

PREDIKSI DAN PEMANTAUAN JATUHNYA SATELIT: KASUS SATELIT UARS

Oleh :
Abdul Rachman*
Tiar Dani*

Abstrak

Sampah antariksa yang jatuh ke Bumi perlu dipantau untuk mengetahui seberapa besar potensinya jatuh di negara kita atau daerah geografis lainnya. Terkait dengan ini, Pusat Sains Antariksa LAPAN telah mengembangkan suatu sistem informasi benda jatuh antariksa dan diseminasinya pada tahun 2010. Dalam sistem informasinya digunakan perangkat lunak pemantau otomatis benda jatuh antariksa Track-it dan perangkat lunak propagasi elemen orbit SatEvo untuk memproses data yang didapatkan secara rutin dari USSPACECOM. Hasil analisis dan pemantauan-secara-otomatis didiseminasikan ke masyarakat lewat situs web LAPAN. Sistem tersebut baru-baru ini digunakan untuk memantau jatuhnya satelit UARS milik Amerika Serikat. Sehari sebelum satelit tersebut jatuh, telah dapat diperkirakan bahwa UARS tidak akan jatuh di wilayah Indonesia. Sistem yang dikembangkan berhasil mengamati satelit UARS sejak ketinggiannya di bawah 200 km hingga secara resmi dinyatakan jatuh di atas Samudera Pasifik sekitar pukul 11:16 WIB.

Kata kunci: sampah antariksa, benda jatuh antariksa, sistem informasi, sistem diseminasi, pemantauan

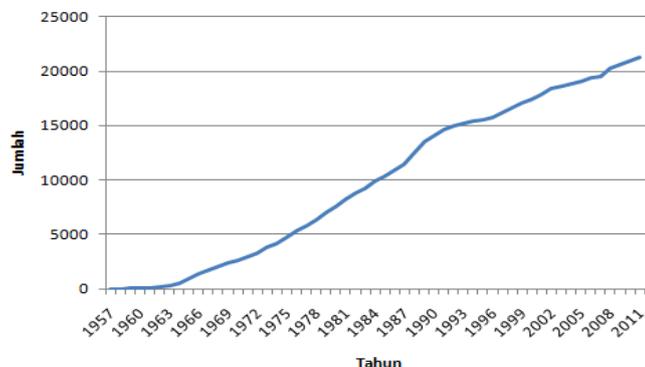
Abstract

Space junk falling to the Earth needs to be monitored to determine how much its potential to fall in our country or other geographical areas. Related to this, Space Science Center of LAPAN has developed a system of information and dissemination of reentered space objects in 2010. The information system uses an automatic software to monitor decaying space objects named Track-it and a software for propagating orbital elements named SatEvo to process data routinely obtained from USSPACECOM. The result of the analysis and from the automatic software are disseminated to the public through LAPAN's website. This system has been used, recently, to monitor the reentry of UARS satellite owned by the United States. One day before reentry, we can already predict that the satellite will not fall on Indonesia. The system successfully monitor UARS since its altitude below 200 km until it is officially declared fall above the Pacific Ocean on September 24, 2011 at around 11:16 WIB.

Key words: Space junk, reentering space object, information system, dissemination system, monitoring

1. PENDAHULUAN

Data menunjukkan bahwa jumlah benda antariksa buatan yang jatuh ke Bumi semakin bertambah. Hingga saat ini jumlahnya telah melebihi 20 ribu benda. Rata-rata satu benda jatuh setiap hari.



Gambar 1.1 Peningkatan jumlah benda jatuh antariksa buatan

* Peneliti di Bidang Matahari dan Antariksa, Pusat Sains Antariksa LAPAN

Sekitar 94% dari benda antariksa buatan yang jatuh adalah sampah yang tidak dapat lagi dikontrol sehingga berisiko terhadap kehidupan di permukaan Bumi. Walaupun risiko ada manusia yang kejatuhan sampah antariksa relatif kecil, pemantauan perlu dilakukan agar secepatnya diperoleh kepastian apakah suatu daerah sudah bisa dinyatakan aman dari kejatuhan atau belum.

Prediksi dan pemantauan jatuhnya sampah antariksa telah beberapa kali dilakukan di Pusat Sains Antariksa (Pussainsa) LAPAN. Diantaranya adalah jatuhnya bekas roket CZ-3A milik Cina pada Oktober 2003, jatuhnya BeppoSax milik Italia pada April 2004, dan jatuhnya satelit UARS milik Amerika Serikat baru-baru ini pada Sept 2011. Hasil analisis (yang sedang dan pernah dilakukan) beserta informasi umum tentang benda jatuh antariksa dan peta pemantauan benda-benda yang berpotensi jatuh di Indonesia dapat diakses masyarakat di situs pemantauan benda jatuh LAPAN (Neflia et al, 2010).

Tulisan ini bermaksud menerangkan bagaimana prinsip prediksi dan pemantauan yang digunakan di Pussainsa LAPAN dengan memakai contoh pemantauan terhadap satelit UARS (Upper Atmosphere Research Satellite). UARS adalah sebuah satelit berbobot hampir 5.6 ton berukuran sebesar bus milik Amerika Serikat yang mengamati atmosfer atas sejak September 1991 hingga Desember 2005. Dengan inklinasi orbit sebesar 57° berarti satelit yang telah menjadi sampah ini berpotensi jatuh di semua daerah di antara 57° LU hingga 57° LS. NASA memperkirakan ketika jatuh dan pecah di atmosfer, 26 komponennya dengan total massa 532 kg dapat sampai ke permukaan Bumi dengan komponen terbesar seberat 158 kg. *Estimated risk casualty risk ~1:3200* (NASA, 2011).

2. DATA DAN PERANGKAT LUNAK YANG DIGUNAKAN

Data elemen orbit rata-rata (TLE) dan prediksi waktu dan lokasi jatuh (benda mengalami *atmospheric reentry* pada ketinggian sekitar 120 km) versi USSPACECOM diperoleh dari Space-Track (www.space-track.org). Hasil prediksinya, yang dinamakan *Tracking and Impact Prediction report* (TIP report), mencakup waktu dan lokasi jatuh yang dikeluarkan 96 jam, 72 jam, 48 jam, 24 jam, 12 jam, 6 jam, dan 2 jam sebelum waktu jatuh yang diperkirakan (NASA, 2008). Prediksi terakhir sebagai *final report* dikeluarkan beberapa jam setelah benda dinyatakan jatuh.

Data aktivitas matahari dalam fluks radio 10.7 cm (disingkat F10.7) dan kejadian *flare* diperoleh dari NOAA (www.swpc.noaa.gov). Perangkat lunak SatEvo v0.51 (www.wingar.demon.co.uk/satevo/) untuk propagasi data TLE. Perangkat lunak Track-it v2.0 untuk menampilkan *groundtrack* (proyeksi lintasan benda di permukaan bumi) dan menampilkan hasil pemantauan *realtime* (diperbarui tiap menit) ke masyarakat via internet (Rachman, 2010a) di situs pemantauan benda jatuh Pussainsa yang beralamat di <http://foss.dirgantara-lapan.or.id/orbit>. Digunakan juga perangkat lunak Orbitron v3.71 (www.stoff.pl) untuk melakukan eksperimen pada simulasi orbit benda yang tidak bisa dilakukan dengan Track-it.

3. METODOLOGI

Teknik yang digunakan pada dasarnya adalah penyempurnaan dari teknik yang sudah dikembangkan sebelumnya (Rachman, 2009) yakni untuk skenario pemantauan benda yang dikabarkan akan jatuh yang informasi prediksi waktu dan lokasi jatuhnya (berikut TLE-nya) tersedia di Space-Track.

Jika TIP report telah tersedia maka segera dibuat plot prediksi waktu jatuh terhadap report time (*reentry time windows*) untuk mengetahui konsistensi perkiraan sejak awal. Berdasarkan TLE yang terbaru dibuat prediksi waktu jatuh memakai SatEvo memakai nilai F10.7 rata-rata dalam sebulan terakhir. Kedua hasil prediksi ini kemudian dibandingkan. Jika TIP report tidak tersedia maka prediksi hanya mengandalkan pada hasil dari SatEvo. Ketersediaan TIP report yang baru diketahui dari inspeksi secara manual dengan mempertimbangkan informasi *next report* di TIP report yang terakhir diperoleh.

Jika galat akurasi pada TIP report yang terakhir diperoleh mencapai kurang dari 24 jam maka data TLE dipropagasi dengan SatEvo untuk memperoleh TLE terakhir sebelum waktu jatuh benda menurut prediksi di TIP Report. TLE terakhir ini digunakan untuk membuat simulasi *groundtrack* di

sekitar waktu jatuh menurut prediksi memakai Track-it. Simulasi dimudahkan dengan memanfaatkan perangkat lunak Orbitron.

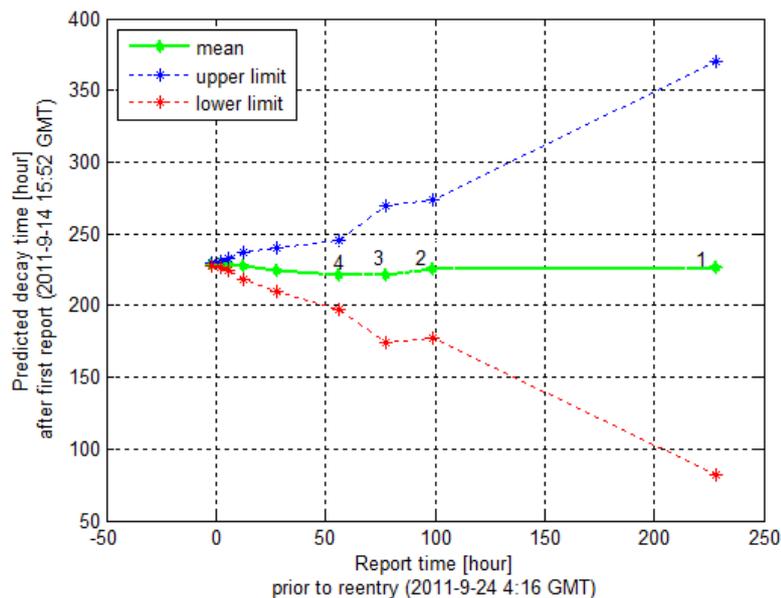
Inspeksi pada *groundtrack* dilakukan secara visual dengan mempertimbangkan ketinggian benda dan kemungkinan jatuhnya di Indonesia. Benda yang akan jatuh umumnya jatuh kurang dari 3 hari jika telah mencapai ketinggian di bawah 200 km. Hanya beberapa jam jika ketinggiannya di bawah 150 km. Umumnya telah jatuh jika ketinggiannya sekitar 122 km (NASA, 2008). Jika benda tidak melintasi Indonesia pada lintasan terakhirnya maka diperkirakan bahwa *reentry* tidak terjadi di atas wilayah Indonesia. Jika satu periode setelah lintasan terakhir (berdasarkan prediksi), benda tetap tidak melintasi Indonesia maka diperkirakan bahwa serpihan benda tidak akan jatuh di Indonesia. Pada umumnya sehari sebelum jatuh, telah dapat diprediksi apakah suatu daerah geografis telah aman atau belum.

Hasil analisis di atas ditampilkan di situs pemantauan benda jatuh Pussainsa. Setelah diperoleh TIP berikutnya (atau beberapa jam berikutnya jika TIP tidak tersedia) langkah-langkah analisis di atas diulang kembali sampai diperoleh konfirmasi dari USSPACECOM bahwa benda telah jatuh. Diasumsikan bahwa konfirmasi didapatkan jika dua *final report* hasilnya konsisten.

Selain hasil analisis, jika *groundtrack* benda yang akan jatuh melintasi Indonesia dengan ketinggian kurang dari 200 km maka secara otomatis lintasannya ditampilkan di peta pemantauan *realtime* yang dihasilkan secara otomatis oleh Track-it. Jika di lintasan terakhirnya benda tidak melintasi Indonesia maka benda tersebut tidak akan terlihat di peta pemantauan *realtime* tadi.

4. HASIL

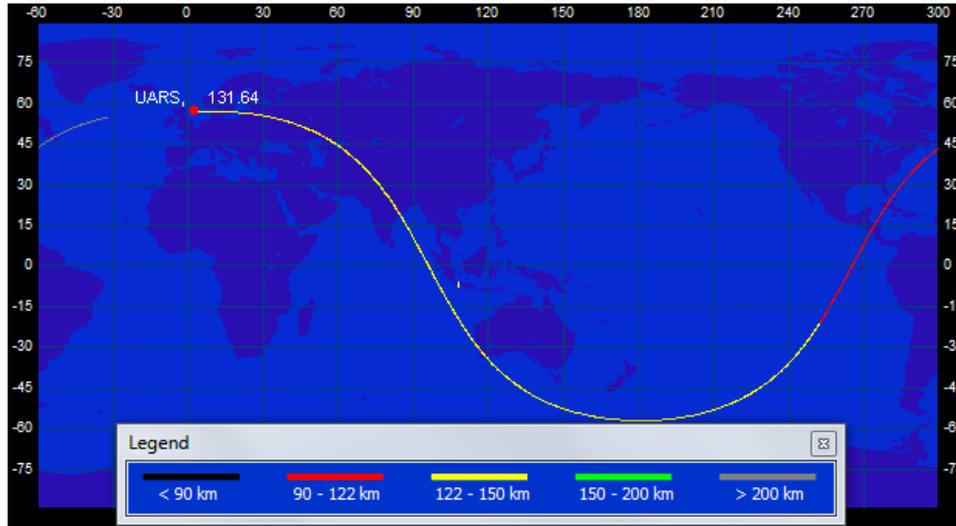
Reentry time windows untuk UARS diperlihatkan pada Gambar 4.1. Pada gambar tersebut hasil *report* pertama diberi label 1, *report* kedua diberi label 2, dan seterusnya. Tiap *report* berisikan *mean*, *upper limit*, dan *lower limit* prediksi waktu jatuh. USSPACECOM sejak 14 Sept 2011 memperkirakan bahwa UARS akan jatuh sekitar tanggal 24 Sept 2011. Sejak *report* pertama (288 jam sebelum *reentry*) hingga *final report* (2 jam setelah *reentry*) rentang *mean predicted reentry time* tidak pernah lebih dari 7.85 jam. Jika *report* dibatasi hanya *report* yang dikeluarkan kurang dari 50 jam *prior to reentry* (mulai *report* kelima) maka didapati rentang ini hanya 4.11 jam. Prediksi dengan SatEvo sejak 19 Sept 2011 dengan F10.7 diambil sebesar 102 sfu memberikan tanggal jatuh yang konsisten dengan USSPACECOM yakni 24 Sept 2011 namun tanpa informasi galat.



Gambar 4.1 *Reentry time windows* untuk satelit UARS dengan memakai semua TIP report sebelum benda jatuh

Pada tanggal 23 Sept 2011 pukul 09:10 WIB Pussainsa LAPAN mengeluarkan *report* #1 berdasarkan TLE dengan epoch 11265.95218509 yang dipropagasi dengan SatEvo sehingga diperoleh TLE dengan epoch 11266.86618787, prediksi waktu jatuh 24 Sept 2011 00:42:00 GMT +/- 15 jam dari TIP report, F10.7 sebesar 102 sfu. Ketinggian UARS di bawah 122 km (umumnya ketinggian benda jatuh antariksa) pada 24 September 2011 pukul 6:35 WIB di Samudera Pasifik melintasi Meksiko (lihat

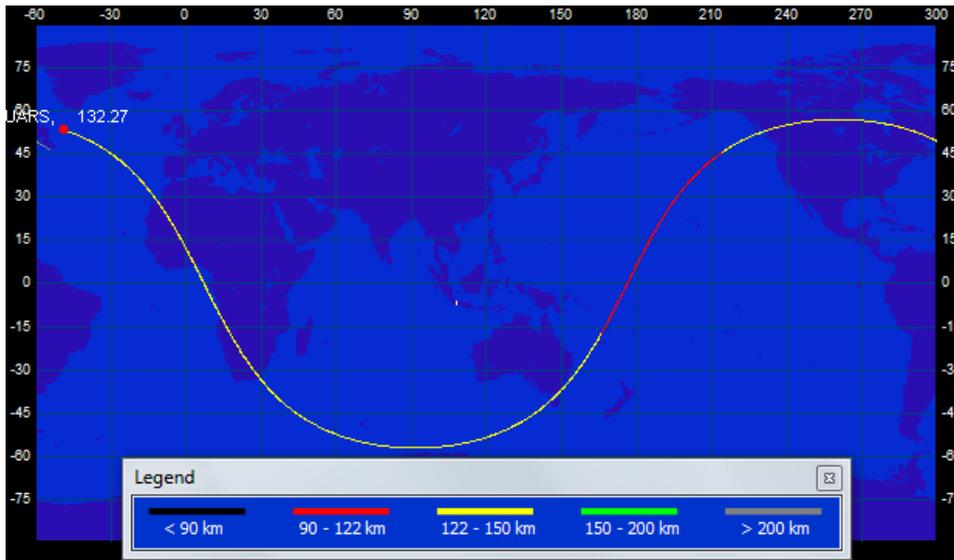
Gambar 4.2). Benda lalu melintasi Samudera Atlantik, Eropa, Iran, Samudera Hindia, selatan Australia, lalu kembali ke Pasifik. Tidak melewati Indonesia hingga pukul 15:17 WIB. Saat itu ketinggiannya 54 km sehingga diperkirakan sudah jatuh sebelumnya. Kesimpulan sementara: Indonesia aman dari kejatuhan UARS.



Gambar 4.2 *Groundtrack* UARS pada 2011-09-24 05:35 hingga 2011-09-24 07:00 WIB

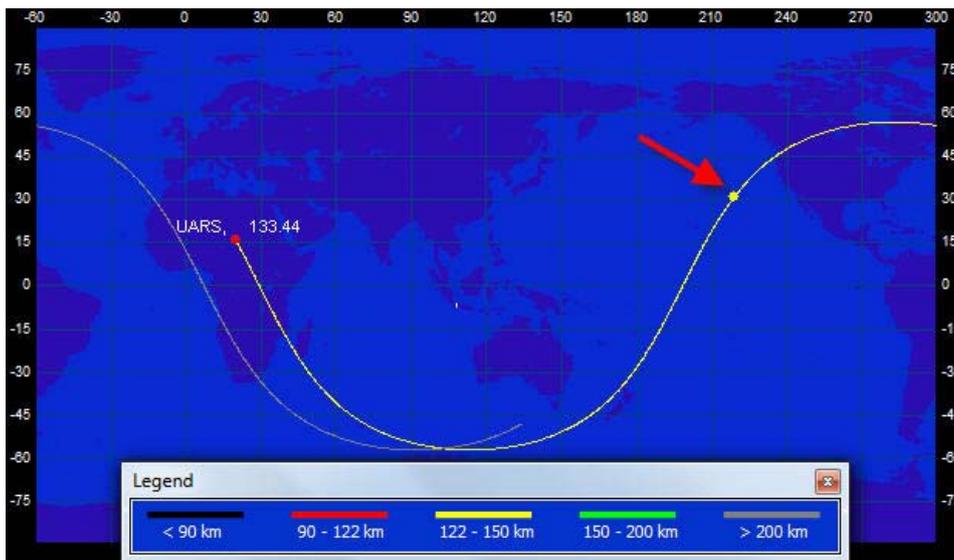
Report kedua, ketiga, keempat, dan kelima berturut-turut dikeluarkan pada tanggal 23 Sept 2011 pukul 14:33 WIB, 17:20 WIB, 19:50 WIB, dan 24 Sept 2011 pukul 06:00 WIB. Semuanya dengan kesimpulan yang sama: Indonesia aman dari kejatuhan UARS.

Report keenam (*report* terakhir sebelum benda jatuh dan merupakan *final report*) dikeluarkan pada 24 Sept 2011 pukul 10:08 WIB. *Report* ini berdasarkan TLE dengan epoch 11267.10904230 yang dipropagasi dengan SatEvo sehingga diperoleh TLE dengan epoch 11267.16947535, prediksi waktu jatuh 24 Sept 2011 04:16:00 GMT +/- 2 jam dari TIP report, F10.7 sebesar 102 sfu. Ketinggian UARS di bawah 122 km pada 24 September 2011 pukul 12:25 WIB di Samudera Pasifik lalu naik di atas 122 km sebelum melintasi Kanada (lihat Gambar 4.3). Benda lalu melintasi Samudera Atlantik, Selatan Afrika, Australia, lalu kembali ke Pasifik. Tidak melewati Indonesia hingga pukul 15:20 WIB. Karena waktu ini di luar *upper limit* dari TIP report yakni 13:16 WIB maka diperkirakan benda sudah jatuh sebelumnya. Kesimpulan tetap sama: Indonesia aman dari kejatuhan UARS.



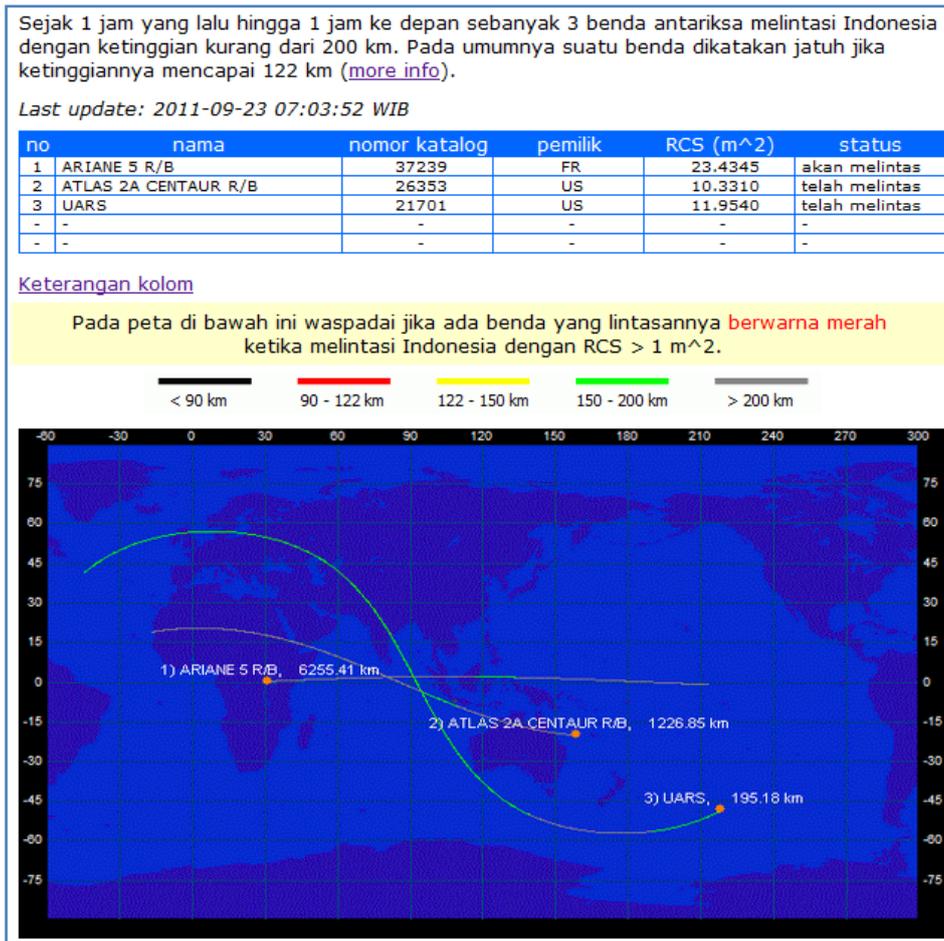
Gambar 4.3 Groundtrack UARS pada 2011-09-24 11:30 hingga 2011-09-24 13:00 WIB

Sekitar pukul 14:00 WIB USSPACECOM mengeluarkan *final report* kedua yang isinya mengkonfirmasi *final report* sebelumnya bahwa UARS jatuh pada 24 Sept 2011 pukul 11:16 WIB +/- 53 menit. Lokasinya di Pasifik sebelum memasuki wilayah Kanada (lihat Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Prediksi lokasi jatuh UARS berdasarkan TLE terakhir dan final TIP report sebelum benda dinyatakan jatuh

Informasi yang ditayangkan di situs Pemantauan benda jatuh LAPAN terus diperbarui berdasarkan hasil analisis di atas sejak 20 Sept 2011 hingga 24 Sept 2011 pukul 14:10 WIB. Peta pemantauan *realtime* juga sempat menampilkan satelit UARS (lihat Gambar 4.5).



Gambar 4.5 Tampilan report Track-it yang bisa diakses di situs pemantauan benda jatuh LAPAN

5. PEMBAHASAN

Prediksi waktu jatuh yang dikeluarkan oleh USSPACECOM dengan rentang *mean predicted reentry time* sebesar 4.11 jam (jika dibatasi hanya *report* yang dikeluarkan kurang dari 50 jam sebelum satelit jatuh) nilainya 1.5 kali lebih besar dari rata-rata *mean predicted reentry time* untuk 47 sampah yang jatuh sejak Maret 2009 hingga Maret 2010 (Rachman, 2010b). Besarnya nilai ini diduga terkait dengan peningkatan aktivitas matahari menuju puncak siklus ke-24 dan perubahan sikap (*attitude*) satelit karena mengalami *tumbling* (Space.com, 2011).

Pada umumnya, sehari sebelum benda jatuh telah dapat diprediksi apakah suatu daerah geografis telah dapat dianggap aman dari kejatuhan benda atau belum (Klinkrad, 2011). Hasil analisis di Pussainsa LAPAN bersesuaian dengan ini. *Report* yang dikeluarkan LAPAN sejak awal (23 Sept 2011 pagi) hingga akhir (setelah satelit dinyatakan jatuh 24 Sept 2011 siang) memberikan hasil yang konsisten dan bersesuaian dengan *report* USSPACECOM. Hasil analisis ini berhasil didiseminasikan ke masyarakat melalui situs pemantauan benda jatuh LAPAN berkat koneksi internet yang lancar.

Prosedur yang dikembangkan dapat dinilai sukses untuk kasus jatuhnya UARS. Pada kasus lain bisa saja TIP reports tidak tersedia sehingga prediksi hanya mengandalkan pada perangkat lunak SatEvo. Perangkat ini telah dibuktikan mampu menghasilkan prediksi yang konsisten dengan prediksi yang pernah dilakukan oleh Space Control Center (Pickup, 2004).

Kendala yang paling terasa saat melakukan pemantauan adalah ketersediaan TIP report yang baru diketahui dari inspeksi secara manual. Belum dikembangkan teknik untuk memperolehnya secara otomatis. Kendala lain adalah Track-it belum dilengkapi dengan fasilitas untuk mem-filter benda yang baru saja jatuh. Dalam katalog terbaru yang digunakan Track-it (diperoleh dari Space-Track), benda yang baru saja jatuh tidak serta merta diberikan label jatuh sehingga memungkinkan benda tersebut

masih tampil di peta pemantauan *realtime*. Solusinya yang direncanakan adalah memberi masukan secara manual ke Track-it bahwa benda bersangkutan sudah jatuh.

Berkat keberhasilan pemantauan di Pussainsa LAPAN, Pusat tersebut dan situs pemantauan benda jatuh yang dibuatnya menjadi salah satu sumber informasi utama tentang jatuhnya satelit UARS. Banyak media cetak dan elektronik di Indonesia yang memanfaatkan informasi yang dihasilkan oleh Pussainsa LAPAN. Berikut ini link beberapa berita dari Detik, Kompas, dan MetroTV:

- <http://www.detiknews.com/read/2011/09/24/152120/1729616/10/satelit-uars-jatuh-di-atas-samudera-pasifik-pecahan-ditemukan-di-kanada>
- <http://metrotvnews.com/read/newsvideo/2011/09/23/136474/LAPAN-Satelit-UARS-tidak-Jatuh-di-Indonesia>
- <http://sains.kompas.com/read/2011/09/24/15575457/UARS.Jatuh.di.Wilayah.Kanada>
- <http://techno.okezone.com/read/2011/09/19/56/504360/bila-jatuh-ke-indonesia-satelit-uars-tak-bahaya>

Keberhasilan ini melanjutkan prestasi pemantauan benda jatuh sebelumnya yang dilakukan oleh Pussainsa (sebelumnya Pusfatsainsa) LAPAN diantaranya pada saat jatuhnya satelit BeppoSax pada April 2003.

6. KESIMPULAN

Sampah antariksa yang jatuh ke Bumi perlu dipantau agar bisa diketahui lebih dini apakah negara kita (atau daerah geografis lainnya) dapat dinyatakan aman dari kejatuhan benda tersebut atau belum. Prosedur dan sistem yang dikembangkan di Pusat Sains Antariksa LAPAN telah terbukti berhasil digunakan untuk memantau jatuhnya satelit UARS milik Amerika Serikat pada 24 September 2011. Teknik yang digunakan merupakan penyempurnaan dari teknik yang sudah dikembangkan sebelumnya di Pussainsa LAPAN.

Melalui sistem diseminasi yang dikembangkan sejak tahun 2010, masyarakat dengan mudah mengetahui berbagai hal terkait dengan jatuhnya satelit UARS di situs pemantauan benda jatuh LAPAN yang beralamat di <http://foss.dirgantara-lapan.or.id/orbit>. Di situs tersebut masyarakat dapat melihat lintasan UARS ketika melewati Indonesia serta mengetahui prediksi waktu dan lokasi jatuhnya khususnya potensi jatuhnya di wilayah Indonesia. Berkat keberhasilan pemantauan satelit UARS dan diseminasinya, Pussainsa LAPAN mampu kembali menjadi salah satu sumber informasi jatuhnya benda antariksa untuk lingkup Indonesia.

7. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada USSPACECOM atas data elemen orbit dan prediksi benda jatuh di Space-Track juga NOAA atas data cuaca antariksanya. Terima kasih kepada Alan Pickup yang membuat perangkat lunak SatEvo dan Sebastian Stoff yang membuat Orbitron. Terima kasih juga kepada semua rekan-rekan yang mendukung pemantauan satelit UARS di Pussainsa LAPAN termasuk Ibu Erma Yulihastin yang turut mengikuti dan menginformasikan media-media yang memanfaatkan informasi hasil analisis dan pemantauan di Pussainsa LAPAN.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Klinkrad, Heiner. *The re-entry of the ROSAT satellite and the risks*. Dowload dari http://www.dlr.de/dlr/en/Portaldata/1/Resources/documents/ROSAT_klinkrad_en.pdf, 2011
- NASA. *Handbook for Limiting Orbital Debris*. NASA Handbook, 2008.
- NASA. *Re-entry and Risk Assessment for the NASA Upper Atmosphere Research Satellite (UARS)*. NASA Orbital Debris Program Office, Lyndon B. Johnson Space Center, 2011.
- Neflia, A. Rachman, N. Ahmad, T. Dani, T. Djamaluddin. *Upgrading on Dissemination System for Spacecraft Reentry*, Proceeding of International Workshop on Space Weather in Indonesia (IWSWI), 2010.

- Pickup, Alan. *Satellite Decay Watch Notices.* , 2004
<http://www.wingar.demon.co.uk/satevo/dkwatch/>
- Rachman, Abdul dan T. Djamaluddin. *Pemantauan Benda Jatuh Antariksa dan Analisisnya*, Jurnal Sains Dirgantara, vol. 7, no. 1 Desember 2009.
- Rachman, Abdul dan Tiar Dani, 2010a. *Pengembangan Perangkat Pemantau Otomatis Benda Jatuh Antariksa*, Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa V, Nop 2010.
- Rachman, Abdul, 2010b. Laporan bulan Juni 2010 penelitian berjudul *Upgrading Sistem Diseminasi Informasi Benda Jatuh Antariksa dari Temporer menjadi Mingguan*. Pusfatsainsa LAPAN 2010. Tidak dipublikasikan.
- Space.com, 2011.
<http://www.space.com/13066-falling-satellite-uars-tumbling-reentry-timing.html>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS

DATA UMUM

Nama Lengkap : Abdul Rachman, S.Si
Tempat & Tgl. Lahir : Makassar / 29 Nopember 1974
Jenis Kelamin : Pria
Instansi Pekerjaan : LAPAN
NIP. / NIM. : 19741129.200501.1.003
Agama : Islam
Status Perkawinan : Menikah

DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMAN 5 Makassar Tahun: 1993
STRATA 1 (S.1) : Astronomi ITB Tahun: 2000

ALAMAT

Alamat Rumah : Jl.Cipedes Tengah GG Cipedes 6 NO. 125A, Bandung
HP. : 081-321-634-214
Alamat Kantor / Instansi : JL. DR. Djunjunan 133 Bandung
Telp. : 022-6012602
E-mail : abdul@bdg.lapan.go.id