. Zat radioaktif ini menyebar sepanjang 600 km dari Great

Slave Lake hingga Baker Lake (Neflia, 2010). Indonesia sebagai Negara ekuator memiliki potensi yang cukup besar kejatuhan benda antariksa. Hingga saat ini sudah ada 3 benda jatuh antariksa yang telah diidentifikasi (Djamaluddin, 2004 di dalam Neflia, 2010), yaitu bagian motor roket COSMOS-3M yang jatuh pada 26 Maret 1981 di Gorontalo, bagian motor roket Soyuz A-2 yang jatuh pada 16 April 1988 di Lampung dan pecahan roket CZ-3 RRC yang jatuh pada 13 Oktober 2003 di Bengkulu.

Potensi bahaya yang ditimbulkan sampah antariksa mendorong berbagai upaya dan penelitian dalam pembersihan sampah-sampah tersebut di antariksa. Pada tahun 2007, China melakukan uji coba senjata anti-satelit dengan menghancurkan satelit yang tidak terpakai di antariksa. Uji ini menghasilkan tak kurang dari 150.000 pecahan satelit dengan ukuran sekitar 1 cm (Hardi, 2011). Pada awal tahun 2015, Swiss berencana meluncurkan satelit pembersih sampah antariksa yang dinamakan CleanSpace One (P.Gero, 2012). Penggunaan busa "Nerf Balls", termination tether (TT), layar surya, dan perisai whipple juga telah dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi sampah antariksa. Selain itu, ESA berencana menjalankan program "Antariksa Bersih" pada 2015 mendatang. Selain pembersihan, program lainnya adalah pengembangan bahan satelit "ramah antariksa".

Satelit Indonesia turut andil dalam menambah populasi sampah antariksa. Selama 36 tahun sejak pertama kali satelit Indonesia mengorbit pada 1976, tiga satelit gagal beroperasi secara penuh, yaitu Satelit Palapa B2 gagal mengorbit saat peluncuran, Satelit Palapa C1 yang hanya mampu beroperasi selama dua tahun karena masalah pengisian baterai, serta Satelit Telkom-3 yang hilang sebelum sampai pada orbitnya (Galih & Ngazis, 2012). Meskipun persentase jumlah sampah satelit Indonesia di antariksa cenderung sedikit dibandingkan dengan total keseluruhan jumlah sampah satelit Indonesia yang disumbangkan negara lain, namun satelit Indonesia yang saat ini masih berfungsi dan akan diluncurkan berpotensi dalam menambah jumlah sampah antariksa di antariksa. Penelitian ini akan mengkaji kondisi mengenai penanganan sampah antariksa Indonesia dan regulasi yang ada, yang dibatasi pada sampah antariksa yang berasal dari satelit yang sudah habis masa operasinya atau satelit yang sudah tidak berfungsi lagi. Dari kondisi yang ada saat ini, akan disusun suatu strategi dalam penanganan sampah antariksa agar lebih baik ke depannya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Sejenis

1) Penelitian Benda Jatuh dan Sampah Antariksa Indonesia

Penelitian mengenai sampah antariksa Indonesia telah dilakukan oleh Pusat Pemanfaatan Sains dan Antariksa LAPAN (LAPAN, 2011). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi kerusakan yang diakibatkan oleh sampah antariksa terhadap satelit Indonesia dan potensi kerusakan yang diakibatkan oleh benda antariksa yang jatuh di wilayah Indonesia.

Penelitian yang dilakukan terhadap benda jatuh dan sampah antariksa di LAPAN ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL 1. PENELITIAN BENDA JATUH DAN SAMPAH ANTARIKSA LAPAN

| No | Objek Penelitian Waktu | Hasil Penelitian |
|----|---|---|
| 1 | Benda jatuh di Bima, NTB 3 Mei 2010 | Dugaan kuat benda jatuh adalah meteorit dengan komponen utama logam |
| 2 | Benda Jatuh di Duren Sawit, Jakarta Timur 29 April 2010 | Dugaan kuat benda jatuh tersebut adalah meteorit dengan komponen utama batu (struktur rapuh) |
| 3 | Tubrukan satelit Iridium 33 (milik Amerika Serikat dan Cosmos 2251 (milik Federasi Rusia) | serpihan Iridium 33 berpusat di ketinggian sekitar 820 km dengan inklinasi sekitar 86° sedang serpihan Cosmos 2251 berpusat di ketinggian sekitar 780 km dengan inklinasi sekitar 74°. Karena ketinggian LAPAN-TUBSAT sekitar 630 km dengan inklinasi sekitar 97°) maka potensi gangguan serpihan tidak signifikan. |
| 4 | Pengamatan terhadap peluruhan orbit satelit USA 193 yang diperkirakan jatuh pada bulan Maret 2008 dan pecahan-pecahannya ketika akhirnya ditembak oleh militer Amerika Serikat pada tanggal 21 Februari 2008 memakai rudal SM-3 | |
| 5 | Analisis dampak pecahan satelit Fengyun 1C yang ditembak dengan sistem anti satelit (ASAT) oleh militer Cina pada tanggal 11 Januari 2007 pada satelit LAPAN-TUBSAT yang diluncurkan pada tanggal 10 Januari 2007 | Hingga tanggal 26 Januari 2007, semua debris Fengyun 1C (32 keping) berada pada orbit yang berbeda dengan LAPAN TUBSAT sehingga kecil sekali kemungkinan terjadinya tumbukan. |
| 6 | Benda jatuh antariksa di Gianyar Bali tanggal 1 Januari 2008 | Benda jatuh tersebut adalah meteor karena berdasarkan data tidak ada benda buatan terkatalog yang melintasi Gianyar di sekitar waktu kejadian. |
| 7 | Benda jatuh antariksa di Flores tanggal 23 Februari 2007 | Benda jatuh tersebut adalah pecahan satelit Okean 3 (Okean 3 deb) milik Federasi Rusia |

| No | Objek Penelitian Waktu | Hasil Penelitian |
|----|--|--|
| 8 | benda jatuh antariksa di Bengkulu tanggal 13 Oktober 2003 | benda jatuh tersebut adalah pecahan roket CZ-3 (Chang Cheng/Long March 3) milik RRC. |
| 9 | kajian peristiwa jatuhnya satelit BeppoSax milik Italia pada tanggal 29 April 2003 | |
| 10 | Identifikasi benda jatuh antariksa di Lampung tanggal 16 April 1988 | benda jatuh tersebut adalah bagian motor roket Soyuz A-2/Space Launcher 4 (SL-4)/11A511U milik Rusia |
| 11 | benda jatuh antariksa di Gorontalo tanggal 26 Maret 1981 | benda jatuh tersebut adalah bagian motor roket Cosmos-3M/Space Launcher 8 (SL-8)/11K65M milik Rusia |
| 12 | Pembuatan perangkat analisis terpadu | Telah diperoleh perangkat analisis terpadu cuaca antariksa, gangguan orbit, dan operasional satelit (disingkat PAT Orbit) berupa program komputer yang diantaranya memuat modul-modul tentang sampah antariksa dan benda jatuh antariksa |
| 13 | Pembuatan Modul Prediksi Benda Jatuh Antariksa | Telah dibuat modul prediksi benda jatuh antariksa yang direncanakan dapat menangani 5 skenario yaitu: Benda dikabarkan akan jatuh dan informasi prediksi waktu dan lokasi jatuhnya (berikut TLE-nya) tersedia di Space-Track. Benda dikabarkan akan jatuh tapi hanya diperoleh prediksi waktu jatuhnya (berikut TLE-nya) di Space-Track. Benda dikabarkan akan jatuh tapi TLE-nya tidak tersedia di Space-Track melainkan di sumber lain. Pemantauan benda secara rutin yang informasi prediksi waktu dan lokasi jatuhnya (berikut TLE-nya) tersedia di Space-Track. Pemantauan benda secara rutin yang perlu untuk dipantau tapi hanya diperoleh prediksi waktu jatuhnya di Space-Track. |

Sumber: LAPAN, 2011

2) Peran ITU Dalam Penanganan Sampah Antariksa

Penelitian mengenai peran ITU dalam penanganan sampah antariksa dilakukan oleh Philip de Man (2013). ITU merupakan badan khusus PBB yang menangani TIK. Satelit dikendalikan dan dimanuver melalui komunikasi antar stasiun radio sehingga satelit menjadi domain ITU, bukan PBB. Berdasarkan International Telecommunication Convention di Nairobi tahun 1982, peran utama ITU terkait dengan pengelolaan satelit terbagi 3 yaitu:

1. Mengalokasikan frekuensi radio untuk digunakan satelit
2. Menyediakan kerangka kerja peraturan koordinasi teknis untuk mencegah interferensi yang berbahaya antar transmisi satelit
3. Memberikan perlindungan internasional terhadap interferensi radio antar transmisi satelit melalui sistem registrasi.

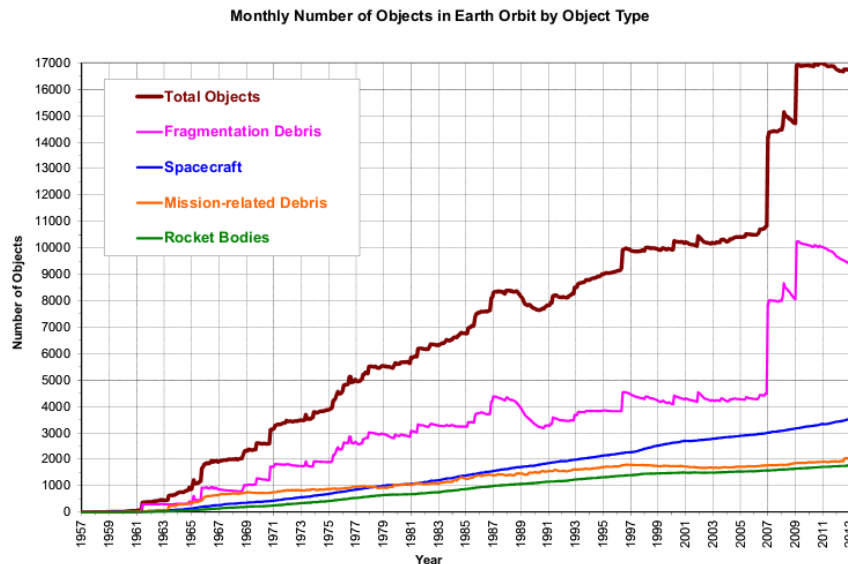
Sesuai dengan prinsip dasarnya, ITU lebih banyak menangani operasional stasiun satelit dan penggunaan efisien frekuensi radio dan posisi orbit satelit dibandingkan dengan menentukan status fungsional objek antariksa.

Pada konferensi WARC ORB pada tahun 1985, Negara Inggris memberikan pendapat yang pada akhirnya menjadi rekomendasi konferensi kepada Komite Konsultasi Radio Internasional ITU (CCIR) yang dimandatkan untuk menilai resiko yang dimiliki oleh populasi sampah antariksa saat ini dengan pandangan untuk memberikan solusi yang mungkin untuk WARC ORB tahun 1988. Akan tetapi, CCIR, dengan mengabaikan mandat yang jelas tersebut, hanya menghasilkan laporan *non committal* "Interferensi Fisik di Orbit Satelit Geostasioner" sehingga pada WARC 1988, isu mengenai sampah antariksa diabaikan dan belum ditindak lanjuti. Akhirnya, beberapa tahun kemudian, sektor radio komunikasi ITU (ITU-R) mengadopsi rekomendasi perlindungan lingkungan pada orbit satelit geostasioner. Rekomendasi ini secara tegas menyatakan bahwa satelit yang melintasi orbit satelit geostasioner (GSO) pada akhir masa hidupnya dapat menghalangi hubungan radio satelit yang aktif" sehingga untuk alasan ini merekomendasikan "sesedikit mungkin sampah yang dilepaskan ke wilayah GSO selama penggantian satelit di orbit" dan bahwa "satelit geostasioner pada akhir masa hidupnya harus dihilangkan dari wilayah GSO".

Final Acts WRC-12 menginstruksikan Biro untuk melanjutkan investigasi intensif berdasarkan penggunaan aktual penempatan yang tercatat dan memberikan mandat untuk menginisiasi penyelidikan kepada administrasi untuk menyediakan informasi pergerakan satelit.

B. Sampah Antariksa

Menurut Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC) di dalam Space Debris Mitigation Guidelines (United Nations: Office for Outer Space Affairs, 2010), sampah antariksa didefinisikan sebagai seluruh objek buatan manusia, termasuk pecahan dan elemen di orbit bumi atau yang memasuki atmosfer lagi yang sudah tidak berfungsi. Sedangkan, menurut *United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space* (UN COPUOS) di dalam *International Interdisciplinary Congress on Space Debris* (IICSD) ke 48 mendefinisikan sampah antariksa sebagai benda yang diciptakan manusia, objek yang tidak berfungsi baik di orbit bumi maupun yang memasuki atmosfer (Man, 2013).



Gambar 1. Jumlah Objek pada Orbit Bumi Berdasarkan Tipe Objek

TABEL 2. JUMLAH OBJEK ANTARIKSA BERDASARKAN NEGARA

| Negara/organisasi | Muatan | Bagian Roket dan Sampah | Total |
|-------------------|--------|-------------------------|-------|
| Cina | 140 | 3612 | 3752 |
| CIS | 1427 | 4830 | 6257 |
| ESA | 42 | 46 | 88 |
| Prancis | 56 | 442 | 498 |
| India | 49 | 125 | 174 |
| Jepang | 125 | 83 | 208 |
| AS | 1134 | 3804 | 4938 |
| Lainnya | 615 | 119 | 734 |
| Total | 3588 | 13061 | 16649 |

Sumber : NASA, *Space Missions and Satellite Box Score, 2013*

Definisi sampah antariksa yang diungkapkan oleh IADC dan UNCOPUOS mencakup benda buatan manusia yang tidak lagi berfungsi. Sayangnya, kriteria mengenai “tidak berfungsi-nya” suatu satelit maupun benda antariksa buatan manusia lainnya belum dideskripsikan baik oleh IADC maupun UNCOPUOS. Selanjutnya terdapat pula pertanyaan apakah istilah “objek antariksa” yang terdapat di dalam pakta antariksa PBB juga mencakup sampah antariksa, dimana satelit yang masih lengkap namun sudah tidak aktif dapat dikategorikan sebagai sampah, dan dalam kondisi apa satelit tersebut digolongkan sebagai sampah antariksa.

Diskusi mengenai kriteria untuk menentukan status objek antariksa sebagai sampah terfokus pada muatan yang tidak lagi beroperasi sejak sampah antariksa mulai terdaftar. Meskipun tidak digolongkan sebagai sampah antariksa, pembuangan kesatuan objek antariksa yang tidak berfungsi merupakan kunci untuk memecahkan masalah krisis sampah antariksa.

Dari tahun ke tahun, jumlah populasi objek yang berada pada orbit bumi semakin meningkat sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Fragmentation debris terdiri dari sampah hasil pecahan satelit dan sampah dari kejadian anomali sedangkan sampah hasil peluncuran terdiri dari seluruh objek yang dilepaskan, dipisahkan atau dibuang sebagai bagian dari misi terencana. Sampah antariksa yang berasal dari peluncuran saat ini berada di atas 2000 buah.

Berdasarkan data dari NASA, Negara yang memiliki jumlah objek buatan (termasuk sampah antariksa) terbanyak di dunia berturut-turut adalah AS, Cina dan CIS seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

C. Mitigasi Sampah Antariksa (*United Nations: Office For Outer Space Affairs, 2010*)

Pada sesi ke-31 yang dilaksanakan pada tahun 1994, Subkomite Teknis dan Ilmiah UNCOPUOS mempertimbangkan sampah antariksa sebagai item baru dalam agendanya. Setelah beberapa penelitian dan diskusi panjang, pada tahun 2004 di dalam sesi ke 41-nya, subkomite membentuk kelompok kerja yang membahas mengenai proposal yang diajukan oleh *Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC)*, forum pemerintahan internasional untuk aktivitas yang berkaitan dengan sampah antariksa alami dan buatan manusia. Kemudian, pada sesi ke 44-nya pada tahun 2007, subkomite mengadopsi panduan mitigasi sampah antariksa IADC. Pada resolusi 62/217 pada tanggal 22 Desember 2007, Majelis Umum mengesahkan panduan mitigasi sampah antariksa Komite Untuk Penggunaan Damai Luar Antariksa (UNCOPUOS) dan menyetujui bahwa panduan sukarela untuk mitigasi sampah antariksa menunjukkan praktek saat ini yang dikembangkan oleh sejumlah organisasi nasional dan internasional dan mengundang Negara anggota untuk mengimplementasikan panduan tersebut melalui mekanisme nasional yang relevan.

Dengan semakin banyaknya populasi sampah antariksa, kemungkinan tumbukan yang dapat menyebabkan kerusakan juga makin besar. Selain itu, juga terdapat resiko kerusakan di permukaan bumi jika sampah yang masuk ke atmosfer bumi tidak habis terbakar. Sumber utama sampah antariksa di orbit bumi adalah a) pecahan yang disengaja dan tidak disengaja yang menghasilkan sampah jangka panjang b) sampah yang dilepaskan secara sengaja dari operasi peluncuran. Di masa mendatang, pecahan yang dihasilkan dari tumbukan merupakan sumber utama sampah antariksa.

Pengukuran mitigasi sampah antariksa bisa dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian yang membatasi sampah antariksa yang berpotensi bahaya pada jangka pendek, meliputi

pembatasan produksi sampah antariksa yang berasal dari misi peluncuran dan pencegahan pecahan dan bagian yang membatasi peningkatan sampah antariksa pada jangka panjang, meliputi prosedur akhir operasi yang meniadakan pesawat antariksa yang sudah tidak aktif dan *stage orbit* kendaraan luncur dari wilayah yang dipenuhi oleh pesawat antariksa yang masih beroperasi.

Panduan mitigasi sampah antariksa UNCOPUOS sebagai berikut:

1) *Panduan 1 : Membatasi Pelepasan Sampah Selama Operasi Normal*

Sistem antariksa harus dirancang untuk tidak melepaskan sampah selama operasi normal. Jika hal ini tidak memungkinkan, dampak pelepasan sampah apapun di lingkungan luar antariksa harus diminimalisasi.

2) *Panduan 2 : Meminimalisasi Potensi Pecahan Selama Fase Operasi*

Pesawat antariksa dan orbital stage kendaraan peluncur harus dirancang untuk menghindari kegagalan yang dapat menyebabkan terjadinya pemecahan yang tidak disengaja. Jika kondisi kegagalan ini terjadi, tindakan pembuangan pasivasi harus direncanakan dan dilaksanakan untuk menghindari pemecahan.

Secara historis, beberapa pecahan disebabkan karena tidak berfungsinya sistem antariksa, seperti kegagalan katastrokif propulsi dan sistem daya. Dengan melibatkan skenario potensi pemecahan dalam analisis mode kegagalan, kemungkinan kejadian katastrokif ini terjadi bisa dikurangi.

3) *Panduan 3 : Membatasi Kemungkinan Tumbukan yang tidak Disengaja di Orbit*

Di dalam mengembangkan profil rancangan dan misi pesawat antariksa serta tingkatan kendaraan peluncur, kemungkinan tumbukan yang disengaja dengan objek yang dikenal saat fase peluncuran sistem dan waktu hidup orbit harus diestimasi dan dibatasi. Jika data orbit yang tersedia mengindikasikan potensi tumbukan, pengaturan waktu peluncuran atau manuver penghindaran di orbit harus dipertimbangkan.

Beberapa tumbukan yang tidak disengaja telah diidentifikasi. Beberapa studi mengindikasikan bahwa ketika jumlah dan massa sampah antariksa naik, sumber utama sampah antariksa baru cenderung berasal dari tumbukan tersebut. Prosedur penghindaran tumbukan telah diadopsi oleh beberapa negara anggota dan organisasi internasional.

4) *Panduan 4: Menghindari Penghancuran Secara Sengaja dan Aktivitas Berbahaya Lainnya*

Menyadari bahwa resiko tinggi dari tumbukan dapat mengancam operasi antariksa, penghancuran dengan sengaja pesawat antariksa dan orbital stages kendaraan peluncur yang sedang berada di orbit atau aktivitas berbahaya lainnya yang menyebabkan sampah jangka panjang harus dihindari. Saat pemecahan yang disengaja diperlukan, pemecahan harus dilakukan pada ketinggian rendah yang cukup baik untuk membatasi waktu hidup orbit dari pecahan yang dihasilkan.

5) *Panduan 5 : Meminimalisasi Potensi Pecahan Pasca Misi dari Energi yang Tersimpan*

Untuk membatasi resiko pesawat antariksa dan orbital stahes kendaraan peluncur lain dari pemecahan yang tidak disengaja, seluruh sumber di pesawat dari energi tersimpan harus dikosongkan atau diamankan saat tidak lagi dibutuhkan untuk operasi misi atau pembuangan setelah misi.

Sejauh ini, persentase terbesar populasi sampah antariksa yang dikatalogkan berasal dari pecahan pesawat antariksa dan orbital stage kendaraan peluncur. Mayoritas pecahan tersebut tidak disengaja, banyak yang dihasilkan dari pesawat angkasa dan orbital stages kendaraan peluncur yang ditinggalkan dengan jumlah energi tersimpan yang signifikan. Tindakan mitigasi yang paling efektif adalah pasivasi pesawat angkasa dan orbital stages kendaraan peluncur pada akhir misi. Pasivasi memerlukan penghapusan semua bentuk energi tersimpan termasuk bahan pembakar sisa dan cairan terkompresi serta pengosongan peralatan penyimpan energi.

6) *Panduan 6 : Membatasi Keberadaan Jangka Panjang Pesawat Antariksa dan Launch Vehicle Orbital Stages di wilayah orbit rendah bumi (LEO) setelah misi terakhir*

Pesawat angkasa dan *orbital stages* kendaraan peluncur yang telah mengakhiri fase operasional di orbit yang melewati wilayah LEO harus dipindahkan dari orbit dengan cara yang terkendali. Jika tidak memungkinkan, Pesawat angkasa dan orbital stages kendaraan peluncur harus dibuang dari orbit untuk menghindari keberadaan jangka panjangnya di wilayah LEO.

Saat membuat penetapan berdasarkan solusi yang potensial dalam memindahkan objek dari LEO, pertimbangan yang tepat harus dibuat untuk memastikan sampah yang bertahan hingga mencapai permukaan bumi tidak memiliki resiko yang tidak seharusnya terhadap orang atau harta benda termasuk polusi lingkungan yang disebabkan bahan-bahan berbahaya.

7) *Panduan 7 : Membatasi Interferensi Jangka Panjang dari Pesawat Antariksa dan launch vehicle orbital stages di wilayah orbit bumi geosinkronus (GEO) setelah misi terakhir.*

Pesawat dan angkasa dan *orbital stages* kendaraan peluncur yang telah mengakhiri fase operasional di orbit yang melewati wilayah GEO harus ditempatkan pada orbit yang dapat menghindari interferensi jangka panjang dengan wilayah GEO.

Untuk objek angkasa yang berada pada atau dekat dengan wilayah GEO, potensi tubrukan pada masa mendatang bisa dikurangi dengan menempatkan objek di akhir misi pada orbit diatas wilayah GEO sehingga tidak akan berinterferensi dengan atau kembali ke wilayah GEO.

D. Peluncuran Satelit

Satelit merupakan suatu benda yang beredar di ruang antariksa dan mengelilingi bumi, berfungsi sebagai stasiun radio yang menerima dan memancarkan atau memancarkan kembali dan atau menerima, memproses dan memancarkan kembali sinyal komunikasi radio (Perdirjen 357/dirjen/2006).

Meskipun proses dalam peluncuran tergantung pada tipe peluncur, posisi geografis tempat peluncuran, rintangan terkait *payload* namun metode peluncuran konvensional yang paling ekonomis adalah menggunakan orbit transfer Hohmann (ITU-R) sebagai berikut:

1. Menempatkan satelit pada orbit parkir lingkaran rendah dengan ketinggian mendekati 200 km

2. Menaikkan ketinggian pada persimpangan ekuatorial untuk merubah orbit parkir menjadi orbit transfer eliptis dengan apogee 36000 km
3. Menghasilkan orbit ekuatorial lingkaran saat satelit melintasi apogee dari orbit transfer dengan cara memicu motor apogee.

Persyaratan dasar dalam pemilihan sistem peluncuran adalah:

1. Kemampuan pengangkatan ke orbit yang dituju
2. Ketersediaan setelah konstruksi satelit dan fase pengujian selesai
3. Biaya peralatan dan jasa

Ada beberapa tipe sistem peluncuran, yaitu :

1. *Orbit Geostationer* (GSO)

Sistem peluncuran utama bagi satelit GSO memiliki pendorong yang dapat dibuang yang memiliki beberapa tahapan untuk menempatkan satelit pada orbit akhirnya. Tahapan pertama biasanya melibatkan beberapa fase penyalan roket yang menempatkan satelit dan motor roket apogee (ARM) pada transfer orbit dengan perigee mendekati ketinggian 200 km dan apogee pada ketinggian GSO. Pada apogee, ARM dinyalakan untuk mengedarkan orbit pada mode geosinkronus. Beberapa sistem peluncuran yang sesuai dengan karakteristik ini adalah ARIANE, ATLAS, DELTA, H-Series, LLV, LONG MARCH, M-Series, PROTON, TITAN, ZENIT, dan lainnya.

2. *Orbit non-geostationer* (Non-GSO).

Sistem peluncuran untuk satelit orbit bumi rendah (LEO) biasanya memerlukan kemampuan pendorong yang lebih rendah dibandingkan untuk sistem GSO dan menunjukkan fleksibilitas lebih baik pada rancangannya. Rancangan dasar kendaraan sistem peluncuran non-GSO serupa dengan yang dimiliki oleh satelit GSO saat banyak satelit dari payload besar harus ditempatkan pada orbit non-GSO. Tahapan roket dapat ditambahkan atau dihilangkan tergantung dari kebutuhan payload dan orbit. Sistem peluncuran GSO telah beroperasi pada periode yang lama sejak peluncuran awal satelit bumi pertama yaitu Sputnik pada tahun 1957. Perkembangan baru untuk meningkatkan reabilitas dan mengurangi biaya sistem telah dilakukan sehingga saat ini terdapat beberapa sistem baru atau yang dimodifikasi bagi industri satelit komunikasi. Beberapa contoh sistem peluncuran tipe LEO adalah Atlas I (AS), Aussroc (Australia), Capricornio (Spain), Delta Lite (AS), ESA/CNES Series (Europe), J-Series (Japan), Kosmos (Russia), Lockheed Astria (AS), Long March CZ-1 (China), PacAstro (AS), Pegasus (AS), Sea Launch (AS/International), Shavit (Israel), SLV Series (India), Soyuz/Vostok (Russia), and VLS Series (Brazil), dan lainnya.

E. *Tipe Orbit Satelit* (Wright, Grego, & Gronlund, 2005)

Pemilihan orbit tertentu untuk satelit tergantung dari misi satelit tersebut, misalnya satelit penginderaan jauh yang mengambil gambar permukaan bumi dengan resolusi tinggi harus diletakkan sedekat mungkin dengan bumi. Satelit semacam itu harus ditempatkan di Low Earth Orbit (LEO). Lain halnya dengan satelit komunikasi atau satelit siaran komersial. Satelit semacam ini harus mampu mengirimkan dan menerima sinyal dari wilayah geografis yang luas. Lokasi

satelit tersebut juga harus tetap agar stasiun bumi tidak lagi membutuhkan peralatan pencari satelit. Oleh karena itu, sebagian besar satelit komunikasi ditempatkan di orbit geostationer ekuatorial.

1) *Low Earth Orbit* (LEO)

Satelit di orbit bumi rendah (LEO) beroperasi pada ketinggian beberapa ratus kilometer hingga mencapai 1000 km. Satelit LEO memiliki periode orbit sekitar 90 menit. Pada ketinggian ini, orbit kebanyakan bebas dari radiasi tinggi dan partikel bermuatan. Karena satelit di LEO tidak dapat melihat wilayah bumi yang luas dan arena pergerakannya relatif terhadap permukaan bumi, LEO tidak cukup berfungsi untuk misi seperti misi komunikasi.

Meskipun begitu, suatu jaringan yang mengandung cukup banyak satelit LEO untuk melihat seluruh wilayah bumi dan yang bisa mengirimkan sinyal antar satelit dapat memberikan cakupan dunia yang berkelanjutan. Jika jaringan semacam itu mencakup orbit kutub dan dekat-kutub, jaringan tersebut juga bisa memberikan cakupan wilayah kutub dan wilayah yang cukup tinggi yang tidak bisa dilakukan oleh satelit geostationer. Karena terletak pada orbit rendah, waktu transmisi perjalanan pulang pergi satelit relatif pendek (0.005 detik dari dan ke permukaan bumi), menghilangkan kebutuhan untuk kendali gaung atau perlakuan lainnya.

LEO juga berguna untuk misi yang tidak memerlukan komunikasi *real-time*. Misi semacam itu hanya membutuhkan satu atau beberapa satelit. Sebagai contoh, data yang tidak perlu secara cepat dikirimkan ke pengguna, tetapi bisa disimpan dan dikirimkan saat satelit melewati stasiun bumi (disebut *store-and-forward*).

2) *Circular Medium Earth Orbits* (MEO)

Satelit pada MEO lingkaran, juga disebut orbit lingkaran menengah (ICO), memiliki ketinggian antara LEO dan orbit geosinkron mulai dari 1500 hingga 36000 km. Orbit yang umum adalah dengan ketinggian sekitar 10000 km dan periode orbit 6 jam. Cakupan real time dunia yang kontinyu dapat didapatkan dengan menggunakan lebih sedikit satelit dibandingkan dengan yang juga dibutuhkan untuk konstelasi satelit di orbit LEO.

Satelit pada orbit bumi medium relatif lebih lambat seperti terlihat dari bumi dan membutuhkan pengaturan yang lebih sedikit dan lebih sederhana dibandingkan dengan sistem LEO. Waktu transmisi perjalanan pulang pergi satelit ini dari bumi lebih lama daripada satelit di orbit rendah yaitu transmisi ICO 0.069 detik sedangkan sistem Iridium 0.0052 detik. Dengan menggunakan satelit dengan ketinggian besar akan mengurangi jumlah satelit dimana sinyal harus dikirimkan antar satelit agar cakupannya luas. Akan tetapi, satelit di orbit MEO harus memiliki komponen penahan radiasi untuk bisa bertahan lama. Jenis khusus dari MEO adalah orbit semisinkronus yang memiliki periode 12 jam dan ketinggian sekitar 20000 km. Satelit GPS AS Navstar dan satelit navigasi Glonass Rusia menggunakan orbit ini. Sistem navigasi membutuhkan minimal empat satelit yang dapat dilihat oleh pengguna sepanjang waktu sedangkan sistem komunikasi satelit yang kontinyu hanya membutuhkan satu satelit. Dengan demikian, pada ketinggian yang sama, sistem navigasi membutuhkan lebih banyak satelit dibandingkan dengan sistem komunikasi.

3) Orbit Molniya

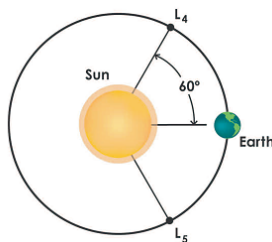
Orbit Molniya berbentuk sangat elips, dengan periode 12 jam dan inklinasi 63.4°. Uni Soviet pertama kali menggunakan orbit ini untuk sistem satelit Molniya. Orbit ini terkadang dinamakan highly elliptical orbits (HEO). Kecepatan satelit tidak konstan pada orbit eliptikal. Satelit memiliki kecepatan tinggi saat melintasi orbit dekat perigee dan bergerak dengan lambat saat dekat apogee lalu menghabiskan waktu di langit di atas hemisfer utara. Satelit Molniya Rusia berada di orbit dengan apogee sekitar 40000 km dan perigee sekitar 1000 km atau eksentrisitas 0.75. Konstelasi dari tiga satelit, dengan orientasi sumbu utama 120° satu sama lain menjamin cakupan wilayah yang kontinyu. Orbit Molniya juga digunakan oleh satelit intelejen AS yang memonitor Rusia dan satelit peringatan awal Rusia yang mengamati peluncuran misil AS.

4) Titik Lagrange

Terdapat lima buah orbit khusus dimana satelit bukan mengorbit bumi tetapi matahari agar satelit mempertahankan posisi tetap relatif terhadap bumi ketika mengorbit matahari. Lokasi tetap ini disebut titik Lagrange. Terdapat lima buah titik dimana satu titik berhubungan dengan salah satu dari lima orbit yang ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Titik Lagrange L1 dan L2 Pada Sistem Matahari-Bumi (Wright, Grego, & Gronlund, 2005)



Gambar 3. Titik Lagrange L4 dan L5 Pada Sistem Matahari-Bumi (Wright, Grego, & Gronlund, 2005)

Satelit mengorbit matahari lebih dekat dibandingkan dengan mengorbit matahari memiliki periode orbit lebih pendek. Meskipun demikian, satelit tersebut ditarik oleh medan gravitasi bumi dan medan gravitasi matahari. Efeknya diabaikan jika satelit jauh dari bumi, tetapi harus dipertimbangkan jika satelit dekat dengan bumi. Satelit yang secara langsung berada diantara bumi dan matahari, arah tarikan bumi tepat berlawanan dengan arah tarikan matahari sehingga dengan efektif menghilangkan tarikan gravitasi matahari.

F. Slot Orbit dan Spektrum Frekuensi Radio

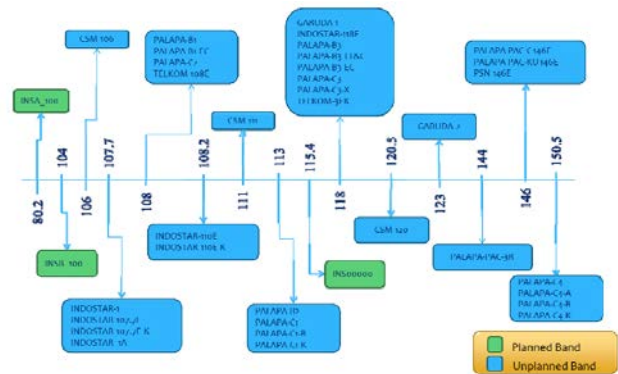
Slot orbit dan spektrum frekuensi radio satelit merupakan sumber daya alam yang terbatas yang tidak dapat dimiliki oleh suatu Negara (Data Statistik Direktorat Jenderal SDPPI Semester 2 Tahun 2012). Setiap satelit ditempatkan di slot orbit dimana pengaturannya berada di bawah International Telecommunication Union (ITU). Setiap penggunaan slot orbit harus didaftarkan (filing) ke ITU. Adapun prosedur

pendaftaran jaringan satelit ke ITU adalah *Advanced Publication* (Publikasi Awal), *Coordination* (Koordinasi), *Administrative Due Diligence* (Pemeriksaan Menyeluruh), dan *Notification* (Notifikasi).

Hingga Desember 2012, filing Indonesia yang telah didaftarkan ke ITU dan dikelola oleh operator satelit Indonesia sebagai berikut:

1. Telkom sebanyak 10 filing satelit
2. Indosat sebanyak 8 filing satelit
3. MCI sebanyak 7 filing satelit
4. PSN sebanyak 5 filing satelit
5. LAPAN sebanyak 2 filing satelit
6. CSM sebanyak 3 filing satelit

Saat ini, terdapat lima filing satelit Indonesia yang belum dikelola oleh operator satelit Indonesia. Pemetaan filing satelit Indonesia di slot orbit Indonesia ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemetaan Filing Satelit Indonesia (Data Statistik Direktorat Jenderal SDPPI Semester 2 Tahun 2012)

Berdasarkan *Radio Regulations* ITU, terdapat dua kelompok pita frekuensi untuk satelit, yaitu: *Unplanned Band* dan *Planned Band*. *Unplanned Band* yaitu pita frekuensi untuk satelit yang tidak dapat diklaim hanya milik salah satu negara dan penggunaannya diatur oleh ITU guna menjamin kesetaraan akses dan penggunaan slot orbit bagi semua negara. *Planned Band* yaitu pita frekuensi untuk satelit yang telah diatur sedemikian rupa oleh ITU agar setiap negara mendapatkan jatah slot orbit, kanal frekuensi transponder satelit dengan cakupan dibatasi pada wilayah territorial Negara tersebut. Terdapat dua macam *Planned Band* yaitu *Broadcasting Satellite Service* dan *Fixed Satellite Service*.

G. Deorbit Satelit

Di dalam *Space Debris Mitigation Guideline* UNCOPUOS, terdapat ketentuan bagi wahana antariksa yang berada di wilayah GEO dan LEO yang telah mengakhiri masa operasionalnya harus dipindahkan dari orbitnya agar tidak mengganggu wahana antariksa yang masih berfungsi di orbit yang bersangkutan. Mekanisme pembuangan satelit di orbit geostasioner (GSO) terdapat di dalam *Recommendation* ITU-R S.1003-2 tentang Perlindungan Lingkungan di Orbit Satelit Geostasioner. Alasan yang melatarbelakangi pentingnya pembuangan satelit dari orbit GSO yaitu:

1. GSO merupakan sumber daya terbatas yang memberikan dampak positif bagi penyelenggara
2. Satelit memiliki ketahanan yang rendah jika terjadi tumbukan di orbit

3. Fungsi telekomunikasi satelit akan hilang atau berkurang karena tumbukan di orbit
4. Hancurnya satelit karena tumbukan atau ledakan akan menimbulkan awan sampah orbit
5. Satelit yang melayang-layang di GSO setelah masa akhir hidupnya akan menghalangi RF *links* dari satelit yang aktif

Berdasarkan latar belakang tersebut, Dewan radiokomunikasi ITU merekomendasikan beberapa langkah, yaitu:

1. Sesedikit mungkin sampah yang dapat dilepaskan di wilayah GSO selama pergantian satelit di orbit
2. Semua solusi yang memungkinkan harus dilakukan untuk memperpendek umur sampah di orbit transfer eliptis dengan apogee berada pada atau dekat dengan ketinggian GSO
3. Sebelum habisnya bahan bakar, satelit geostasioner pada akhir masa hidupnya harus dipindahkan dari wilayah GSO sehingga di bawah pengaruh gaya *perturbing* pada lintasannya, satelit akan tetap berada di orbit dengan perigee minimal 200 km di atas ketinggian geostasioner.
4. Transfer satelit ke orbit *graveyard* harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari interferensi RF dengan satelit yang masih aktif.

Persyaratan dasarnya bahwa pembuangan pesawat antariksa seperti di bawah ini ke orbit dengan ketinggian yang lebih besar akan berada di bawah pengaruh gaya *perturbing* sehingga tidak bermigrasi kembali ke wilayah GSO:

ITU merekomendasikan margin bahan bakar harus ditambahkan ke dalam anggaran untuk memperhitungkan dampak ketidakakuratan penentuan orbit and kemungkinan *error* sewaktu pelaksanaan deorbit. Selain itu, serangkaian strategi maneuver harus dilakukan untuk menaikkan perigee orbit hingga mencapai ketinggian minimum yang diproyeksikan sehingga meminimalkan dampak kegagalan sistem penggerak akibat margin bahan bakar yang tidak berfungsi atau tidak cukup. Setelah ketinggian perigee minimum telah dicapai, serangkaian strategi maneuver harus dilanjutkan dengan menaikkan secara progressif pesawat antariksa ke orbit perigee dengan menggunakan semaksimal mungkin bahan bakar dan, jika memungkinkan, *pressurant* yang tersisa. Jika seluruh sisa bahan bakar dan *pressurant* telah habis, semua sumber energi tersimpan harus dipasivasi untuk menghindari kemungkinan fragmentasi.

H. Regulasi Terkait

Ketentuan mengenai pengelolaan satelit yang telah habis masa operasinya terdapat di dalam Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor: 13/P/M.KOMINFO/8/2005 tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi yang Menggunakan Satelit sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor: 37/P/M.KOMINFO/12/2006.

Di dalam Pasal 21 disebutkan “Dalam hal calon penyelenggara satelit Indonesia tidak menggunakan pendaftaran satelit tersebut akibat suatu satelit habis masa operasinya atau disebabkan tidak dapat berfungsi sesuai dengan rencana penggunaannya, Menteri dapat mengambilalih pengelolaan pendaftaran dan pengkoordinasian satelit yang telah didaftarkan ke ITU oleh Administrasi Telekomunikasi Indonesia.”

Masih terkait dengan pasal 21, di dalam pasal 22 disebutkan “Dalam hal satelit Indonesia telah mencapai akhir masa operasi normalnya atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan rencana penggunaannya (anomali), penyelenggara telekomunikasi yang memiliki dan atau menguasai satelit dimaksud wajib: membuang satelit telekomunikasi dari lokasi orbitnya (deorbit) yang pelaksanaannya dilakukan sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku; atau memindahkan satelit telekomunikasi ke lokasi orbit lain apabila satelit akan dimanfaatkan kembali dengan prinsip tidak mengganggu satelit lain yang beroperasi berdasarkan ketentuan perundang-undangan yang berlaku.”

Konsekuensi dari gagalnya digunakan sistem satelit di dalam periode yang disepakati adalah dihapuskannya entri sementara dari MIFR (*Master International Frequency Register*). Pasal 13.6 *Radio Regulation* menyebutkan bahwa “jika informasi handal yang tersedia menunjukkan bahwa penempatan yang tercatat belum beroperasi secara regular sesuai dengan karakteristik dibutuhkan yang dinotifikasi seperti dijelaskan pada lampiran 4 (*Radio Regulations*), atau tidak digunakan sesuai dengan karakteristik tersebut, Biro harus mengkonsultasikan kepada administrasi terkait dan berdasarkan pada persetujuan tersebut atau ketika terdapat ketidakresponan setelah pengiriman dua peringatan secara berturut-turut, masing-masing dalam periode tiga bulan, Biro harus membatalkan atau mengubah dengan sesuai atau menahan karakteristik dasar dari *entry*” (Man, 2013)

III. METODE PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kualitatif. Data hasil wawancara dan studi pustaka dianalisis dengan menggunakan analisis SWOT kualitatif yang mencakup kekuatan, kelemahan, kesempatan dan tantangan terhadap penanganan sampah satelit Indonesia.

B. Teknik Penelitian

Penelitian dilakukan dengan teknik penelitian wawancara kepada regulator dan penyelenggara satelit Indonesia.

C. Informan

Informan dalam penelitian ini terdiri dari penyelenggara satelit Indonesia dan regulator. Informan dari pihak penyelenggara satelit Indonesia terdiri dari PT.Indosat, PT.Pasifik Satelit Nusantara (PSN), PT. Asia Cellular Satellite (ACeS), dan LAPAN. Sedangkan informan dari pihak regulator terdiri dari Direktorat Penataan Sumber Daya Ditjen SDPPI dan BNPB.

D. Lokasi Penelitian

Lokasi pelaksanaan survey dilakukan di 2 (dua) lokasi yaitu Jakarta dan Jawa Barat. Lokasi Jakarta dipilih karena informan penyelenggara satelit Indonesia dan regulator berlokasi di Jakarta dan Jawa Barat. \

E. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan melalui wawancara kepada penyelenggara satelit Indonesia dan regulator sedangkan data sekunder diperoleh melalui studi perpustakaan, literatur dan peraturan-peraturan terkait sampah antariksa.

Pengumpulan data penelitian terdiri dari pengumpulan data tahap pertama (pra survey) dan pengumpulan data tahap kedua. Kegiatan yang dilakukan pada pengumpulan data tahap pertama antara lain pengurusan ijin penelitian, membuat perjanjian waktu pelaksanaan penelitian dengan calon informan atau narasumber di setiap lokasi penelitian, dan menguji instrumen wawancara.

Pengumpulan data tahap kedua merupakan kegiatan pengumpulan data dengan mempergunakan instrumen yang telah disesuaikan dengan hasil pengumpulan data tahap pertama.

F. Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini digunakan analisis data kualitatif dengan metode SWOT kualitatif. Analisis SWOT adalah suatu instrumen perencanaan strategis yang klasik. Dengan menggunakan kerangka kerja kekuatan dan kelemahan internal dan peluang dan ancaman eksternal, instrumen ini memberikan cara sederhana untuk memperkirakan cara terbaik untuk melaksanakan sebuah strategi (Start dan Hovland, 2004).

Pendekatan kualitatif matriks SWOT yang dikembangkan oleh Kearns (Kearns, 1992) menampilkan delapan kotak (Tabel 3), yaitu dua kotak faktor eksternal (Peluang dan Tantangan), dua kotak faktor internal (Kekuatan dan Kelemahan), sedangkan empat kotak lainnya merupakan identifikasi isu strategis yang timbul.

TABEL 3. MATRIKS SWOT KUALITATIF

| | | |
|------------------|-------------------------|----------------|
| EKSTERNAL | OPPORTUNITY | THREAT |
| | INTERNAL | |
| STRENGTH | Comparative Advantage | Mobilization |
| WEAKNESS | Divestation/Investation | Damage Control |

Sumber : Kearns, 1992

1) Sel A: Keuntungan Komparatif

Sel ini merupakan kondisi dimana organisasi memiliki posisi atau kondisi yang kuat untuk mengambil kesempatan dari peluang yang ada.

2) Sel B : Mobilisasi

Pada sel ini, tantangan eksternal yang dihadapi organisasi dapat diatasi dengan memobilisasi sumber daya organisasi secara efektif.

3) Sel C: Divestasi/Investasi

Pada sel ini, pembuat keputusan mengalami beberapa keadaan yang ambigu dimana terdapat beberapa kesempatan yang berpotensi menjanjikan tetapi saat ini tidak dapat dieksploitasi. Pilihan strategis yang tersedia yaitu: 1) Investasi pada program yang lemah untuk diubah menjadi kekuatan dengan mencari keuntungan komparatif 2) Divestasi kelemahan ini dan melewatkan kesempatan, misalnya ke organisasi lain yang telah menikmati keuntungan komparatif 3) Mempertahankan status quo dengan tidak melakukan investasi maupun divestasi.

4) Sel D: Damage Control

Sel ini menyajikan situasi yang merusak bahkan menjadi bencana bagi organisasi. Dalam hal ini, organisasi melakukan *damage control* untuk meminimalisasi dampak negatif yang ditimbulkan dari kondisi bencana ini.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Wawancara dilakukan kepada informan yang terdiri dari penyelenggara satelit Indonesia dan regulator yang ditunjukkan pada Tabel 4 sebagai berikut:

TABEL 4. INFORMAN PENELITIAN

| No | Jabatan | Instansi |
|----|--|---|
| 1. | Staf | Subdirektorat Pengelolaan Orbit Satelit, Direktorat Penataan Sumber Daya Ditjen SDPPI |
| 2. | Regulatory | PT.Asia Cellular Satellite (ACeS) |
| 3. | Divisi Teknis Satelit dan Regulatory | PT.Indosat, Tbk |
| 4. | Peneliti Bidang Matahari dan Antariksa | Pusat Sains dan Antariksa LAPAN |
| 5. | Regulatory, Direktur Operasi dan Staf | PT.Pasifik Satelit Nusantara (PSN) |

G. Hasil Wawancara

1) Penyelenggara Satelit Indonesia

Informan penyelenggara satelit Indonesia terdiri dari PT.Indosat, PT.PSN, PT.ACeS, dan LAPAN. Jawaban dari pertanyaan wawancara disajikan dalam bentuk matriks (Tabel terlampir).

2) LAPAN

Terdapat tiga sampah antariksa ditemukan jatuh di Indonesia. Bengkulu tanggal 13 Oktober 2003 yakni pecahan roket CZ-3 (Chang Cheng/Long March 3) milik RRC, Lampung tanggal 16 April 1988 yakni bagian motor roket Soyuz A-2/Space Launcher 4 (SL-4)/11A511U milik Rusia, Gorontalo tanggal 26 Maret 1981 yakni bagian motor roket Cosmos-3M/Space Launcher 8 (SL-8)/11K65M milik Rusia.

Dampak yang ditimbulkan dengan adanya sampah antariksa antara lain terjadinya tabrakan, baik tabrakan antar sampah antariksa maupun tabrakan antara sampah antariksa dengan satelit yang masih berfungsi; gangguan pengamatan astronomi, terutama astronomi optik; radiasi nuklir jika sampah antariksa yang jatuh ke permukaan bumi mengandung muatan nuklir.

Definisi umum sampah adalah semua sampah antariksa buatan yang tidak lagi memiliki fungsi. Ada beberapa satelit yang dalam kurun waktu tertentu tidak aktif tapi suatu saat akan diaktifkan. Satelit dengan karakteristik tersebut tidak bisa digolongkan sebagai sampah. Satelit yang difungsikan sebagai plotter tidak bisa dianggap sebagai sampah.

Teknologi penanganan sampah antariksa terdiri dari dua macam, yaitu :

- a. Mitigasi, sifatnya pasif seperti yang tercantum di dalam United Nation Space Debris Guideline. Guideline ini pada awalnya diusulkan oleh NASA kepada negara-negara maju

di dalam *International Debris Coordination (IADC)*. Studi NASA pada tahun 1990-an oleh John Kessler dkk yang juga dilakukan oleh Negara lain mengungkapkan bahwa melakukan mitigasi sampah antariksa tidak akan efektif di masa depan. Diproyeksikan pada 200 tahun-an ke depan, jumlah sampah antariksa akan meningkat secara eksponensial meskipun tidak ada lagi satelit yang diluncurkan sejak tahun 2005, terutama di orbit LEO (< 2000 km).

b. Meminimalisir dampak sampah yang telah ditimbulkan, misalnya dengan teknik ADR (*active debris removal*) dengan menggunakan laser, jaring besar, dan lengan robot. Metode yang paling efektif adalah dengan menggunakan lengan robot. Hal ini sudah dilakukan oleh negara Swiss. Tahun lalu Swiss sudah mempresentasikan rancangan lengan robotnya pada sidang PBB. Akan tetapi dari segi biaya, satelit lengan robot ini cukup mahal. Untuk mengambil satelit yang besar, ukuran lengan dan ukuran satelit pengambil juga harus besar. Satu satelit dirancang untuk mengambil satu sampah antariksa.

LAPAN belum memiliki kebijakan mengenai pengelolaan sampah antariksa. Belum ada forum resmi LAPAN yang membahas tentang sampah antariksa. Terkait dengan penanganan benda jatuh antariksa, sudah ada beberapa diskusi terkait namun SOP penanganan benda jatuh yang melibatkan lembaga lain seperti Bappeten, Kominfo, BNPB belum selesai dilakukan. Indonesia tidak memiliki satelit komunikasi di orbit rendah sehingga ketentuan deorbit di RPM hanya untuk satelit GSO. Jika memang nantinya ada satelit komunikasi di LEO, aturan deorbit juga harus diterapkan untuk yang LEO.

3) Regulator

Selain dengan penyelenggara satelit Indonesia, wawancara juga dilakukan terhadap regulator, dalam hal ini Direktorat Penataan Sumber Daya Ditjen SDPPI Kementerian Komunikasi dan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB).

1. Direktorat Penataan Kementerian Komunikasi dan Informatika

Kementerian Komunikasi dan Informatika tidak memiliki regulasi yang mengatur mengenai sampah satelit (sampah antariksa). Sampah antariksa merupakan domain LAPAN. Sampah satelit merupakan objek luar antariksa.

Saat ini, Direktorat Penataan Sumber Daya sedang menyusun revisi RPM "Penggunaan Orbit Satelit Untuk Penyelenggaraan Telekomunikasi" yang merupakan penyusunan ulang dari RPM tahun 2007. Pada pasal 51 dikatakan "Dalam hal satelit Indonesia telah mencapai akhir masa operasinya, penyelenggara satelit Indonesia wajib membuang satelit dari lokasi orbit (deorbit) yang dilaksanakan sesuai dengan ketentuan internasional". Masa akhir operasi satelit biasanya 15 tahun.

Di dalam Koordinasi Satelit (Korsat) yang pelaksanaannya dikoordinir oleh Kementerian Komunikasi dan Informatika biasanya terdapat *general agreement*, misalnya untuk selisih jarak 8 derajat antar satelit, tidak diperlukan koordinasi. Koordinasi diperlukan jika terdapat *overlapping* terhadap cakupan wilayah, slot orbit berdekatan dan frekuensi satelit sama.

Regulasi satelit masih mengacu pada Peraturan Menteri No. 13 tahun 2005 dan Peraturan Menteri No. 37 tahun 2006.

Kementerian Komunikasi dan Informatika yang memiliki informasi mengenai kondisi satelit yang sudah deorbit akan menyurati operator bersangkutan agar satelit yang sudah deorbit tersebut tidak mengganggu satelit lain yang masih berfungsi.

Teknologi satelit dan reservasi penggunaan frekuensi terus berkembang sesuai dengan kebutuhan masing-masing Negara. Vendor akan mengikuti kesepakatan internasional di dalam WRC (World Radio Conference). WRC akan menghasilkan *Final Act* yang diikuti oleh seluruh Negara. Saat ini Indonesia sedang meratifikasi *Final Act* 2012. WRC diadakan 3-4 tahun sekali.

Kendala dalam pengelolaan sampah antariksa diantaranya :

1. Tidak ada perangkat khusus untuk mengontrol sampah, contoh bila satelit mati tanpa energi maka tidak dapat dikendalikan oleh apapun juga. Satelit semacam ini bisa menabrak satelit aktif atau tertarik gravitasi bumi.
2. Biaya untuk pengelolaan sampah antariksa mahal, lebih efektif jika dibuang ke luar antariksa

2. Badan Nasional Penanggulangan Bencana

Bencana yang ditimbulkan oleh jatuhnya benda antariksa buatan manusia (satelit) digolongkan sebagai bencana yang diakibatkan "kegagalan teknologi". Namun, istilah kegagalan teknologi yang terdapat di dalam UU No.24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana menurut beberapa ahli teknologi tidak tepat. Dalam hal ini, istilah "kecelakaan teknologi" lebih tepat digunakan. Hingga saat ini, belum pernah ada kasus bencana yang diakibatkan oleh satelit jatuh yang ditangani oleh BNPB.

Fungsi BNPB dalam penanganan bencana terdiri dari:

1. Pra bencana. Dalam kondisi pra bencana, fungsi BNPB hanya bersifat koordinatif.
2. Tanggap darurat (bencana). Dalam kondisi tanggap darurat, BNPB memiliki fungsi tambahan (fungsi komando) yaitu menggerakkan sumber daya di Kementerian/Lembaga dengan manajemen penanganan darurat bencana.
3. Pasca bencana. Dalam kondisi pasca bencana, fungsi BNPB bersifat koordinatif, selain itu terdapat pula fungsi sebagai pelaksana (penilai).

Jika kejatuhan satelit telah dinyatakan sebagai bencana nasional, LAPAN akan menjadi koordinator utama (focal point) dalam penanganan bencana. BNPB tidak akan terlibat langsung. Jika memang diperlukan, BNPB hanya bersifat koordinatif lintas Kementerian/Lembaga atau organisasi. Selain itu, BNPB juga akan menyediakan peta kerentanan bencana.

H. Analisis SWOT

Analisis SWOT penelitian ini memetakan kekuatan dan kelemahan serta peluang dan tantangan dari kondisi penanganan sampah antariksa di Indonesia, khususnya yang berasal dari satelit yang tidak berfungsi. Selanjutnya, dari pemetaan tersebut, diidentifikasi strategi-strategi yang dapat dilakukan dari pemetaan tersebut.

Saat ini, penanganan sampah antariksa yang berasal dari satelit yang tidak berfungsi baru yang dilakukan oleh penyelenggara satelit Indonesia baru sebatas menerapkan mekanisme deorbit satelit, sebagaimana tercantum di dalam Recommendation ITU-R S.1003-2 tentang Perlindungan

Lingkungan di Orbit Satelit Geostasioner. Pemerintah Indonesia, dalam hal ini Kementerian Komunikasi dan Informatika telah mengadopsi ketentuan ITU tersebut ke dalam Permenkominfo No.13/P/M.Kominfo/8/2005 Tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi yang Menggunakan Satelit sebagaimana diubah dengan Permenkominfo No.37/P/M.Kominfo/12/2006 dimana di dalam pasal 22 disebutkan “Dalam hal satelit Indonesia telah mencapai akhir masa operasi normalnya atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan rencana penggunaannya (anomali), penyelenggara telekomunikasi yang memiliki dan atau menguasai satelit dimaksud wajib: membuang satelit telekomunikasi dari lokasi orbitnya (deorbit) yang pelaksanaannya dilakukan sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku; atau memindahkan satelit telekomunikasi ke lokasi orbit lain apabila satelit akan dimanfaatkan kembali dengan prinsip tidak mengganggu satelit lain yang beroperasi berdasarkan ketentuan perundang-undangan yang berlaku”.

Berdasarkan wawancara dengan Indosat dan PSN, penyelenggara yang telah menerapkan deorbit satelit adalah Telkom untuk satelit-satelit Telkom yang telah habis masa operasinya. Penyelenggara satelit lainnya seperti Indosat, PSN dan AceS yang mengelola satelit GSO baru akan menerapkan mekanisme deorbit satelit setelah satelit yang dikelola habis masa operasinya. Sedangkan untuk penyelenggara satelit non-GSO seperti LAPAN, satelit mikro yang dikelola akan dibiarkan hingga memasuki atmosfer bumi dan terbakar habis.

Undang-Undang Keantariksaan dari LAPAN telah memuat ketentuan mengenai peluncuran wahana antariksa dan benda jatuh antariksa namun sayangnya belum memuat ketentuan mengenai sampah antariksa, khususnya yang berasal dari satelit yang tidak berfungsi. Sebenarnya, panduan bagi suatu negara dalam hal mitigasi sampah antariksa terdapat di dalam *Space Debris Mitigation Guidelines* dari UNCOPUOS, namun panduan ini belum diratifikasi oleh pemerintah Indonesia. Dengan demikian, regulasi mengenai penanganan sampah antariksa di Indonesia dapat dikatakan belum memadai. Lebih jauh, meskipun ketentuan deorbit satelit telah diadopsi di dalam Permenkominfo No.13/P/M.Kominfo/8/2005 sebagaimana diubah dengan Permenkominfo No.37/P/M.Kominfo/12/2006 namun ketentuan ini belum memuat secara detail mengenai kriteria satelit yang harus dideorbit. Man (2013) mengungkapkan bahwa kriteria mengenai “tidak berfungsi-nya” satelit maupun benda antariksa buatan lainnya belum dideskripsikan secara jelas, baik oleh IADC maupun UNCOPUOS. Penggolongan objek antariksa sebagai sampah antariksa masih bersifat bias.

Selanjutnya, meskipun ketentuan deorbit bersifat wajib, berdasarkan wawancara dengan Direktorat Penataan Ditjen

SDPPI Kementerian Komunikasi dan Informatika, pemerintah tidak dapat memberikan sanksi terhadap pelanggaran ketentuan ini dan tidak memiliki instrumen untuk mengawasi mekanisme deorbit apakah sudah sesuai dengan ketentuan atau belum.

Berkembangnya teknologi dan meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap komunikasi dan informasi merupakan salah satu pendorong dalam hal peluncuran satelit ke angkasa. Dengan demikian, semakin lama jumlah sampah antariksa yang berasal dari satelit yang tidak berfungsi semakin bertambah. Berbagai dampak negatif yang ditimbulkan oleh sampah antariksa, diantaranya benturan dengan benda antariksa lainnya (Liou dan Johnson, 2008 di dalam Bradley dan Wein, 2009) dan komitmen penerapan *Green ICT* telah mendorong para ilmuwan untuk mengembangkan teknologi penanganan sampah antariksa, misalnya penggunaan laser untuk pengukuran sampah antariksa (Zhang, dkk, 2012) dan teknologi lengan robot untuk mengambil sampah antariksa. Faktor alam, seperti radiasi matahari juga dapat membantu penghancuran sampah antariksa.

Dalam hal kelembagaan, di Indonesia, lembaga yang menangani keantariksaan secara umum adalah LAPAN sedangkan hal-hal terkait dengan penggunaan spektrum frekuensi dan orbit satelit berada di bawah Kementerian Komunikasi dan Informatika. Secara internasional, ITU memiliki peran dalam mengawasi dan memastikan optimalisasi penggunaan satelit serta meminimalisir dampak penggunaan satelit dari Negara-negara pengelola satelit.

Berdasarkan pemetaan terhadap kekuatan dan kelemahan (faktor internal) serta tantangan dan peluang (faktor eksternal) kondisi penanganan sampah antariksa di Indonesia, solusi yang dapat diterapkan oleh pemerintah terkait dengan penanganan sampah antariksa, khususnya sampah antariksa yang berasal dari satelit yang tidak berfungsi, yaitu dengan merevisi UU keantariksaan dan Permenkominfo No.13/P/M.Kominfo/8/2005 sebagaimana diubah dengan Permenkominfo No.37/P/M.Kominfo/12/2006. Selain itu, pemerintah perlu meratifikasi *Space Debris Mitigation Guideline* dari UNCOPUOS. Beberapa implementasi dari *Guideline* ini antara lain ditunjukkan oleh Perancis (CNES) dimana dari tahun 2003-2005 sebanyak tiga satelit telah dideorbit sesuai ketentuan. Jerman, melalui DLR telah melakukan proyek terkait guideline ini diantaranya TerraSAR X, Tandem-X, TET, enMap dan MetImage. Selain itu, Jerman telah memiliki *Quality Management System's Product Assurance* sebagai implementasi space debris mitigation guideline UNCOPUOS (Portelli, dkk, 2010). Matriks analisis SWOT selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 5.

TABEL 5. MATRIK ANALISIS SWOT SAMPAH ANTARIKSA INDONESIA

| <p style="text-align: center;">Eksternal</p> <p style="text-align: center;">Internal</p> | Opportunities (Peluang) | Threats (Ancaman) |
|--|--|--|
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Komitmen dari Negara-negara di dunia untuk menerapkan teknologi ramah lingkungan (green ICT) 2. Teknologi satelit semakin berkembang 3. Terdapat organisasi (ITU) yang secara kelembagaan dapat mengawasi dan memastikan optimalisasi penggunaan satelit agar meminimalisir dampak yang ditimbulkan dari satelit yang tidak aktif atau tidak berfungsi seperti yang direncanakan sebelumnya 4. Radiasi matahari yang semakin meningkat bisa membantu penghancuran sampah angkasa | <ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah sampah satelit semakin lama semakin bertambah karena semakin banyak satelit yang diluncurkan (termasuk pendukungnya seperti roket) 2. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh sampah antariksa dan benda jatuh antariksa (tabrakan dengan satelit aktif, radiasi, kerusakan di bumi) |
| Strength (kekuatan) | <p style="text-align: center;">Strategi SO/Comparative Advantage <i>Optimalisasi kekuatan untuk meraih peluang dengan strategi</i></p> | <p style="text-align: center;">Strategi ST/Mobilization <i>Menggunakan kekuatan yang dimiliki dengan cara menghindari ancaman</i></p> |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Pemerintah sudah mengadopsi ketentuan internasional (ITU) mengenai deorbit satelit ke dalam Permenkominfo No.13/P/M.Kominfo/8/2005 Tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi yang Menggunakan Satelit sebagaimana diubah dengan Permenkominfo No.37/P/M.Kominfo/12/2006. 2. Indonesia telah memiliki UU Keantariksaan yang sudah disahkan oleh DPR yang memuat ketentuan mengenai peluncuran wahana antariksa dan penanggulangan benda jatuh antariksa 3. Terdapat kelembagaan yang menangani keantariksaan (termasuk sampah antariksa buatan dan benda jatuh yang berasal dari sampah antariksa buatan) yaitu LAPAN sedangkan penggunaan spektrum frekuensi dan orbit satelit berada di bawah Kementerian Komunikasi dan Informatika. 4. Tersedia teknologi (sistem inklinasi) untuk menghemat bahan bakar satelit | <ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan insentif kepada perusahaan/lembaga dalam pengembangan teknologi yang dapat mengoptimalkan operasional satelit (S3,O2) 2. Mengoptimalkan koordinasi antara pemerintah dan ITU dalam mengawasi mekanisme deorbit satelit penyelenggara telekomunikasi Indonesia (S1, O3) 3. Meningkatkan penelitian yang dapat mendorong penanganan sampah antariksa ke arah yang lebih baik (S2,S3, S4;O4) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengoptimalkan implementasi mekanisme deorbit (termasuk ketinggian deorbit) untuk meminimalisir tabrakan sampah antariksa di orbit dengan satelit aktif (S1,T2) 2. Mengoptimalkan penggunaan teknologi untuk menghemat bahan bakar satelit sehingga dapat memperpanjang umur operasi satelit dan menunda waktu peluncuran satelit berikutnya (S4,T1) 3. Meningkatkan penelitian dan teknologi yang dapat meminimalisir jumlah sampah antariksa yang ada saat ini dan pada masa depan (S3,S4,T1) |
| Weakness (Kelemahan) | <p style="text-align: center;">Strategi WO/ Divestment/ Investment <i>Pemanfaatan peluang dengan cara mengatasi kelemahan yang ada.</i></p> | <p style="text-align: center;">Strategi WT/ Damage Control <i>Meminimalkan kelemahan serta menghindari ancaman.</i></p> |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Ketentuan deorbit yang terdapat di dalam Permenkominfo No.13/P/M.Kominfo/8/2005 Tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi yang Menggunakan Satelit sebagaimana diubah dengan Permenkominfo No.37/P/M.Kominfo/12/2006 belum memuat secara detail bagaimana kriteria satelit yang wajib deorbit. Istilah “akhir masa operasi” masih belum cukup digunakan sebagai kriteria satelit yang wajib deorbit karena masih bias. 2. Meskipun ketentuan deorbit bersifat wajib, namun pada pelaksanaannya pemerintah (Kemkominfo) tidak bisa memberikan sanksi terhadap pelanggaran ketentuan ini dan tidak memiliki instrumen untuk mengawasi mekanisme deorbit apakah sudah sesuai dengan ketentuan atau belum. 3. UU keantariksaan belum memuat ketentuan | <ol style="list-style-type: none"> 1. Regulator menambahkan kriteria satelit yang deorbit pada regulasi terkait, misalnya persentase elemen utama yang berfungsi (W1,O3) 2. Regulator merumuskan mekanisme deorbit dan sanksi yang tegas jika penyelenggara satelit melanggar ketentuan deorbit dan (dapat diturunkan dari regulasi ITU) di dalam bentuk regulasi (Permen) (W2,O1,O3) 3. Menyempurnakan UU Keantariksaan dengan menambahkan pasal mengenai sampah antariksa (W3,O1,O2,O3) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengembangkan dan menerapkan solusi jangka panjang dalam menangani sampah antariksa, misal Swiss sudah mengembangkan teknologi yang dapat mengambil sampah antariksa dengan menggunakan lengan robot (W4, T1) |

| | | |
|--|--|--|
| <p>mengenai pengelolaan sampah antariksa</p> <p>4. Deorbit hanya solusi dalam jangka pendek. Untuk jangka panjang, deorbit akan menambah populasi sampah antariksa di luar angkasa</p> <p>5. Indonesia belum meratifikasi space debris mitigation guideline UNCOPUOS</p> | <p>4. Mendorong ratifikasi atas space debris mitigation guideline UNCOPUOS, minimal untuk satelit komersil di GSO (W5,O1,O3)</p> | |
|--|--|--|

V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari pemetaan analisis SWOT untuk faktor internal, saat ini penanganan sampah antariksa, khususnya sampah antariksa yang berasal dari satelit yang tidak berfungsi, baru sebatas deorbit satelit. Regulasi mengenai deorbit satelit dan keantariksaan telah dimiliki oleh pemerintah dalam bentuk UU Keantariksaan dan Peraturan Menteri terkait. Namun, regulasi tersebut memiliki beberapa kelemahan. Pemetaan analisis SWOT untuk faktor eksternal menunjukkan bahwa jumlah sampah antariksa yang semakin bertambah dan dampak negatif yang ditimbulkan dari sampah antariksa mendorong berkembangnya teknologi untuk mitigasi sampah antariksa. Selain itu, peran lembaga internasional (ITU) diperlukan untuk meminimalisasi dampak negatif sampah antariksa dari negara-negara pengelola satelit. Strategi SWOT yang dapat dilakukan secara umum yaitu dengan merevisi regulasi terkait keantariksaan dan mengembangkan teknologi untuk mitigasi sampah antariksa.

B. Saran / Rekomendasi

- 1) Peran ITU secara umum dan Kementerian Komunikasi dan Informatika diperlukan dalam penanganan sampah antariksa, terutama di sektor hulu yaitu dalam prosedur pembuangan sampah antariksa yang berasal dari misi peluncuran satelit dan satelit itu sendiri. Saat ini, deorbit dianggap sebagai solusi yang layak secara teknis dan ekonomis dalam menangani satelit yang dianggap sudah habis masa operasinya. ITU sendiri sudah memiliki regulasi mengenai ketentuan deorbit yang sudah diadopsi oleh Indonesia dalam bentuk Peraturan Menteri. Namun di Indonesia sendiri, implementasi deorbit masih bersifat sukarela. Pemerintah belum menetapkan sanksi yang tegas kepada penyelenggara satelit yang melanggar ketentuan mengenai mekanisme deorbit. Oleh karena itu, diperlukan ketegasan dari pemerintah untuk mendorong penyelenggara melaksanakan mekanisme deorbit sesuai dengan ketentuan ITU misalnya dengan menambahkan sanksi pada Peraturan Menteri terkait.
- 2) Penanganan permasalahan pengelolaan sampah antariksa tidak bisa dilakukan hanya dengan menggunakan pendekatan berbasis teknis/teknologi saja. Diperlukan penanganan yang bersifat berkelanjutan dan terintegrasi dengan aspek lainnya seperti aspek lingkungan, aspek keuangan/ekonomi, aspek sosio-kultural, aspek institusional dan aspek peraturan. Analisis data bisa dikembangkan dengan mengadopsi konsep Integrated Sustainable Waste Management.

DAFTAR PUSTAKA

Bradley, A., & Wein, L. 2009. Space Debris: Assesing Risk and Responsibility. *Advances in Space Research (a COSPAR publication)* 43, 1372-1390.

Data Statistik Direktorat Jenderal SDPPI Semester 2 Tahun 2012. Ditjen SDPPI.

Galih, B., & Ngazis, A. N. (2012, Agustus 10). Mengenal Tonggak Sejarah Satelit Indonesia. Retrieved December 4, 2012, from [vivanews.com: http://teknologi.news.viva.co.id/news/read/343206-mengenal-tonggak-sejarah-satelit-indonesia](http://teknologi.news.viva.co.id/news/read/343206-mengenal-tonggak-sejarah-satelit-indonesia)

Hardi, S. (2011, September 6). Satelit Tabrakan, Sampah Angkasa Membahayakan! . Retrieved December 4, 2012, from [tnol.co.id: http://www.tnol.co.id/liputan/10815-satelit-tabrakan-sampah-angkasa-membahayakan-.html](http://www.tnol.co.id/liputan/10815-satelit-tabrakan-sampah-angkasa-membahayakan-.html)

ITU. Handbook on Satellite Communication: Third Edition. ITU.

Kearns, Kevin P. 1992. From Comparative Advantage to Damage Control. Clarifying Strategic Issues Using SWOT Analysis. Jossey Bass: Non Profit Management and Leadership, Vol 3, No.1, Fall 1992.

Kurniawan, G. (2012, Juli 2012). Pembersihan Sampah Angkasa: 1 Sekrup Bisa Memicu Bencana. Retrieved December 5, 2012, from [harianjogja.com: http://www.harianjogja.com/baca/2012/07/16/pembersihan-sampah-angkasa-1-sekrup-bisa-memicu-bencana-201726](http://www.harianjogja.com/baca/2012/07/16/pembersihan-sampah-angkasa-1-sekrup-bisa-memicu-bencana-201726)

LAPAN. (2011). Penelitian Sampah Antariksa di LAPAN: Bidang Matahari dan Antariksa. LAPAN.

Man, P. d. (2013). The Removal of Inactive Satellites and the Role of the International Telecommunication Union in Space Debris Remediation. Working Paper No.104. Leuven: Leuven Centre for Global Governance Studies

Neflia, e. (2010). Upgrading Sistem Diseminasi Informasi Benda Jatuh Antariksa Dari Temporer Menjadi Mingguan. JAKARTA: LAPAN.

P.Gero, P. (2012, Februari 15). Swiss Buat Satelit Pembersih Sampah Angkasa Luar. Retrieved December 7, 2012, from [internasional.kompas.com: http://internasional.kompas.com/read/2012/02/15/21581292/Swiss.Buat.Satelit.Pembersih.Sampah.Angkasa.Luar](http://internasional.kompas.com/read/2012/02/15/21581292/Swiss.Buat.Satelit.Pembersih.Sampah.Angkasa.Luar)

Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor: 13/P/M.KOMINFO/8/2005 tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi yang Menggunakan Satelit.

Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor: 37/P/M.KOMINFO/12/2006.

Perdirjen 357/dirjen/2006.

Portelli, C., dkk. 2010. Space Debris Mitigation in France, Germany, Italy and United kingdom. *Advances in Space Research (a COSPAR publication)* 45, 1035-1041.

Start, D., & Hovland, I. 2004. Tools for Policy Impact: A Handbook for Researchers. London: Research and Policy in Development Programme.

United Nations: office for outer space affairs. (2010). Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. Vienna.

Wright, D., Grego, L., & Gronlund, L. (2005). The Physics of Space Security: A Reference Manual. Cambridge: American Academy of Arts and Sciences.

Zhang, Z., dkk. 2012. The Use of Laser Ranging to Measure Space Debris. *Research in Astronomy and Astrophysics, Vol. 12, No.2,* 212-218.

LAMPIRAN

TABEL MATRIKS HASIL WAWANCARA PENYELENGGARA SATELIT INDONESIA

| No. | Item Pertanyaan | Indosat | PSN | ACeS | LAPAN |
|-----|---|---|---|---|---|
| 1. | Kebijakan dalam mengelola satelit (aktif dan tidak aktif) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Palapa C-2 dikendalikan dari stasiun bumi Daan Mogot. Palapa D dikendalikan dari stasiun bumi Jatiluhur. 2. Efisiensi penggunaan bahan bakar untuk operasional satelit dapat memperpanjang umur satelit 3. Deorbit merupakan solusi yang paling layak, secara teknis dan ekonomis untuk operator satelit saat ini. 4. Bahan bakar yang diperlukan untuk membawa satelit tidak aktif kembali ke bumi lumayan banyak sehingga biayanya mahal 5. Untuk satelit komunikasi, ketika ada peralatan komunikasi yang rusak, tidak perlu dikembalikan lagi ke bumi, tidak seperti pesawat ISS. 6. Solusi untuk penanganan satelit yang tidak aktif, apakah deorbit maupun dikembalikan lagi ke bumi tergantung teknologi yang ada dan biaya yang ditimbulkan. 7. Satelit yang sudah berakhir masa operasinya akan di-deorbit. Satelit GSO dipindahkan dari GEO (geostationer orbit), satelit NGSO dipindahkan dari wilayah LEO dan MEO untuk mencegah terganggunya satelit aktif. 8. Proses deorbit (satelit dibuang sejauh 300 km dari posisi semula) merupakan tanggung jawab operator . 9. Satelit yang sudah berada di luar GEO tidak dikelola oleh siapapun. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Untuk memperpanjang umur satelit dapat dilakukan dengan sistem incline (bergerak tidak pada orbit, yaitu untuk utara-selatan dilepas 3-4 derajat sehingga bergerak lebih jauh) untuk menghemat bahan bakar. 2. Palapa C2 saat ini dioperasikan incline. Pengoperasian dilakukan bersama dengan Indosat di Stasiun Daan Mogot 3. Stasiun bumi PSN ada di Cikarang sedangkan Stasiun bumi Garuda I terletak di Batam | <ol style="list-style-type: none"> 1. Lokasi stasiun bumi di Batam. 2. Penonaktifan satelit dilakukan setelah dilakukan perhitungan bahan bakar yang disepakati sebagai titik terakhir operasi. 3. Mekanisme deorbit sudah tertuang di SOP yang diberikan oleh Lockheed Martin. 4. Ada pemantauan deorbit yang telah dilakukan operator oleh Pabrik hingga setahun sesudahnya. Saat operator melakukan pembakaran terakhir, operator akan melaporkan orbital element kepada pabrikan. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Pusat kendali satelit berada di Rancabungur, Bogor dengan cakupan ASEAN. Sebelumnya, pusat kendali berada di Stasiun Biak dengan cakupan bagian Timur Indonesia dan Australia bagian Timur) dan Stasiun Rumpin dengan cakupan ASEAN, Indonesia bagian barat dan Bali bagian Barat. 2. Jika LAPAN Tubsat sudah habis masa operasinya, satelit akan dibiarkan hancur setelah durasi waktu tertentu. |

| No. | Item Pertanyaan | Indosat | PSN | ACeS | LAPAN |
|-----|---|--|---|---|--|
| | | 10.Palapa C-1 sudah deorbit oleh Pakistan | | | |
| 2. | Koordinasi operator dengan Pabrikan dan Peluncur Satelit | Pembuat satelit masih memberikan dukungan teknis karena masih merupakan bagian dari kontrak | Koordinasi dengan peluncur hanya sampai satelit diluncurkan sedangkan dengan pabrikan satelit, koordinasi masih dilakukan hingga umur satelit habis. | Lockeed Martin setiap tahun mengadakan konferensi untuk semua pengguna satelitnya mengenai permasalahan yang dihadapi dan solusi yang dilakukan | Tanggung jawab peluncur hanya sebatas jika satelit sudah tiba di orbit yang dialokasikan Untuk LEOP, koordinasi dilakukan di Jerman, karena satelit polar ini paling sering melewati Jerman |
| 3. | Koordinasi operator dengan operator lain dan operator dengan Pemerintah | <ol style="list-style-type: none"> 1. Tiap tahun ada pelaporan mengenai penggunaan satelit kepada pemerintah 2. Antar pemilik satelit harus berkoordinasi untuk menghindari interferensi antar satelit 3. Mekanisme koordinasi bisa lewat pemerintah atau O to O dengan operator bersangkutan 4. Tiap tahun ada koordinasi satelit antar Negara, untuk memetakan dengan Negara mana saja koordinasi satelit harus dilakukan 5. Ada filling yang bertujuan mengatur batasan coverage dan daya, didaftarkan ITU 6. Untuk benda asing belum pernah ada kejadian yang sampai mendekat. 7. Untuk koordinasi satelit antar Negara, pemerintah hanya berfungsi sebagai koordinator | Walaupun slot orbit sudah ada notifikasi, jika ada permintaan dari Negara atau operator lain untuk koordinasi harus dilayani. Pemerintah pun akan intens meminta koordinasi karena ada permintaan dari Negara lain. | Aces cukup aktif berinteraksi dengan Ditjen SDPPI melalui Koordinasi Satelit (Korsat). | Koordinasi dilakukan melalui Korsat (Koordinasi Satelit) yang dikoordinasikan oleh Kemkominfo. |
| 4. | Kegiatan Litbang satelit yang dilakukan | Tidak ada | Belum ada riset yang sifatnya penelitian, hanya dilakukan pengembangan untuk kebutuhan sendiri, belum sampai menemukan hal yang baru, misal membuat antena yang bisa tracking sendiri, pembuatan mobile antenna. Rencananya, untuk keperluan studi akan dilakukan pembangunan satelit kecil | Kegiatan riset dilakukan lebih diarahkan untuk aplikasi telepon yang dikembangkan sendiri. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Kegiatan riset dimulai dari transfer of technology. Setelah itu, dilakukan pengembangan level komponen hingga sub sistem satelit secara bertahap. 2. LAPAN memiliki perangkat lunak yang bisa memantau benda jatuh dan sampah antariksa 3. Sudah ada dua riset yang dilakukan di Pusat Sains dan Antariksa yaitu analisis sampah antariksa di LEO dan GEO serta analisis populasi |

| No. | Item Pertanyaan | Indosat | PSN | ACeS | LAPAN |
|-----|--|---|---|--|--|
| | | | | | sampah antariksa terhadap aktivitas matahari |
| 5. | Pendapat mengenai Pasal 26 RPM Tahun 2007 | Untuk RPM saat ini lebih berpihak kepada perusahaan lokal dibandingkan perusahaan asing | Untuk satelit deorbit, kondisi satelit secara total tidak dapat digunakan, baik pilot, motor penggerak, dan solar panel. Draft yang diusulkan PSN masih belum final, , masih didiskusikan secara internal | | Perlu dikaji lebih jauh apakah ketentuan deorbit pada pasal 26 RPM Koinfo juga berlaku untuk satelit NGSO |
| 6. | Kendala dalam pengelolaan satelit (aktif maupun tidak aktif) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Beberapa operator satelit merger, melakukan kondosat karena bisnis satelit adalah bisnis long term 2. Di Indonesia belum ada regulasi yang mengatur mengenai merger | <ol style="list-style-type: none"> 1. Operator tidak dapat memantau kondisi di sekitar satelit. Gangguan baru diketahui setelah ada kerusakan di satelit. 2. Kendala pengoperasian satelit adalah interferensi frekuensi. Frekuensi yang seharusnya digunakan untuk satelit, digunakan untuk layanan terrestrial. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Kendala dalam proses deorbit misalnya dari segi truster dan elektronik (TTC) yang tidak berfungsi dengan semestinya 2. Kendala teknis selalu dapat diatasi jika satelit masih dapat dikendalikan 3. Jika satelit tidak dapat mentransmit sinyal dengan daya yang mencukupi, ada modifikasi yang dilakukan, misal ukuran antena diperbesar. 4. Kendala non teknis lebih sulit diatasi dibandingkan dengan kendala teknis karena berhubungan dengan pemerintahan. 5. Untuk satelit MSS, belum ada regulasi yang memadai | <ol style="list-style-type: none"> 1. Hingga saat ini belum ada yang bisa memperkirakan dimana lokasi benda jatuh (termasuk satelit buatan), hanya perkiraan lintasannya saja dalam periode tertentu. 2. LAPAN pernah diinformasikan akan dikenai roket Rusia atau Cina. Ketika itu, LAPAN hanya bisa memonitor dan menghitung waktu sampai serpihan tersebut menjauh dari LAPAN Tubsat, tidak bisa menghindari serpihan tersebut. |
| 7. | Penggangan untuk pengelolaan satelit yang tidak aktif/tidak lagi digunakan | Tidak terdapat pengangan secara khusus untuk deorbit. Kalkulasi biaya untuk deorbit sudah dilakukan di awal perencanaan peluncuran satelit. | Penggangan dana untuk deorbit sudah dilakukan sejak awal. Jika ada biaya konsultasi deorbit, hal menjadi bagian dari biaya operasional. | Penggangan dana deorbit sudah dari awal dikalkulasi. | Tidak terdapat pengangan dana untuk deorbit. |