

# SAMPAH ANTARIKSA MASALAH DI MASA KINI DAN ESOK

Errya Satrya  
Peneliti Pusat Teknologi Wahana Dirgantara, LAPAN

## RINGKASAN

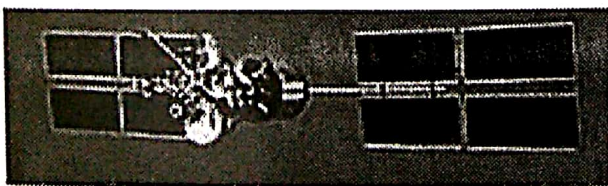
Tidak hanya di permukaan bumi, ternyata polusi juga sudah menjadi masalah di lingkungan antariksa. Polusi yang berupa sampah antariksa berasal dari sebaran benda-benda langit, yang kemudian ditambah benda-benda bekas buatan manusia seperti roket, satelit, pesawat antariksa yang sudah tidak berfungsi, tetapi tetap berada di orbit, mengakibatkan gangguan terhadap satelit yang beroperasi.

Berdasarkan hasil studi pada tahun 1999 diperkirakan terdapat sekitar 2 juta kg sampah antariksa yang tersebar di orbit rendah dengan ukuran lebih besar dari 1 cm<sup>3</sup>. Benda dengan ukuran sebesar 1 cm<sup>3</sup> tersebut sudah dapat merusak kamera dan komponen satelit lainnya.

Untuk memecahkan masalah tersebut, para ahli antariksa sibuk melakukan studi, seperti NASA yang terkenal dengan proyek ORION-nya, atau dikeluarkannya aturan-aturan khusus dalam perancangan satelit. (Jika satelit tidak lagi beroperasi tidak akan merupakan salah satu sumber penyebab terjadinya sampah antariksa).

## 1 PENDAHULUAN

Pada bulan Maret 2006, satelit komunikasi Rusia Ekspress AM 11 dinyatakan mengalami gangguan. Setelah diteliti ternyata gangguan ini terjadi akibat adanya benturan antara satelit tersebut dengan sebuah benda asing di orbit, benda ini diperkirakan sebuah sampah antariksa (*space junk*). "Satelit Ekspress AM 11 (Gambar 1-1) mengalami masalah akibat adanya benturan dengan sampah antariksa. Akibatnya satelit keluar dari orbitnya dan melakukan putaran yang tak terkendali" demikian kata Yury Izmiloz, Direktur Jenderal *Russian Satellite Communication Company*, saat ia menginterupsi acara *Russia's Far East Broadcast* untuk melakukan pemberitaan tersebut, sebagaimana yang dikutip dari *Spacedaily*.



Gambar 1-1: Satelit Komunikasi Rusia Ekspress AM 11 ([www.space.com](http://www.space.com))

Pada tanggal 11 Februari 2009, salah satu satelit komunikasi IRIDIUM dilaporkan bertabrakan dengan sebuah pecahan satelit Rusia pada ketinggian 790 km di atas Siberia. Stasiun pengamat angkasa Amerika Serikat, *US Space Command* mendeteksi pecahan satelit IRIDIUM tersebut tersebar bagaikan awan di orbit rendah. (Gambar 1-2)

IRIDIUM adalah suatu sistem komunikasi untuk mendukung operasional telepon melalui satelit di seluruh dunia. Dimana sistem komunikasi ini berupa konstelasi satelit yang terdiri atas 66 buah satelit yang masing-masing menggunakan orbit polar.



Gambar 1-2: Pecahan satelit IRIDIUM berupa kembang api setelah mengalami tabrakan dilihat dari *International Space Station* (Don Pettit, NASA)



Gambar 1-3: Sampah antariksa (webpark.ru)

*US Space Command*, menduga penyebab tabrakan akibat adanya 280 pecahan yang berasal dari sebuah satelit Rusia yang telah apkir, dan tersebar di sekitar wilayah orbit satelit IRIDIUM tersebut.

Sampah antariksa seperti Gambar 1-3 adalah sebaran benda-benda langit, yang kemudian ditambah benda-benda bekas buatan manusia seperti roket, satelit, pesawat antariksa yang sudah tidak berfungsi atau pecahannya, terperangkap di orbit dan ikut mengelilingi bumi.

Sebagaimana kasus yang menimpa satelit komunikasi Rusia di atas, maka masalah sampah antariksa ini mulai jadi perhatian, dan secara perlahan-lahan masalahnya berkembang terus. Sampah antariksa mulai menjadi problem para ahli antariksa, terutama untuk meluncurkan satelit ke orbit.

Bagaimana proses terjadinya sampah antariksa tersebut ?

## 2 BENDA LANGIT DAN UMUR ORBITNYA

Prof. Bambang Hidayat (1974) dalam salah satu tulisannya menyatakan bahwa semua

benda dapat diorbitkan dengan arah dan kecepatan sembarang. Tetapi kesembarangan ini perlu dihindari. Hal ini tentunya ditambah dengan catatan bahwa kecepatan awal benda ini dan arahnya minimal harus sama dengan kecepatan orbit lingkaran di ketinggian tersebut.

Dalam pemberian kecepatan awal ini ada beberapa hal mungkin terjadi pada benda tersebut :

- Jika kecepatan awal dan arahnya sama dengan kecepatan orbit lingkaran di ketinggian tersebut, maka benda akan mengorbit bumi dengan bentuk orbit lingkaran,
- Jika kecepatan awal lebih besar dari kecepatan dan arah orbit lingkaran di ketinggian tersebut, maka orbitnya berbentuk ellips dengan jarak yang terdekat (perigee) adalah jarak ketinggian orbit lingkaran,
- Jika kecepatan awal lebih kecil dari kecepatan dan arah orbit lingkaran di ketinggian tersebut, maka orbitnya berbentuk ellips dengan jarak yang terjauh (apogee) adalah jarak ketinggian orbit lingkaran. Atau kemungkinan lain benda jatuh masuk bumi,
- Jika pada saat pemberian kecepatan, arahnya tidak sama dengan arah kecepatan lingkaran di ketinggian tersebut (arahnya tidak sama dengan 0 derajat), jika dapat mengorbit akan terjadi orbit ellips, atau benda jatuh ke bumi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2-1.

Sampah antariksa adalah kumpulan reruntuhan benda-benda langit yang membentuk orbit secara sembarangan sebagai hasil dari hukum alam sebagaimana yang dinyatakan di atas. Apabila di antariksa sebuah benda mendapat kecepatan awal, maka benda tersebut akan bergerak. Jika pada perjalanannya benda ini lewat dekat dengan suatu pusat gravitasi, jika kecepatannya kurang tetapi masih dalam kecepatan orbital, benda ini akan terperangkap dan akan bergerak mengelilingi pusat gravitasi tersebut. Hal yang sama juga terjadi dalam

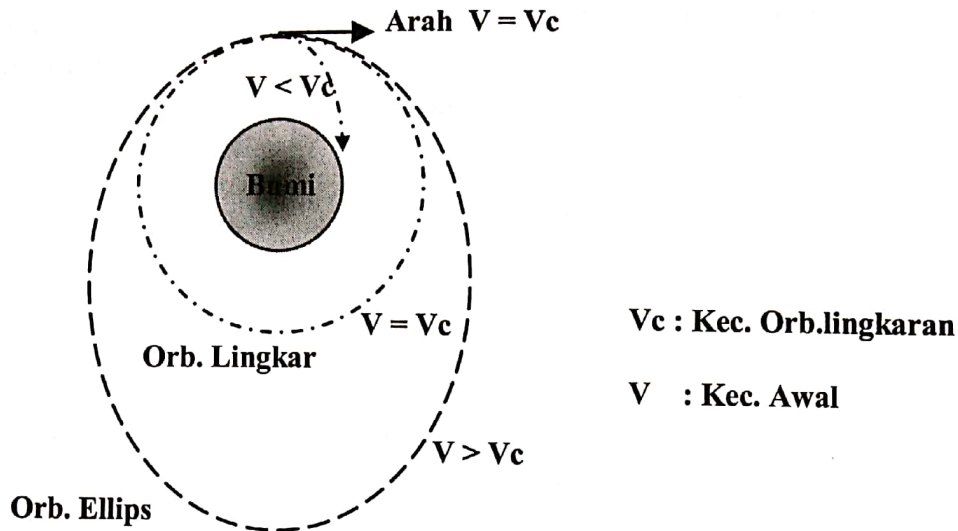
proses pembentukan sampah antariksa. Pecahan-pecahan benda langit atau benda buatan manusia seperti satelit dan pesawat antariksa yang sudah tidak berfungsi terperangkap dalam gaya tarik gravitasi bumi, dan kemudian mengorbit bumi. Lama kelamaan benda-benda ini terbentuk sebagai kumpulan yang tersebar mengorbit mengelilingi planet bumi.

Kalau diperhatikan planet bumi yang mengelilingi matahari atau bulan yang mengelilingi bumi, maka dapat diketahui bahwa planet-planet ini beredar abadi selamanya. Hal yang sama juga terjadi pada benda-benda yang mengelilingi bumi. Atau dengan kata lain umur orbit benda langit itu adalah sangat panjang.

Akan tetapi karena bumi mempunyai lapisan atmosfer, benda yang mengorbit terlalu dekat dengan bumi akan mengalami gaya hambat atmosfer. Akibat adanya hambatan atmosfer (*atmospheric drag*), kecepatan benda yang mengorbit akan berkurang, jika kecepatannya tidak mencapai kecepatan minimal untuk mengorbit, benda ini akan tertarik oleh gaya gravitasi dan akan jatuh ke bumi. Meteor yang menyala akibat bergesekan dengan atmosfer, yang sering kita saksikan di malam hari, adalah salah satu contoh benda antariksa yang tertarik akibat gaya gravitasi dan jatuh ke bumi. Sehingga secara teoritis umur orbit untuk benda/satelit orbit rendah relatif lebih pendek.

Karena umumnya benda yang bergerak di orbit tinggi umurnya lebih panjang, maka benda tersebut seperti misalnya satelit, meskipun sudah tidak beroperasi masih tetap tinggal di orbit. Benda inilah yang lama kelamaan bertambah banyak dan kemudian membentuk sampah antariksa.

Sebagai gambaran, berdasarkan hasil studi yang dilakukan (Escudier. 1986) membuat data tentang umur orbit satelit orbit lingkaran berdasarkan ketinggiannya sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 2-1.



Gambar 2-1: Bentuk orbit akibat pemberian kecepatan awal

Tabel 2-1: PERKIRAAN UMUR SATELIT DI ORBIT (Escudier, 1987)

| Ketinggian Orbit Satelit ( km) | Umur Orbit           |
|--------------------------------|----------------------|
| 200                            | Beberapa hari        |
| 300                            | Beberapa minggu      |
| 500                            | Beberapa tahun       |
| 800                            | Ratusan tahun        |
| 1000                           | Beberapa abad        |
| 1500                           | Sepuluh ribuan tahun |

### 3 UMUR ORBIT DAN SAMPAH ANTARIKSA

Umur satelit buatan manusia biasanya dibatasi oleh umur operasional komponen-komponen atau sistem-sistem satelit tersebut. Satelit Komunikasi sebagai contoh, yang berada di orbit GSO, umurnya dibatasi antara lain oleh jumlah gas yang berada dalam tangki gaya dorong (*thruster*)nya. Dimana gaya dorong ini berfungsi sebagai alat untuk mengendalikan sikap (*attitude*) satelit agar antena komunikasinya selalu mengarah ke bumi. Satelit Komunikasi biasanya sikapnya selalu diperbaiki secara berkala satu kali dalam sebulan. Oleh karena secara berkala *thruster* selalu dipergunakan untuk memperbaiki sikap satelit tersebut, maka suatu saat tanki *thrusters*nya akan kosong. Selanjutnya sikap satelit akan menjadi tak terkendali. Dalam kondisi demikian, dianggap umur operasional satelit sudah habis. Satelit

Palapa misalnya, umur operasionalnya adalah selama 12 tahun.

Oleh karena umur orbit satelit umumnya lebih panjang dibanding umur operasionalnya, maka satelit yang sudah habis masa operasionalnya ini selanjutnya akan menjadi barang tak terpakai yang berterbaran di orbit sekeliling wilayah antariksa bumi dan dianggap menjadi sampah antariksa.

Di samping itu ada juga sampah antariksa yang berasal dari satelit atau pesawat antariksa yang gagal mengorbit. Salah satu kasus sebagai contoh, menurut *Space Surveillance Network* NASA, ada sebuah Motor Roket Proton buatan Rusia, yang diluncurkan pada bulan Juni 1980 pecah di ruang angkasa. Motor roket ini kemudian membentuk suatu orbit ellips dengan perigee 655 km dan jarak apogee 18.410 km. Pada tahun 1988 hal ini juga menimpa motor roket May. May merupakan

tipe kelima salah satu bagian tingkat motor roket Tsyklon dan Proton.



Gambar 3-1: Gambaran artis saat satelit pecah (NASA, 2008)

Suatu studi yang diadakan tahun 1999 memperkirakan bahwa terdapat sekitar 2 juta kilogram sampah antariksa yang tersebar di orbit rendah, yang berukuran lebih besar dari 1 cm<sup>3</sup>. Benda dengan ukuran 1 cm<sup>3</sup> sudah dapat merusak kamera satelit atau instrumen satelit.

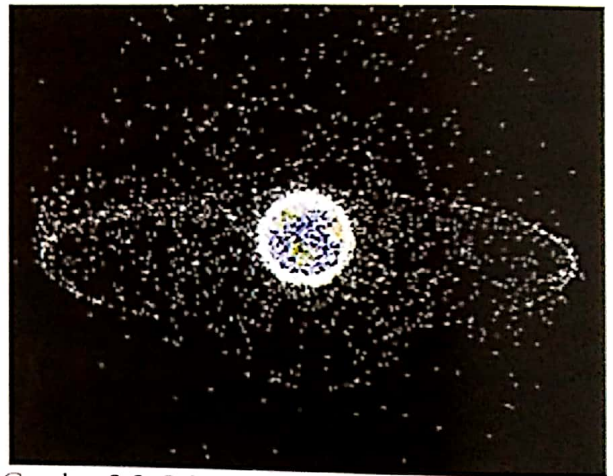
Tabel 3-1 berikut memperlihatkan jumlah perkiraan pecahan benda yang berupa sampah antariksa yang tersebar di orbit.

Bulan Juni tahun 2000, sebuah lembaga di Amerika mengkalkulasi ada sebanyak 8427 benda buatan manusia berada di orbit rendah. Dari jumlah total itu, sebanyak 2671 buah adalah satelit (baik beroperasi maupun sudah

kadaluwarsa). Sebanyak 90 buah di antaranya berupa pesawat antariksa yang mempunyai misi penelitian ilmiah yang kemudian diluncurkan ke ruang antariksa lepas.

Kira-kira 4600 peluncuran telah dilakukan sejak satelit pertama ciptaan manusia yang dibuat oleh Uni Sovyet meluncur pada tahun 1957. Pada tahun 2007 diperkirakan lebih dari 8000 buah satelit artifisial tersebar mengorbit bumi.

Sampah antariksa ini tersebar mulai dari ketinggian orbit rendah sampai (200 km) sampai ke orbit tinggi seperti Orbit Geostasioner di ketinggian 36000 km di atas permukaan bumi. (lihat Gambar 3-2)



Gambar 3-2: Sebaran sampah antariksa (NASA, 2008)

Tabel 3-1: PERKIRAAN JUMLAH PECAHAN BENDA DI ORBIT

| Ukuran Pecahan | Orbit Rendah | Total di Orbit |
|----------------|--------------|----------------|
| 1 mm - 1 cm    | 14.000.000   | 330.000.000    |
| 1 cm - 10 cm   | 180.000      | 560.000        |
| >10 cm         | 9700         | 18.000         |

Sumber : Space debris: Models and risk analysis Berlin: Springer Praxis, 96. Klinkard, H. (2006)

#### 4 GANGGUAN YANG DITIMBULKAN OLEH SAMPAH ANTARIKSA

Beberapa gambaran mengenai hal negatif yang ditimbulkan oleh adanya sampah antariksa ini, antara lain :

- Gangguan terhadap sistem operasional satelit, akibat terjadinya benturan antara satelit atau pesawat antariksa dengan benda yang berupa sampah. Sebagaimana kasus yang menimpa Satelit Komunikasi Rusia Ekspress AM 11. Kasus tabrakan yang terbaru adalah salah satu satelit IRIDIUM dengan puing bekas satelit Rusia,
- Resiko satelit gagal masuk orbit akibat benturan satelit dengan benda/sampah antariksa yang tersebar di orbit,
- Khusus untuk orbit Geostasioner (GSO), sampah yang berasal dari satelit yang sudah tidak beroperasi yang tetap tinggal di orbit ini akan mengurangi tempat lokasi satelit yang baru. Karena GSO merupakan wilayah orbit terbatas,
- Satelit yang sudah afkir ini, kemungkinan transpondernya masih menyala, dan hal ini dapat mengganggu transmisi sinyal satelit karena adanya interferensi sinyal,
- Terjadinya gangguan gelombang sinyal transmisi yang dikirim satelit ke bumi. Hal ini akan terjadi jika sinyal melewati sebaran sampah antariksa yang berupa logam yang berasal dari satelit,
- Untuk sampah antariksa yang tersebar di orbit rendah, ada resiko bongkahan sampah ini akan tersedot masuk bumi. Jika bongkahan ini cukup besar dan tidak terbakar habis di atmosfer, dan jatuh di wilayah pemukiman, maka akan dapat menimbulkan bencana. Masih terbayang dalam ingatan kita waktu stasiun antariksa Rusia MIR, benda seberat 120 ton jatuh ke bumi. Untung jatuhnya dilautan Pasifik yang tidak berpenghuni. Puing-puingnya berserakan di kawasan sepanjang 6000 km dan lebar 200 km.

Demikian antara lain dampak negatif yang mungkin timbul dari sampah-sampah

antariksa, yang selama ini mungkin luput dari perhatian sebagian besar pemerhati antariksa.

#### 5 UPAYA UNTUK MENGATASI SAMPAH ANTARIKSA

Berbagai program telah dilakukan untuk mengatasi masalah sampah antariksa. Di antaranya proyek Orion NASA, yang dimulai tahun 1970, dan berlanjut sampai sekarang.

Beberapa skenario telah direncanakan. Salah satu yang paling terkenal dan paling layak adalah mengembangkan senjata Laser yang berbasis di bumi. Senjata Laser ini akan memburu dan menghancurkan bongkahan antariksa menjadi partikel kecil dalam beberapa menit.

Sedangkan cara yang paling sederhana sampai sekarang, yang paling andal dan banyak disarankan adalah setiap satelit dilengkapi dengan sebuah motor roket. Jika satelit habis umur operasionalnya motor ini dinyalakan agar dia dapat keluar dari orbit (proses deorbit). Ini diterapkan untuk satelit yang berorbit Geostasioner.

Atau ada cara lain, yakni satelit atau pesawat antariksa yang gagal beroperasi diledakkan sehingga hancur total. Jadi satelit atau pesawat antariksa tersebut dilengkapi dengan sebuah alat peledak.

Khusus untuk satelit buatan Amerika, para ahli perancang satelit negara ini dalam mendesain suatu satelit berpegang kepada aturan yang dibuat NASA pada tahun 1995 yang tertuang dalam buku yang berjudul "NASA Safety Standard - Guidelines and Assessment Procedures for Limiting Orbital Debris", yang berisi antara lain :

- Instruksi mengenai desain satelit. Dalam hal ini misalnya desain struktur satelit harus sedemikian rupa, jika satelitnya pecah, ukuran pecahannya tidak boleh lebih besar dari 1 cm,
- Dalam hal operasional satelit, umur satelit tidak boleh lebih dari 25 tahun,
- Pembatasan bentuk pecahan satelit sebagai konsekuensi dari dampak yang terjadi jika satelit bertabrakan dengan meteorid,

- Pembatasan resiko yang terjadi jika satelit jatuh ke bumi.

## 6 PENUTUP

Demikian sedikit gambaran mengenai sampah antariksa, mengingat ke depan akan semakin banyak benda-benda buatan manusia yang akan diluncurkan ke antariksa. Sehingga dari hari ke hari sampah antariksa yang berasal dari buatan manusia tentu akan semakin menumpuk di antariksa. Maka jika tidak dari sekarang dipikirkan solusinya, tentu hal ini akan menjadi masalah besar di kemudian hari.

## DAFTAR RUJUKAN

- B. Escudier, 1987. *Dynamique de Spatiale*, Dictate de lecture, FIAS, Toulouse, France.
- Bambang Hidayat, 1974. *Tentang Lintasan Satelit*, Tulisan Ilmiah pada Simposium Teknologi Komunikasi Satelit, PERUMTEL, Bandung.
- Cornelisse J. W., 1979. *Rocket Propulsion And Spaceflight Dynamics*, Pitman, London.
- Howard S. Seifert, 1959. *Space Technology*, John Wiley and Sons, New York.
- <http://english.pravda.ru/photo/report/garbage-3353>. 2000.
- <http://www.benotdeceived.net/natural-disasters-f19/stunning-images-of-planet-earth-surrounded-by-space-garbage-t1037.html>. 2009.
- <http://www.extremeastronomy.com/forum/solar-system/156-space-garbage.html>. 2009.
- <http://www.itworld.com/offbeat/57720/nasa-continues-pepper-australia-space-garbage>. 2008.
- [http://www.nogw.com/download/\\_07\\_orbiting\\_machines.pdf](http://www.nogw.com/download/_07_orbiting_machines.pdf).
- [http://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/NSS1740\\_14/nss1740\\_14-1995.pdf](http://www.orbitaldebris.jsc.nasa.gov/library/NSS1740_14/nss1740_14-1995.pdf).
- <http://www.physorg.com/news64651857.html>. 2006.
- [http://www.space.com/spacewatch/space\\_junk.html](http://www.space.com/spacewatch/space_junk.html). 2000.
- [http://www.spacedaily.com/reports/Russian\\_Satellite\\_Failure\\_Caused\\_By\\_Space\\_Garbage.html](http://www.spacedaily.com/reports/Russian_Satellite_Failure_Caused_By_Space_Garbage.html). 2006.
- <http://www.universetoday.com/2009/02/II/two-satellites-collide-in-earth-orbit/>.
- Jeff Rense, 2007. *Big Machines Parked in Orbit- Black Ops, Star Wars or ET? Or All of the Above*. [http://www.nogw.com/download/\\_07\\_orbiting\\_machines.pdf](http://www.nogw.com/download/_07_orbiting_machines.pdf).
- Ketcham B, et al., 1967. *Rocket and Space Science Series, Vol I Propulsion*, Amateur Association, W. Foulsham and Co, England.
- Marty D, 1986. *Conception Des Vehicules Spatiaux*, Masson, Paris.
- Robert A. Braeunig, 2006. *Orbital Mechanics, Rocket & Space Technology*.
- Thomson W. T., 1985. *Introduction to Space Dynamics*, Dover Publication Inc, New York.
- Wahyudi H. & Abdul Rahman, 2005. *Penentuan Spesifikasi & General Design Receiver S-Band Penerima Video Satelit LAPAN-TUBSAT*, Tulisan Ilmiah pada Prosiding SIPTEKGAN IX-2005, Seminar Nasional IPTEK Dirgantara, LAPAN, Jakarta.
- William E. Wiesel, 1989. *Spaceflight Dynamics*, Mc. Graw Hill Book Coy, New York.