

**ANALISIS DAMPAK KEGIATAN PELUNCURAN
SERTA KEMUNGKINAN MITIGASINYA**

Sri Rubiyanti

*Peneliti Muda Bidang Kebijakan Kedirgantaraan
Pusat Analisis dan Informasi Kedirgantaraan, LAPAN*

ABSTRACT

Each spacecraft launch both successful and which failed to increase the amount of space junk. Sources that contributed to the waste of space among other things due to the broken segment of the rocket and spacecraft (satellite) itself, but most of all because of the explosion.

Density of this waste is generally located in three locations, namely at Geostationary orbit (GSO =), medium orbits (MEO) and in low orbit (LEO), but the majority in low orbit (LEO = Low Earth Orbit). This space garbage cause problems because of the possibility of collisions would lead to the satellites which are still active, and potentially will destroy the satellite, which would endanger life on earth when dropped, especially if that falls it contains the active radio. Within this article will analyze the impact of launch activities and the possibility mitigations

ABSTRAK

Setiap peluncuran wahana antariksa baik yang sukses maupun yang gagal akan menambah jumlah sampah antariksa. Sumber yang menyebabkan timbulnya sampah antariksa tersebut antara lain dikarenakan terjadinya pecahan ruas atas roket dan wahana antariksa (satelit) itu sendiri, tetapi yang paling utama karena terjadinya ledakan.

Kepadatan sampah ini umumnya berada di tiga lokasi, yaitu di orbit Geostasioner (GSO =), orbit menengah (MEO) dan di orbit rendah (LEO), tetapi yang terbanyak di orbit rendah (LEO = Low Earth Orbit). Sampah antariksa ini menimbulkan permasalahan karena kemungkinan akan menimbulkan terjadinya tabrakan dengan satelit yang masih aktif, dan berpotensi akan merusak satelit tersebut, yang akan membahayakan kehidupan di bumi apabila jatuh, terutama apabila yang jatuh tersebut mengandung radio aktif. Di dalam tulisan ini akan dianalisis dampak kegiatan peluncuran serta kemungkinan mitigasinya

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kegiatan keantariksaan yang paling menonjol adalah peluncuran wahana antariksa menuju orbitnya. Saat ini kegiatan peluncuran semakin meningkat, namun demikian, kegiatan tersebut dapat menimbulkan dampak, misalnya antara lain dampak pada saat pra peluncuran yaitu pada saat pengintegrasian kendaraan peluncuran, pada saat peluncuran apabila terjadi ledakan, dan pada saat pengoperasiannya. Terjadi kesalahan sedikit di dalam perhitungan maupun lainnya akan menimbulkan resiko yang besar. Salah satu contoh yang sangat rawan adalah pada saat dilakukan peluncuran, kecelakaan dapat saja terjadi kalau tidak dipersiapkan secara sangat prima sekali. Akibat dari kecelakaan ini tentunya akan menimbulkan dampak.

Setiap peluncuran wahana antariksa baik yang sukses maupun yang gagal, pasti semakin menambah jumlah barang sisa, puing, dan rongsokan wahana antariksa, termasuk wahana peluncurnya yang membawa menuju orbit. Barang sisa atau

rongsokan ini dikenal dengan nama sampah antariksa (*space debris*). Beberapa dari debris tersebut akan melayang-layang mengitari bumi, bukan hanya satelit yang sudah tua, tetapi juga bagian-bagian yang merupakan pecahan dari wahana antariksa, pengelupasan cat, sarung tangan yang dibuang oleh astronot dan banyak obyek-obyek lainnya.

Sampah antariksa mempunyai ukuran yang bervariasi mulai dari yang halus hingga beberapa meter diameternya. Semuanya melayang-layang tidak dapat dikendalikan, bergerak dengan kecepatan yang relative lebih tinggi dari pada satelit yang operasional. Sebagai contoh pada orbit LEO kecepatan rata-rata pada saat menabrak adalah 10 km per detik sama dengan 36.000 km per jam, sehingga kemungkinan terjadinya suatu tabrakan diantara obyek-obyek tersebut akan lebih besar dari pada dengan obyek-obyek lainnya yang ukurannya lebih kecil.

Meningkatnya jumlah sampah antariksa, menimbulkan permasalahan yaitu kemungkinan terjadinya tabrakan antara satelit dengan sampah antariksa buatan manusia dan bahaya tabrakan dengan meteoroid dan jenis benda alam lainnya. Juga dapat membahayakan kehidupan di bumi, jika sampah antariksa tersebut jatuh ke bumi, maka setiap tempat di bumi mempunyai kemungkinan kejatuhan sampah antariksa tersebut, sehingga dapat menimbulkan bahaya, baik bahaya benturan fisik maupun radiasi.

Permasalahan tersebut berkembang menjadi dampak terhadap lingkungan antariksa dan beroperasinya wahana antariksa, akibatnya sulit menentukan jadwal dan rute peluncuran wahana antariksa yang aman dari benturan sampah antariksa. Oleh karena itu dalam tulisan ini akan dianalisis dampak bahaya yang mungkin akan timbul akibat dari kegiatan peluncuran, baik dampak di antariksa maupun dampak di bumi yang mencakup kemungkinan terjadinya suatu peristiwa, dan berbagai konsekuensi-konsekuensi yang diakibatkannya serta kemungkinan mitigasinya.

1.2. Maksud dan Tujuan

Kajian ini dimaksudkan untuk menganalisis dampak akibat kegiatan keantariksaan baik dampak terhadap lingkungan di antariksa maupun di bumi serta kemungkinan mitigasinya, dengan tujuan sebagai bahan masukan di dalam penyusunan Naskah Akademis Rancangan Undang-undang keantariksaan Nasional.

1.3. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam kajian ini adalah metoda deskriptif analisis. Diawali dengan mendiskripsikan kegiatan keantariksaan dan tahapan suatu proses peluncuran, kemudian dianalisis resiko-resiko yang mungkin akan ditimbulkan apabila terjadi kegagalan peluncuran baik resiko di antariksa maupun resiko di bumi dan dampak yang ditimbulkannya serta kemungkinan mitigasinya. Data atau informasi dikumpulkan dari berbagai media dan dari kepustakaan yang terkait.

2. DAMPAK DARI KEGIATAN PELUNCURAN

Salah satu penyebab timbulnya sampah antariksa adalah akibat dari kegiatan peluncuran. Selain dampak positif yang menjadi tujuan kegiatan peluncuran yang dilakukan oleh suatu negara, resiko yang akan terjadi harus dapat dipelajari, dari resiko peluncuran di darat (meliputi kemungkinan kegagalan peluncuran roket yang akan berdampak pada masyarakat), resiko peluncuran saat mendekati orbit dan saat separasi per bagian stage roket, dan resiko satelit terkena sampah antariksa.

Kegagalan peluncuran salah satu penyebabnya adalah terjadinya ledakan (*explosion*). Ledakan dapat terjadi dari tiga akibat, yaitu : (i) ledakan dengan sengaja (*deliberation explosion*), yaitu peledakan yang dilakukan oleh kegiatan militer yang ditujukan untuk mencegah ditemukan kembali benda antariksa dan untuk percobaan senjata militer, (ii) ledakan kecelakaan (*accidental explosion*), yaitu ledakan yang berhubungan dengan kesalahan dari system propulsinya melalui kesalahan mesin selama operasi dan juga ketika melakukan peledakan benda antariksa, (iii) Sebab yang tidak diketahui (*unknown caused*) Beberapa bentuk sebab lain belum diketahui secara pasti, kemungkinan dapat diakibatkan oleh kerusakan dengan sengaja.

Satelit pecah atau meledak juga menjadi sumber sampah antariksa kecil. Pada tahun 1960-an jumlah satelit pecah hanya sekitar 1 satelit per tahun. Tetapi sejak 1980-an rata-rata ada 5 satelit pecah per tahun. Sebuah roket pecah bisa menghasilkan lebih dari 200 potong sampah. Tidak heran bila jumlah sampah antariksa makin bertambah dan makin membahayakan wahana antariksa.

Berbagai macam sumber yang menyebabkan timbulnya sampah antariksa yaitu terbentuknya dari perpecahan benda antariksa akibat ledakan atau tubrukan, tetapi yang paling utama adalah karena ledakan. Diperkirakan 35 % sumber perpecahan adalah ruas atas roket atau komponen yang dioperasikan secara sukses, tetapi ditinggalkan setelah misi penempatan wahana antariksa selesai dilakukan. Sebesar 85 % debris yang berukuran lebih besar dari 5 cm berasal dari perpecahan ruas atas roket dan wahana antariksa (satelit). Sumber yang lain adalah obyek-obyek yang terbuang saat operasi pengorbitan satelit, misalnya tali pengikat, tutup nozel, tutup lensa, pelepasan baut dan berbagai alat bantu dan alat pelindung yang lain. Berbagai partikel secara tidak sengaja dapat terbentuk dan tersembur ke antariksa, yang terjadi saat dan sesudah pembakaran pada motor roket padat, yang akan mengakibatkan terbentuknya debris berukuran kecil.

Kepadatan sampah antariksa umumnya berada di tiga lokasi, yaitu: (i) di atas ekuator (orbit rendah) hingga ketinggian 2000 km, (ii) orbit semi-stasioner pada ketinggian 20.200 km, dan (iii) orbit geostasioner pada ketinggian 35.788 km. Sampah ini justru sangat banyak pada orbit rendah, sebagian besar berupa badan roket atau pecahan satelit, dan dapat saja sebagiannya mengandung bahan-bahan yang berbahaya seperti radioaktif. Sampah ini selain berpotensi merusak satelit dan wahana antariksa yang masih aktif, juga menebar ancaman karena tetap mengintai Bumi dalam rentang usia manusia, ribuan tahun, atau bahkan mungkin hingga jutaan tahun.

Dalam lima tahun terakhir, jumlah sampah antariksa melonjak lebih dari 60 %. Pada tahun 2004 jumlah sampah antariksa yang terdeteksi radar (ukuran lebih besar dari

10 cm) sekitar 8.100 keping. Saat ini jumlahnya sudah mencapai 13.000 lebih. Artinya rata-rata ada penambahan 1.000 serpihan sampah antariksa setiap tahun. Dari jumlah itu, sekitar 95% dapat digolongkan sebagai sampah antariksa. Satelit aktif hanya sekitar 5%. Hingga 1 Januari 2008 secara total sudah ada 6000 satelit yg beredar di orbit bumi. Namun dari jumlah itu hanya 800 satelit saja yg masih aktif. Sisanya menjadi sampah antariksa tinggal bersama dengan serpihan-serpihan sisa ledakan pesawat antariksa dsb.

3. ANALISIS DAMPAK KEGIATAN PELUNCURAN DAN KEMUNGKINAN MITIGASINYA

3.1. Dampak Kegiatan Peluncuran

Semakin intensif kegiatan peluncuran wahana antariksa, semakin menambah jumlah sampah antariksa. Sampah tersebut dapat membahayakan wahana antariksa yang sedang beroperasi di orbitnya. Juga dapat jatuh ke bumi kapanpun dan dimanapun, sehingga akan membahayakan kehidupan di bumi seperti bahaya kimiawi dan radiasi. Berikut ini akan diuraikan berbagai dampak yang timbul akibat dari kegiatan peluncuran.

3.1.1 Dampak Terhadap Lingkungan Antariksa

Dampak negatif dari kegiatan peluncuran mengakibatkan meningkatnya jumlah sampah antariksa, sehingga kemungkinan akan menimbulkan permasalahan terhadap lingkungan antariksa dan beroperasinya wahana antariksa, maka akan sulit menentukan jadwal dan rute peluncuran wahana antariksa yang aman dari benturan dengan sampah antariksa.

3.1.2. Menimbulkan Tabrakan

Sampah antariksa dapat juga menimbulkan terjadinya tabrakan. Bentuk tabrakan dengan struktur sempurna, yaitu dalam peluncuran suatu wahana ke orbit menabrak debris besar. Berikut ini akan diuraikan jenis tabrakan yang terjadi

a. Tabrakan dengan pesawat ruang angkasa

Pesawat ulang-alik milik NASA sering memperbaiki jendelanya karena rusak tertabrak oleh benda-benda kecil seperti cat yang mengelupas. Sampah partikulat yang ukurannya lebih kecil dari 1 mm biasanya tidak menimbulkan bahaya terhadap fungsi pesawat ruang angkasa, namun dapat mengikis permukaan yang sensitif seperti payload optik. Oleh karena itu, apabila pesawat ruang angkasa masih dapat bertahan, degradasi payload akan mengakibatkan kerugian misi. Pecahan sampah yang berukuran dari 1 mm sampai 1 cm kemungkinan tidak dapat menembus pesawat ruang angkasa, tergantung pada pemilihan material yang digunakan untuk melindungi. Pecahan yang ukurannya antara 1 sampai 10 cm ukuran akan menembus dan merusak sebagian besar pesawat ruang angkasa. Jika bus pesawat terpengaruh, fungsi satelit akan dihentikan dan pada saat yang sama, akan terjadi sejumlah besar puing-puing kecil.

Berdasar catatan sebuah lembaga penelitian ilmiah *Wired Science*, dalam 54 kali misi penerbangan tercatat bahwa sampah antariksa menabrak jendela pesawat sebanyak 1.634 kali sehingga mengharuskan 92 kali melakukan penggantian kaca jendela. Begitu juga dengan 317 kali benturan terhadap radiator pesawat yang mengharuskan 53 kali penggantian. Memang, selama ini belum ada benturan yang membahayakan keselamatan awak pesawat. Namun, tingkat keseringan benturan tersebut ditakutkan menimbulkan kerusakan yang lebih besar di masa mendatang karena jumlah sampah antariksa yang diyakini akan bertambah banyak.

b. Tabrakan Satelit/wahana antariksa dengan sampah antariksa berukuran besar

Biasanya yang dimaksud dengan sampah berukuran besar adalah yang berukuran lebih besar dari 10 cm, obyek ini dapat dijejat dan elemen orbitnya diketahui, sehingga beberapa pesawat antariksa berhasil melakukan manuver untuk menghindari tubrukan. Jika suatu debris berukuran 10 cm dengan berat 1 kg bertubrukan dengan wahana antariksa tertentu yang beratnya 1200 kg, maka dapat menimbulkan satu juta pecahan dengan ukuran kira-kira 1 m atau lebih.

Bentuk tubrukan dengan struktur sempurna, yaitu dalam peluncuran suatu wahana ke orbit menabrak debris besar, maka akan pecah menjadi kepingan-kepingan kecil. Dalam perjalanan misi-misi, pesawat ulang alik, roket pengorbit harus berkali-kali melakukan manuver untuk menghindari tubrukan :

- Contoh :
- (a) Satelit ERS-1 pada Juni 1997 dan SPOT-2 pada Juli 1997, melakukan manuver untuk menghindari tubrukan dengan debris yang berukuran besar.
 - (b) Peluncuran STS-72 (*Endavour Space Shuttle Flight*) yang membawa astronot Jepang Koichi Wakata pada tahun 1996, ditunda beberapa menit karena jalannya wahana tersebut akan berpapasan dengan satelit militer milik Amerika.
 - (c) Pada bulan Juli 1999 satelit SELENA milik Perancis kehilangan beberapa bagiannya setelah bertabrakan dengan debris berukuran sebesar kopor.
 - (d) Satelit milik Rusia (Cosmos 2251, diluncurkan pada 1993) dan milik Amerika Serikat (Iridium 33, diluncurkan pada 1997) bertabrakan di ketinggian 800 Km di atas Siberia, Rusia, pada 10 Februari 2009. Peristiwa tarakan ini menyebabkan kepulan asap besar

c. Tabrakan Satelit/wahana antariksa dengan sampah antariksa berukuran kecil

Hingga saat ini, obyek sampah berukuran kecil (diameter ≤ 10 cm) sulit dideteksi dan hanya menyebabkan kerusakan pada sistem-sistem wahana antariksa yang operasional, karena debris tersebut mengalami erosi karena permukaannya sensitive, belum pernah tercatat adanya gangguan yang mengakibatkan terganggunya pelaksanaan misi wahana antariksa.

Bentuk tumbukan dengan debris kecil yang memungkinkan kerugian atau dapat melumpuhkan misi wahana antariksa, sehingga mengakibatkan terganggunya keefektifan kinerja untuk sasaran misi. Tabrakan ini akan menyebabkan kerusakan pada sistem-sistem wahana antariksa yang operasional. Kerusakan ini dapat dibagi ke dalam dua kategori, yaitu kerusakan pada permukaan wahana dan kerusakan pada sub system.

Contoh kerusakan yang terjadi pada permukaan wahana antariksa yang operasional adalah :

- (1) Pada tahun 1983, kaca pelindung pesawat ulang alik challenger harus diganti karena ada serpihan cat yang menghantamnya. Ukuran serpihan itu hanya 0,3 milimeter, namun berjalan dalam kecepatan 14.000 km per jam, sehingga mengakibatkan keretakan.
- (2) Antena teleskop antariksa Hubble mengalami kerusakan akibat tumbukan sampah antariksa hingga menimbulkan lubang berukuran 1,9 cm x 1,7 cm.
- (3) pemutusan tali penambat SEDS-2 (Small Expendable Deployer System
- (4) kerusakan pada beberapa bagian permukaan pesawat ulang alik
- (5) pada tahun 1996, CERISE wahana antariksa Perancis tertabrak oleh pecahan ruas atas roket Ariane yang meledak, digunakan untuk membawa satelit SPOT 1. Insiden ini menyebabkan penyeimbang gravitasi CERISE rusak parah.

Kerusakan pada butir (1), (2), (4) dan (5) merupakan kerusakan yang disebabkan oleh debris yang sedang mengorbit, sedangkan butir (3) tidak jelas apakah kerusakan disebabkan oleh debris buatan manusia atau meteoroid berukuran mikro.

3.1.3. Dampak Terhadap Lingkungan di Bumi

Sampah antariksa yang jatuh di permukaan bumi dapat menimbulkan bahaya. Bahaya tersebut dapat menimbulkan kerugian terhadap populasi makhluk hidup, harta benda, industri dan lingkungan

Contoh :

- a. Satelit mata-mata Rusia bertenaga nuklir Cosmos 1402, pernah jatuh di Kanada 1982.
- b. Ariane 5 buatan Prancis berbahan bakar cair oksigen-hidrogen seberat 25 metrik ton yang meledak tak lama setelah diluncurkan dari Kourou, Guyana, 1996.
- c. Long March buatan Cina yang melenceng dari trayektorinya lalu membumihanguskan sebuah desa.
- d. Titan IV buatan Lockheed Martin, AS, yang meledak pada 1999.

a. Pencemaran Lingkungan

Benda yang jatuh ke bumi akan menimbulkan terjadinya kontaminasi terhadap obyek-obyek lain di sekitar lokasi jatuhnya benda antariksa misalnya udara, air minum, makanan dan menimbulkan kecelakaan pada umat manusia yang bersentuhan dengan obyek tersebut. Jika benda tersebut dengan energi non nuklir, maka bahaya yang timbul bergantung pada besar kecilnya debris ketika menumpa obyek yang terjatuh.

b. Bahaya Nuklir

Dilihat dari akibat negatif yang ditimbulkan oleh jatuhnya sampah antariksa, maka sampah antariksa yang menggunakan bahan bakar nuklir apabila jatuh ke bumi akan menimbulkan bencana yang besar dengan resiko kerugian/bahaya yang sangat tinggi (*extra hazardouos*) dengan kerugian yang besar pula. Bahaya tersebut bukan disebabkan oleh besarnya sampah antariksa yang jatuh tersebut, melainkan dari besarnya paparan radiasi radioaktif dari penggunaan reaktor nuklir pada sampah antariksa, dan bahaya radiasi yang ditimbulkan dapat mencakup wilayah puluhan ribu kilometer.

Paparan radioaktif dari sampah antariksa yang jatuh ke bumi dapat menyebar bagaikan curahan hujan dan dapat mengakibatkan efek radiasi yang sangat berbahaya ke wilayah permukaan bumi yang cukup luas dan kemungkinan termasuk isinya. Secara singkat efek radiasi dan bahaya serta kerugiannya dapat diuraikan sebagai berikut :

- 1). **Bahaya radiasi terhadap manusia dan hewan.** Radiasi terhadap manusia dan hewan dapat berakibat berupa efek langsung seketika atau sindroma seketika (akut), jangka pendek dan jangka panjang. Efek sindroma seketika akan menimbulkan kematian dalam jangka waktu 30 hari. , efek jangka pendek dapat bersifat ringan dan berat yang menimbulkan gangguan dan beberapa penyakit tertentu, misalnya kanker (*carcinogenesis*) dan kerusakan pada kromosom atau *deoxyribonucleid acid* (DNA) yang mengakibatkan cacat fisik, cacat mental atau keduanya, juga kematian dalam kandungan. Terhadap hewan yang dikonsumsi manusia, terutama yang dternakan, maka baik daging maupun susunya sebagai sumber protein hewani tidak boleh dikonsumsi, bahkan harus dimusnahkan. Disamping itu efek jangka panjang lambat laun dapat merusak organ-organ tubuh yang menimbulkan bahaya yang fatal.
- 2). **Bahaya radiasi terhadap tumbuhan.** Radiasi terhadap tumbuhan terutama tanaman pertanian dan perkebunan berlangsung dengan terserapnya panas radiasi ke dalam tumbuhan yang akan menimbulkan perubahan mikrobiologi atau lebih dikenal dengan *Vegetables Radiation Effect*. Tumbuhan sebagai sumber protein nabati, vitamin dan hijauan serta serat yang terkontaminasi tidak boleh dimakan oleh manusia maupun makhluk hidup lainnya..
- 3). **Bahaya radiasi terhadap makanan dan minuman.** Makanan dan minuman umumnya terkontaminasi oleh sinar alpha, yang apabila dikonsumsi akan merusak saluran *gastrointensial* (saluran mulai dari oral sampai dubur). Demikian pula makanan dan minuman yang dikemas atau yang diproses oleh industri tidak boleh dikonsumsi.
- 4). **Bahaya radiasi terhadap tanah dan air.** Lapisan tanah yang terkontaminasi radioaktif, kesuburan dan tumbuhan diatasnya terganggu. Selain itu daerah yang terkontaminasi tidak boleh dihuni atau dimanfaatkan untuk apapun juga. Diperlukan waktu yang sangat lama untuk dapat dimanfaatkan kembali. Demikian pula terhadap air yang terkontaminasi, tidak boleh dimanfaatkan baik

dikonsumsi maupun untuk keperluan lainnya. Diperlukan upaya-upaya khusus, agar tanah dan air tersebut dapat dimanfaatkan kembali.

- 5). **Bahaya radiasi terhadap pariwisata dan budaya.** Selama radiasi yang mengkontaminasi daerah wisata belum dibersihkan, selama itu pula daerah wisata tersebut dilokalisasi, tidak seorangpun diperkenankan meninggalkan maupun masuk ke wilayah yang terkontaminasi. Akibatnya devisa atau pendapatan yang seharusnya dapat dinikmati dari wilayah tersebut tidak dapat dimanfaatkan. Demikian pula terhadap budaya yang ada pada wilayah yang terkontaminasi akan terganggu.

Contoh sampah antariksa berenergi nuklir yang pernah jatuh di Indonesia adalah :

- (a) Cosmos 954 yang jatuh di bagian Barat laut Kanada pada tanggal 24 Januari 1978, telah menimbulkan radiasi nuklir terhadap lingkungan disekitarnya (1500 mil persegi padang tundra),
- (b) Satelit Cosmos 1402 milik Uni Soviet, jatuh di Lautan Hindia pada tahun 1983.

3.1.4. Pengaruh Terhadap Operasi Antariksa Berawak

Untuk melindungi awak wahana antariksa dari debris selama penerbangan, telah ditetapkan prosedur operasional. Batasan-batasan operasional juga telah ditetapkan untuk kegiatan-kegiatan di luar wahana antariksa berawak (EVAs – Extra Vehicular Activities). Jika dimungkinkan EVAs dilakukan sedemikian rupa sehingga badan pesawat menjadi pelindung bagi para awak yang sedang melakukan kegiatan di luar pesawat, terhadap benturan sampah antariksa yang mengorbit.

Bahkan pada tanggal 12 maret lalu Stasiun Ruang Angkasa Internasional-ISS nyaris ditabrak sebuah pecahan benda langit yang diameternya hanya 0,8 sentimeter tapi memiliki kecepatan 30.000 km per jam. Menimbang ancaman bahayanya, para astronot yang berada di ISS terpaksa berlindung di kapsul Soyuz, yang dapat segera melakukan manuver melepaskan diri dari ISS jika terjadi bahaya.

3.1.5. Pengaruh lain

Pengaruh lain yang ditimbulkan oleh sampah antariksa adalah berkaitan dengan kegiatan para astronom. Para astronom mengamati suatu peningkatan jumlah bercak-bercak pada bidang citra hasil pengamatan astronomi yang disebabkan oleh debris. Bercak-bercak tersebut menurunkan kualitas pengamatan. Bercak yang disebabkan oleh debris yang mengorbit akan merusak foto hasil pengamatan apabila debris melintasi bidang pemotretan yang sempit

3.2. Mitigasi Untuk Mengurangi /Membersihkan Sampah Antriksa

Beberapa negara melakukan berbagai tindakan mitigasi terhadap sampah antariksa, tujuannya adalah mengurangi sampah untuk masa mendatang. Langkah pertama adalah pencegahan pembuangan sampah yang harus dilakukan para perancang wahana antariksa. Sedapat mungkin benda-benda yang akan jadi sampah di buang sebelum mencapai orbit, sehingga langsung jatuh ke bumi. Pencegahan juga dilakukan dengan mengurangi kemungkinan ledakan diangkasa. Selain itu perlu dicari bahan bakar roket yang bebas debu, tidak seperti yang terjadi saat ini yang masih menyisakan debu halus aluminium oksida (Al_3O_2).

Langkah ke dua adalah merancang sistem untuk menjatuhkan sampah antariksa secara terencana atau membuang ke "zona sampah" pada akhir missinya. Tetapi langkah ini sangat mahal dan sangat sulit. Hanya misi antariksa besar yang saat ini sudah menerapkan langkah ini. Misalnya, stasiun antariksa Mir berbobot total 130-ton diturunkan secara terkendali ke daerah aman di Pasifik Selatan. Langkah ini mempunyai dua tujuan sekaligus, menjamin keselamatan penghuni bumi dari bahaya kejatuhan benda antariksa dan menjamin keselamatan wahana antariksa oleh sampah-sampah yang terus meningkat. Prioritas utama langkah ini sebenarnya untuk benda-benda di zona yang ramai diminati para pengguna satelit, baik di orbit rendah maupun GEO/GSO.

Langkah untuk membuang ke "zona sampah" terutama ditujukan untuk satelit di GEO/GSO yang dapat dikatakan tidak bisa turun secara alami dan satelit mengandung bahan berbahaya, seperti bahan bakar nuklir. "Zona sampah" di orbit rendah konon pernah digunakan oleh Uni Soviet pada era 1980 - 1990-an untuk membuang satelit berbahan bakar nuklir. Tetapi zona sampah di orbit rendah bukanlah zona aman, suatu saat akan jatuh juga. Zona sampah yang aman berada di atas orbit GEO/GSO. Selama ini yang digunakan pada zona 40 - 70 km lebih tinggi dari zona satelit operasional di GEO/GSO. Tetapi zona yang disarankan adalah sekitar 300 km lebih tinggi. Namun, untuk pembuangan ke zona ini sangat mahal biayanya. Perlu lebih banyak bahan bakar untuk mencapai orbit lebih tinggi itu dan membutuhkan pengendalian sekitar 3 bulan untuk mencapai orbit di zona aman tersebut.

Langkah ke tiga adalah pemusnahan sampah. Tetapi langkah ini masih impian. Cara pemulungan sampah antariksa, seperti pada satelit Palapa B2, sangat mahal dan masih perlu menggunakan pesawat berawak sejenis pesawat ulang alik untuk menangkapnya. Sementara cara lain yang diusulkan belum ditemukan teknologinya yang efektif, efisien, dan relatif tidak mahal. Misalnya, dengan balon penjaring untuk pengurangi kecepatannya dan menurunkan sampah ke orbit yang memungkinkan jatuh secara alami. Tetapi cara ini berbahaya bagi satelit operasional, karena penjaringan tidak pilih-pilih, semua yang terkena dipaksa jatuh. Cara lain adalah menembakkan sinar laser berenergi tinggi pada serpihan sampah antariksa untuk mengurangi kecepatannya hingga bisa jatuh atau menghancurkannya menjadi butiran halus yang tidak berbahaya. Namun, cara ini belum ada teknologinya, masih impian yang ingin diwujudkan.

Kini, para ahli antariksa telah mencari cara mengurangi bahaya sampah antariksa bagi misi penerbangan mereka di masa depan. Salah satu yang akan dilaksanakan untuk mengatasi masalah sampah tersebut adalah menggunakan sebuah layar besar untuk mengumpulkan sampah-sampah tersebut agar tidak berserakan di udara atau membawanya pulang kembali ke bumi. Atas dasar itu, dua ilmuwan dari lembaga luar angkasa Eropa yakni Max Cerf dan Brice Santerre menghadirkan sebuah layar besar yang diberi nama aerobrake.

Benda ini diklaim mampu menyaring dan mengumpulkan sampah-sampah luar angkasa yang mengorbit bumi. Gesekan dari layar besar tersebut dengan lapisan atmosfer akan membakar habis sampah-sampah tersebut hingga 25 tahun. Ini lebih cepat bila dibandingkan umur sampah-sampah tersebut yang dapat mencapai ratusan tahun.

Kini layar besar tersebut sedang dalam pengembangan tahap akhir dan akan diluncurkan dalam misi yang bernama Ariane 5. Luas area layar tersebut mencapai 350 meter persegi dan diperkuat dengan 12 meter tiang berbahan polimer dan aluminium berisi gas nitrogen. Namun, yang disayangkan, jumlah sampah antariksa tidak akan berkurang dengan cepat. Ini karena tabrakan antar sampah antariksa akan menimbulkan lebih banyak puing lagi.

Untuk membersihkan kawasan orbit satelit dekat Bumi, gabungan perusahaan Kayser-Threde dari Jerman, Sener dari Spanyol dan korporasi angkasa luar Swedia bersama-sama mengembangkan robot pintar penyapu sampah luar angkasa yang diberi nama SMART-OLEV. Saat ini pelanggan kakapnya juga sudah diperoleh, yakni perusahaan telekomunikasi raksasa Eropa-Eutelsat. Dalam waktu dua tahun mendatang, robot pintar pengumpul sampah SMART-OLEV akan diluncurkan ke ruang angkasa. Tugasnya adalah mengambil alih kendali dan navigasi sebuah satelit milik Eutelsat yang melenceng dari jalur orbitnya di atas Bumi. Robot akan menghidupkan motor pendorong satelit, untuk menempatkannya di posisi orbit baru sekitar 30 kilometer lebih tinggi, dan dengan begitu memperpanjang masa operasi satelit. Artinya, terciptanya sampah baru di luar angkasa juga dapat dicegah.

Robot pintar tidak berawak itu, juga bisa sampai lima kali melakukan tugasnya, bergabung dan melepaskan diri lagi dari sebuah obyek. Dengan begitu setelah selesai bertugas di sebuah satelit, robotnya bisa diarahkan ke satelit lainnya yang harus ditangani. Tentu saja jika persyaratan keselamatannya terjamin. Sebab sebuah pecahan benda langit bergerak dengan kecepatan rata-rata tujuh kilometer per detik, atau beberapa kali lebih cepat dari kecepatan peluru yang ditembakkan dari larasnya.

Juga pusat penerbangan dan antariksa Jerman-DLR saat ini sedang melakukan ujicoba robot serupa dengan Smart OLEV yang diberi nama DEOS. Robot penangkap satelit ini dirancang beroperasi di kawasan orbiter dekat Bumi. Prinsipnya juga sama, yakni robot DEOS menangkap satelit yang akan diaktifkan kembali atau dipindahkan ke kawasan orbiter yang lebih tinggi. Ujicoba di laboratorium DLR di München menunjukkan, metode yang dikembangkan di Jerman cukup handal untuk menanggulangi sampah benda langit berukuran cukup besar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari uraian di atas dapat ditarik kesimpulan dan saran sebagai berikut :

4.1. Kesimpulan

Kegiatan peluncuran menimbulkan berbagai masalah, yaitu mengakibatkan jumlah sampah antariksa meningkat pula, tetapi hingga kini belum ada usaha serius untuk mengurangi sampah tersebut di angkasa. Dari berbagai dampak yang diakibatkan oleh adanya sampah antariksa merupakan ancaman yang sangat besar, sehingga negara-negara maupun pihak-pihak yang terkait harus memperhatikan debris sebagai masalah lingkungan bagi antariksa. Menyikapi makin banyaknya sampah di antariksa, upaya yang kini dilakukan oleh berbagai negara meliputi mencegah, mengawasi dan memusnahkannya.

4.2. Saran

Keberadaan debris yang jumlahnya terus meningkat, perlu mendapat perhatian, sehingga perlu segera mencari pemecahannya, misalnya dibuat peraturan yang berkaitan dengan penanggulangan dampak, dimulai dari dampak resiko peluncuran di darat, meliputi kemungkinan kegagalan peluncuran roket yang akan berdampak pada masyarakat, resiko peluncuran saat mendekati orbit dan saat separasi bagian tingkat roket

DAFTAR RUJUKAN

- Ancaman Bahaya Sampah Luar Angkasa, 25.03.2009, http://www.dw-world.de/popups/popup_printcontent/0,,4126140,00.html
- Jamluddin Thomas, "Sampah Antariksa Makin Padat", 22 April 2004.
- Pramesti, "Potensi Bencana dari Antariksa", 20 April 2007, <http://langitselatan.com/2007/04/20/potensi-bencana-dari-antariksa/>
- Prevention and Mitigation, <http://en.epochtimes.com/n2/science-technology/space-debris-earth-danger-orbit-6062.html>, *Last Updated Oct 23, 2008*
- Rubiyanti Sri, "Pengaruh Sampah antariksa Terhadap Operasi Wahana antariksa", *Berita Dirgantara, Majalah Ilmiah Populer*, Maret 2001.
- Rubiyanti Sri, Husni N, "Kajian Meningkatnya Pecahan Benda Antariksa (*sampah antariksa*) di Masa Mendatang". 2002, Publikasi Ilmiah LAPAN, ISBN : 979-8554-59-0
- Sampah Antariksa akan Dibersihkan' Posted by Rayhan Adizjay Hamzah Azton Yusuf (RAHzY), <http://bukucatatatan-part1.blogspot.com/2009/06/sampah-antariksa-akan-dibersihkan.html>
- "Terancam Sampah Antariksa", *Tempo*, Edisi 23 Februari – 1 Maret 2009