

MITIGASI DEBRIS ANTARIKSA

Jakondar Bakara

Peneliti Bidang Analisis Sistem Kedirgantaraan

1 PENDAHULUAN

Debris antariksa (sampah antariksa), adalah berbagai barane bekas buatan manusia baik yang masih utuh maupun yang sudah pecah bahkan berkeping-keping, yaaiig dapat dikcnali pemilikiya maupun tidak dikcnali, scrta tidak dapat lagi dikendalikan oleh manusia. Debris tersebut ditinggalkan di antariksa pada .saar proses pcluiKuran wahana antariksa (satelit).

Kegiaun peluncuran dari waktu ke waktu terns incnngkat, schingga jinnlali debris antariksa semakin besar. Debris antariksa terscbut mcniin bulkan permasalahan, yaitu akan mengganggu wahana antariksa yang sedang operasional. Claiigguaii ini dapat berupa bcnturaii dan gangguan trhadap fungsi berbagai peralatan pada wahana antariksa.

Sub komite ilmiah teknik komisi IKR bagi penggunaan antariksa secara daraai (UNCOPUOS), telah mclakufcan bcrbagai kajian teknis trhadap masalah debris antariksa. salah satu kajiiau terscbut, adalali teknik pengurangan (mitigasi) laju peningkatan debris amariksa. Di dalam tulisan ini akan diuraikan bcrbagai tindakan mitigasi terscbut.

2 MITIGASI DEBRIS ANTARIKSA

Tindakan mitigasi antariksa terdiri dari dua macam, yaitu tindakan mengurangi debris antariksa dan tindakan perlindungan wahana antariksa.

2.1 Tindakan Mengurangi Debris Antariksa

Tindakan mengurangi jumlah debris antariksa dapat dibedakan dalam 3 kategori, yaitu tindakan incughindari terbentuknya debris antariksa pada tahap oprasi pengorbitan wahana antariksa; tindakan pencegahan trjadinya peristiwa pcrpecahan pada saat mengorbit; dan tindakan memindahkan wahana antariksa dari orbitnya (termasuk mcngambil wahana antariksa

tersebut untuk dibawa kembali ke bumi atau melontarkan ke orbit lain) seteJah selcsai melaksanakan misinya.

2.1.1 Mcnghindari terbentuknya debris

Tindakan mcnghindari terbentuknya debris antariksa pada laltap oitcrasi pengorbitau wahana antariksa, antara lain dengan cara tidak membuang abytk-obyck yang digunakan pada proses pengorbitan, seperti tutup nazel, tutup lensa, tali pengikat (tethers) dan bcrbagai alat bantu atau alat pclindung yang lain, scdapat mungkin diusahakan tetap trciat pada induk wahana. Tindakan tersebut secara teknis relatif mudah dilakukan dan ekonomis. Berdasarkan pengalaman timbulnya debris dari obyek-obyck tersebut di atas scbagian dapat dicegah, tetapi scbagian lagi tidak dapat dicegah, oleh karena itu sciuaa pihak tclah dihimbau untuk meminimumkan debris jenis ini dengan memanfaatkan tcknologi atau pcrlcngkapan yang paling mutakhir. Bcrbagai partickl dapat terbentuk secara tidak sengaja, misalnyj: terak (slag) yang trjadi pada saat dan sc.sudah pembakaran pada motor roket pad u. Terak ini trsembur ke antariksa dengan uknran berdiamcter hingga beberapa sciitimeter. Untuk mcminimtimkan scmburan balian padat (propclan padat dan insulasi motor) saflgat sulit dilakukan. Bcrbagai upaya sedang dilakukan untuk mcinperkecil kemungkinan terbentuknya debris berukuran kecil akibat pengaruh lingkungan antariksa seperti radiaxi matahari, crosi atom oxygen <MI benturan dengan mcteoroid, maka dilakukan tindakan pengamanan yang dianggap cukup etcktif, yaitu penggunaan cat yang bcrumiir panjang dan membuat lapis pelindung.

2.1.2 Pencegahan pcrpecahan pada saat mengorbit

Berdasarkan pengamatan, sekurang-kurangnya 145 benda antariksa buatan manusia dikctaliui mcngalami pcrpeccalian pada saat

mengorbit. Perpecahan ini terjadi akibat ledakan atau tumbukan. Sumber perpecahan diperkirakan tiga puluh lima persen berasal dari mas atas roket atau komponen yang dioperasikan secara sukses, tetapi ditinggalkan setelah misi penempatan wahana antariksa selesai dilaksanakan. Insiden perpecahan seperti ini sangat banyak terjadi pada peristiwa pengorbitan wahana yang dilakukan baik oleh China, Federasi Rusia, Amerika Serikat maupun Eropa. Peristiwa perpecahan yang tak terduga pada wahana antariksa maupun mas atas roket dapat juga terjadi, hal ini disebabkan tidak berfungsi sistem propulsi serta pengisian baterai yang melewati batas. Berdasarkan hal tersebut maka bahan bakar dan baterai merupakan sumber utama terjadinya ledakan, oleh karena itu tindakan mitigasi yang disarankan, adalah membuang sisa propelan melalui pembakaran, memumuskan aliran listrik, mengosongkan tanki yang bertekanan tinggi, mengamankan alat-alat peluncur yang tidak dipergunakan, dan melepas dari posisi aktif roda momentum. Tindakan mitigasi tersebut harus segera dilakukan setelah wahana peluncur menyelesaikan misinya, serta melakukan manuver ke orbit yang lebih rendah bila memungkinkan. Penyebab lain terjadinya perpecahan adalah akibat benturan yang tidak dapat dielakkan. Saat ini probabilitas terjadinya benturan sewaktu mengorbit sangatlah kecil, tetapi probabilitas ini akan menjadi semakin besar dengan semakin besarnya jumlah dan ukuran satelit. Pada tahun 1996 CERISE wahana antariksa Perancis tertabrak oleh pecahan mas atas roket Ariane yang meledak, dan mengakibatkan sebagian dari peralatan pada wahana tersebut tidak berfungsi. Mitigasi yang efektif terhadap berbagai konsekuensi terjadinya perpecahan akibat benturan, perlu memperdalam desain wahana antariksa dan melakukan berbagai manuver untuk menghindari benturan.

2.1.3 Memindahkan orbit wahana antariksa

Obyek antariksa berorbit rendah yang mendekati akhir misinya, disarankan untuk diambil atau ditempatkan pada orbit yang mempercepat habisnya umur obyek tersebut, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan benturan. Berbagai studi menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah debris yang mengorbit diakibatkan benturan dapat dilakukan mitigasi dengan cara membatasi umur orbit obyek yang bersangkutan, Cara ini mungkin

dapat dilaksanakan dengan manuver yang terkontinu'ol acuan dengan memindahkan ke orbit lain (re-orbiting) yang lebih rendah.

Obyek yang berorbit lebih tinggi di mana misinya mendekati akhir berakhir, disarankan menggerakkan obyek tersebut ke orbit yang lebih tinggi. Hal ini merupakan tindakan mitigasi yang efektif dan dapat dilakukan dalam waktu yang singkat, misalnya memindahkan wahana geostationer ke orbit yang lebih tinggi, tidak hanya melindungi wahana yang operational tetapi juga mengurangi kemungkinan obyek yang bersangkutan berbenturan, yang dapat menimbulkan debris yang mengganggu fungsi berbagai obyek geostationer.

Komponen wahana peluncur yang berlinggal di orbit GTO (Geostationer Transfer Orbit) harus diambil dan bila tidak dimungkinkan harus dilakukan suatu manuver tertentu agar tidak menimbulkan gangguan benturan maupun interferensi terhadap berbagai sistem di orbit geostationer.

Sistem wahana antariksa yang berada di orbit, harus selalu dimonitor khususnya terhadap wahana antariksa yang telah kritis dan kemungkinan akan tidak berfungsi, karena dapat mengakibatkan terjadinya perpecahan. Untuk keperluan tersebut sistem propulsi, baterai serta subsistem kontrol orbit harus dimonitor.

2.2 Tindakan Perlindungan Wahana Antariksa

Bencana dapat terjadi pada suatu wahana antariksa apabila terbentur oleh meteoroid maupun debris berdiameter 1-2 mm atau lebih yang melaju dengan kecepatan tinggi. Pengaruh benturan tersebut dapat menyebabkan tidak berfungsinya suatu subsistem atau bahkan gagalnya misi. Walaupun gangguannya kecil tetapi apabila terjadi pada bagian yang rawan pada Pesawat dapat berakibat runtuhnya tabung muatan. Menghadapi kerusakan seperti ini, sudah saatnya diterapkan upaya perlindungan untuk menghindari wahana antariksa terhadap benturan dengan meteoroid dan debris. Selama ini dikenal ada dua macam strategi perlindungan terhadap benturan debris antariksa, yaitu pemasangan pelindung (shieling) pada wahana antariksa berawak maupun tidak berawak; perlindungan dengan melakukan manuver.

2.2.1 Pemasangan pelindung

Pemasangan pelindung pada wahana antariksa berawak/rak berawak untuk melindungi kemampuan tubrukan dengan debris yang mengorbit tindakan mitigasi yang sangat efektif. Pemasangan pelindung pada struktur wahana antariksa ini dapat melindungi dari partikel yang berdiameter 0,1 s.d. 1 cm. Teknologi yang ada saat ini ini mampu melindungi wahana antariksa dari debris antariksa yang berukuran 1 s.d. 10 μ m, apabila debris sebesar ini ini dapat dijejaki oleh jaringan pengamat yang saat ini beroperasi, walaupun demikian perlindungan terhadap debris sebesar ini dapat dilakukan dengan suatu desain khusus pada sistem antariksa yang bersangkutan, misalnya dengan menempatkan subsistem rem yang rawan di bagian tengah sehingga terlindungi. Desain pelindung bervariasi terbuat dari bahan (logam, keramik, dan lapisan polimer, yang dipasang di dinding depan wahana antariksa, sehingga apabila ada benturan partikel, pelindung tersebut yang pejal dan sekaligus meredam kekuatan benturan. Lapisan pelindung ini ditempatkan dengan jarak yang memadai terhadap obyek yang dilindungi, untuk menjamin ruang yang cukup bagi hamburan pecahan yang terjadi sebagai akibat benturan partikel debris dengan pelindung. Berbagai model pelindung telah dan sedang dikembangkan untuk melindungi benturan terhadap debris yang berukuran dan berkecepatan bervariasi, misalnya untuk debris yang berkecepatan 13 km/detik. Usaha pengembangan pelindung yang saat ini sedang dilakukan, terfokus pada debris yang mengorbit dengan kecepatan mulai dari 10 sampai dengan 15 km/detik, walaupun data kecepatan rata-rata debris yang ada saat ini hanya sampai 7 km/detik.

Wahana antariksa berawak khususnya Stasiun Antariksa (space station), biasanya berukuran lebih besar dari pada wahana antariksa yang tidak berawak. Oleh karena itu mempunyai peluang yang lebih besar untuk berbenturan dengan debris walaupun dengan meteoroid di samping itu karena berawak maka ini dimiliki standar keainuan yang lebih tinggi. Strategi perlindungan yang selama ini diterapkan menggabungkan tindakan pemasangan pelindung dan perbaikan bagian yang rusak akibat berbagai sebab. Pelindung yang tersedia saat ini mampu memberikan perlindungan terhadap benturan obyek yang besarnya kurang

dari 1 cm. Pada wahana antariksa berawak dirangsang untuk memasang sistem deteksi otomatis, sehingga apabila terjadi gangguan pada modul yang berteknologi tinggi akan lebih cepat diketahui dan tindakan yang harus segera dilakukan adalah isolasi modul, tindakan selanjutnya yang berkaitan dengan perbaikan atau perbaikan kerusakan, akan sangat tergantung kepada perlengkapan yang tersedia dan strategi yang telah ditentukan.

Para awak (astronot) yang melakukan kegiatan di luar pesawat (Ekstra-Vehicular Activities-EVA) memerlukan perlindungan terhadap meteoroid maupun debris. Tindakan astronot (spacesuits) yang ada saat ini memiliki berbagai tampilan yang masing-masing dilengkapi dengan alat pelindung yang mampu melindungi astronot dari benturan debris hingga sebesar 0,1 mm. Wahana antariksa dapat difungsikan dengan mengantar orientasi posisi, sebagai pelindung di saat astronot melakukan EVA. Wahana antariksa ditempatkan pada posisi yang menghadap datangnya sebagian besar debris, sedangkan astronot melakukan kegiatannya di tempat yang terlindungi oleh wahana antariksa tersebut. Wahana antariksa tak berawak kemungkinan terjadi benturan lebih kecil dari pada wahana antariksa berawak, untuk perlindungan terhadap debris, dilakukan modifikasi desain, misalnya pada jalur (selang) bahan bakar, kabel dan komponen lain yang sensitive dilindungi pada bagian dalam yang terlindungi.

2.2.2 Perlindungan dengan melakukan manuver

Sistem pengamatan yang ada saat ini belum dapat menjejaki berbagai obyek di orbit rendah yang berdiameter kurang dari 10 cm. Obyek yang dapat dijejaki adalah yang berdiameter lebih besar dari 10 cm. Menghindari benturan terhadap obyek besar tersebut dapat dilakukan berbagai manuver saat suatu wahana memasuki orbit maupun pada saat beroperasi (on-orbit). Sebagai contoh sejak tahun 1986 STS (Space Transportation System) pernah melakukan empat kali tindakan manuver dalam rangka menghindari benturan dengan debris yang mengorbit. Seorang ahli dari Rusia membuat suatu algoritme untuk memutuskan apakah perlu atau tidak menerapkan prosedur manuver untuk menghindari dari benturan. Sebelum melakukan manuver disarankan untuk mengidentifikasi

situasi bencana termasuk perkiraan mendekamya debris antariksa, mempertajam cakupan liputan pengamatan secara melakukan pengawasan terhadap pencemaran wahana antariksa yang memerlukan perlindungan. Selain manuver, hal lain yang dapat dilakukan sebelum meluncurkan suatu wahana antariksa adalah "membangun jendela peluncuran yang aman" (memperhatikan keamanan terhadap gangguan pada saat pelaksanaan peluncuran), sehingga wahana antariksa tersebut akan melewati jalur aman. Hasil yang diperkirakan tidak aman pada jalur yang akan dilwati, sebaiknya peluncuran ditunda.

3 PENUTUP

Ada dua jenis tindakan yang dapat meminimumkan debris antariksa, dengan mengendalikan sumber debris antariksa, yaitu pertama membuat desain pada wahana peluncur. Dengan adanya desain tersebut, bagian-bagian yang seharusnya jatuhi menjadi tetap terikat pada induknya; Tindakan kedua adalah memindahkan debris antariksa ke tempat yang memperoleh habisnya di luar orbit, sehingga tidak menimbulkan gangguan.

DAFTAR RUJUKAN

- United Nation Committee On The Peaceful Uses of Outer Space, A/AC. 105/637, *Report of the Scientific and Technical Subcommittee on The work of its Thirty-Third Session*, 4 Maret 1996.
- United Nation Committee On The Peaceful Uses of Outer Space, A/AC. 105/674, *Report of the Scientific and Technical Subcommittee on The work of its Thirty-Fourth, Session*, 14 Maret 1997.
- United Nation Committee On The Peaceful Uses of Outer Space, A/AC. 105/C.1A 1.224, *Revision To The Technical Report on Space Debris of The Scientific and Technical Subcommittee*, 19 Februari 1998.
- United Nation Committee On The Peaceful Uses of Outer Space, A/AC. 105/697, *Report of TIJC Scientific and Technical Subcommittee on The Work of its Thirty-Fifth Session*, 25 Februari 1998.