

ANALISIS POTENSI ANOMALI SATELIT-SATELIT ORBIT RENDAH DALAM SIKLUS MATAHARI KE-23 [ANALYSIS OF POTENTIAL ANOMALY FOR LOW ORBITING SATELLITES IN SOLAR CYCLE 23]

Nizam Ahmad

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, Lapan

Pasca Sarjana Program Studi Astronomi - ITB

e-mail: nizam@bdg.lapan.go.id

Diterima 15 Februari 2012; Disetujui 17 April 2012

ABSTRACT

Analysis of potential anomalies on low orbiting satellite can be done by using satellite anomaly reports from the satellite operator. This analysis uses some data such as sunspot numbers (SSN), solar radiation flux index (F10.7), Kp and Dst indices and particle flux data which is scattered along low earth orbit. The satellites which are found within the distribution of protons and electrons are assumed to interact directly with those particles and gave a varied influence on satellites. This analysis showed that the dominant satellite orbit decay was occurred at the peak of solar activity in 2000 whereas the dominant satellite anomaly was occurred in 2003. This analysis also showed that attitude control system (ACS) on satellites was most susceptible to damage. Analysis on unknown satellite anomalies such as Fuse (1), Fuse (2) and Monitor-E gave probably caused by the influence of increased plasma by the time geomagnetic storms occurred. Other anomalies on Kirari, Obrview 3 and HST satellites were probably caused by satellite internal problem itself. Analysis on some satellites used for case studies such as Tiros 10 satellite, Landsat 5, Oceansat 1 and CBERS 1 gave information that all of those satellites were potentially to experience anomalies at one time and most of those anomalies are probably caused by protons and electrons with flux varies following solar activity. Analysis of this potential anomaly is very useful in establishing an early warning system related to satellites operational disturbances in space.

Keywords: *Satellite Anomaly, Proton, Electron*

ABSTRAK

Analisis potensi anomali pada satelit-satelit orbit rendah bumi dapat dilakukan berdasarkan data anomali satelit dari operator satelit. Analisis ini menggunakan data bilangan sunspot (SSN), indeks F10,7, indeks Kp dan Dst serta data energi dan fluks partikel yang tersebar di orbit rendah bumi. Satelit-satelit yang berada dalam wilayah sebaran proton dan elektron diasumsikan berinteraksi langsung dengan partikel dan memberikan pengaruh yang bervariasi pada satelit. Analisis memperlihatkan bahwa kasus peluruhan orbit satelit dominan terjadi pada saat puncak aktivitas matahari, sedangkan kasus anomali satelit dominan terjadi pada tahun 2003. Analisis kejadian anomali juga memperlihatkan bahwa sistem kontrol sikap satelit paling rentan mengalami kerusakan. Identifikasi terhadap satelit-satelit yang belum diketahui penyebab anomalnya seperti Fuse (1), Fuse (2) dan Monitor-E memberikan informasi bahwa kemungkinan besar anomali dipengaruhi oleh peningkatan plasma ketika

terjadi badai geomagnet. Anomali pada satelit Kirari, Obrview 3 dan HST diduga terkait dengan masalah pada sistem satelit sendiri. Analisis pada beberapa satelit yang digunakan untuk studi kasus seperti satelit Tiros 10, Landsat 5, Oceansat 1 dan CBERS 1 memberikan informasi bahwa semua satelit tersebut berpotensi mengalami anomali pada suatu waktu dan kebanyakan disebabkan oleh proton dan elektron dengan variasi fluks. Analisis potensi anomali ini sangat bermanfaat dalam membangun sistem peringatan dini gangguan operasional satelit-satelit Indonesia pada masa mendatang.

Kata kunci: *Anomali Satelit, Proton, Elektron*

1 PENDAHULUAN

Puncak aktivitas matahari siklus 24 diperkirakan akan terjadi pada bulan Mei tahun 2013 (http://science.nasa.gov/headlines/y2009/29may_noaaprediction.htm). Peningkatan aktivitas matahari memicu perubahan signifikan pada kondisi cuaca antariksa seperti peningkatan energi dan jumlah fluks partikel, naiknya kerapatan atmosfer dan terjadinya badai magnet bumi yang berdampak terutama pada sistem teknologi satelit yang ditempatkan baik pada ketinggian orbit rendah maupun orbit tinggi (Hasting dan Garret, 1996). Pola siklus aktivitas matahari memiliki kemiripan pada setiap siklus. Hal ini menyebabkan dampak peningkatan aktivitas matahari pada orbit dan teknologi satelit untuk dapat dipelajari dengan baik. Misalnya puncak aktivitas matahari pada siklus 22 sekitar tahun 1989-1990 dilaporkan terdapat sekitar 464 kasus anomali satelit. Pola ini juga terlihat ketika terjadi puncak aktivitas matahari siklus 23 sekitar tahun 2000-2001, dilaporkan terdapat sekitar 41 kasus anomali satelit. Peningkatan kasus anomali satelit ini juga diperkirakan akan terjadi pada siklus matahari 24 yang mencapai maksimum sekitar pertengahan tahun 2013. Gejalanya telah terlihat dari sejak tahun 2005 berdasarkan laporan bahwa terdapat kejadian anomali satelit sebanyak 23 kasus, tahun 2006 sebanyak 21 kasus, tahun 2007 sebanyak 28 kasus, tahun 2008 sebanyak 24 kasus dan tahun 2009 sebanyak 21 kasus, tahun 2010 sebanyak 14 kasus dan awal tahun 2011 sebanyak 3 kasus. Semua kasus tersebut dialami oleh satelit-satelit yang ditempatkan di ketinggian orbit rendah maupun orbit tinggi bumi (<http://www.sat-nd.com/failures>).

Pada periode tahun-tahun sebelumnya juga tercatat bahwa dari tahun 1990-2001, sejumlah satelit yang dilaporkan mengalami anomali, yaitu sekitar 31 kasus atau 4,07 % dari total peluncuran (Robertson and Stoneking, 2001). Bagian sub sistem satelit yang kerap mengalami anomali adalah sistem kontrol sikap satelit (*Attitude Control System-ACS*), pendorong (*Propulsion*), sistem tenaga listrik (*Electrical Power System-EPS*), sistem komando dan pengolah data (*Command & Data Handling-C&DH*), struktur mekanik (*Mechanical-MECH*), sistem perangkat lunak (*Software*), muatan (*Payload*) dan lainnya.

Tidak semua kasus anomali satelit dilaporkan secara bebas di internet. Ada beberapa kasus kerusakan satelit yang dilaporkan dan dapat diakses melalui internet seperti pada situs <http://www.sat-nd.com/failures>. Laporan anomali satelit meliputi kasus anomali baik yang ditempatkan di orbit rendah maupun orbit tinggi. Pada situs ini dapat dilihat bahwa beberapa satelit komersil dilaporkan mengalami anomali. Hal ini disebabkan oleh beberapa hal diantaranya tingkat kerusakan satelit yang parah sehingga sulit untuk dipulihkan (*recovery*) sehingga operator satelit memiliki strategi untuk melaporkan kasus tersebut dengan harapan para operator satelit lainnya dan peneliti terkait dapat memberikan masukan mengenai penyebab anomali dan

bagaimana mengatasi anomali tersebut. Alasan lainnya adalah misi satelit yang dirancang untuk edukasi, percobaan, pemantauan dan lainnya yang bukan untuk komersil, maka pada umumnya bila terjadi masalah atau kerusakan, para operator dapat memberikan laporan anomali. Laporan bertujuan agar kasus kerusakan dapat dipelajari bersama yang nantinya berguna untuk langkah mitigasi kasus serupa pada masa mendatang. Beberapa kasus anomali satelit yang disebabkan oleh cuaca antariksa seperti tumbukan partikel pada sistem satelit maupun aktivitas geomagnet yang mempengaruhi instrumen/sensor yang terdapat pada satelit (Barth dan Gorsky, 1997). Satelit-satelit yang digunakan dalam analisis adalah satelit-satelit yang berada di orbit rendah bumi (*Low Earth Orbit*) dengan ketinggian di bawah 1000 Km dari atas permukaan bumi.

Anomali satelit secara sederhana menyatakan kondisi satelit yang tidak lazim akibat gangguan luar yang tidak dapat diperkirakan secara pasti. Jenis-jenis anomali diantaranya pemuatan (*charging*) yang memiliki beberapa variasi bergantung pada tingkat energi dan dampaknya pada satelit, hambatan satelit, pergeseran orientasi arah satelit dan sebagainya. Pada umumnya fenomena anomali satelit disebabkan oleh partikel bermuatan di sekitar lingkungan satelit (<http://www.swpc.noaa.gov/info/Satellites.html>).

Analisis potensi anomali ini sangat diperlukan oleh setiap lembaga yang memiliki aset teknologi berbasis satelit untuk mengurangi kegagalan operasional satelit di angkasa, termasuk LAPAN (Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional) sebagai satu-satunya lembaga antariksa di Indonesia yang memiliki program pembuatan, pengembangan dan penempatan satelit di orbit sebagai suatu program kemandirian bangsa. Program ini telah dimulai dengan beroperasinya satelit LAPAN TUBSAT dari tahun 2007-sekarang dan akan diluncurkannya satelit LAPAN A2 yang rencananya akan dilakukan pada pertengahan tahun 2012 dan kemudian dilanjutkan dengan program pengembangan satelit LAPAN A3 ke depannya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi anomali satelit-satelit orbit rendah bumi menjelang puncak aktivitas matahari siklus 24 dengan sasaran diperolehnya besar potensi gangguan cuaca antariksa untuk beberapa satelit orbit rendah yang melintas pada suatu wilayah distribusi partikel di atas permukaan bumi. Hasilnya dapat menjadi rekomendasi dalam upaya mengoptimalkan kinerja satelit-satelit orbit rendah milik Indonesia selama beroperasi. Fokus penelitian ini meliputi satelit-satelit orbit rendah yang tidak dilaporkan mengalami anomali.

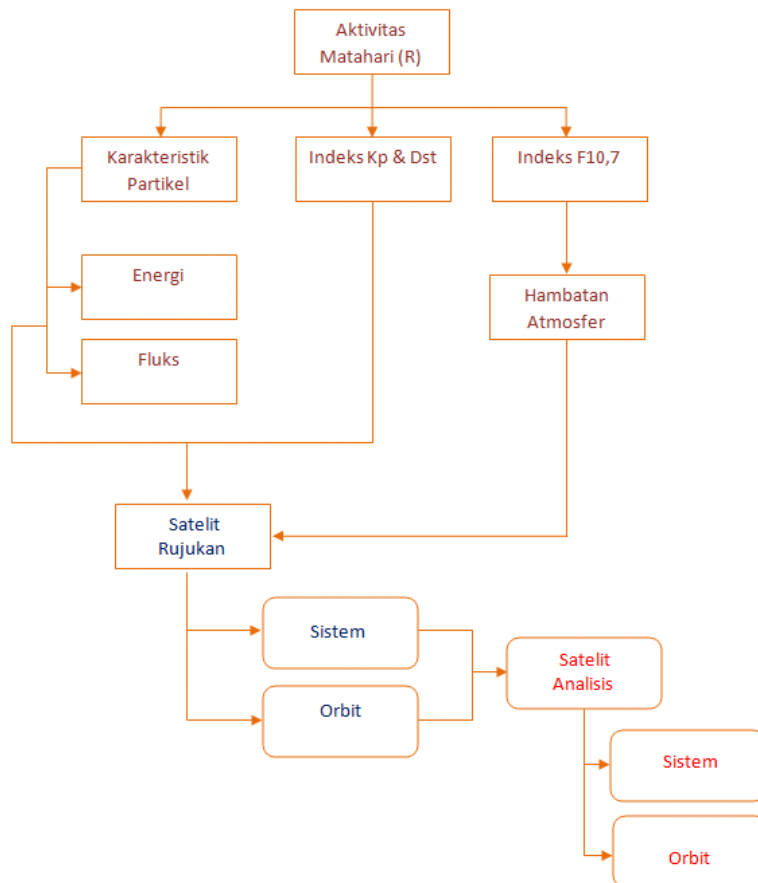
2 DATA

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data parameter cuaca antariksa, yaitu data bilangan *sunspot*, indeks F10,7, energi dan fluks partikel proton dan elektron serta indeks Kp dan Dst yang bisa diakses melalui situs <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>, <http://www.swpc.noaa.gov/Data/goes.html>, www.ngdc.noaa.gov/stp/NOAA/noaa_poes.html, <http://www.swpc.noaa.gov>, dan lain lain. Untuk data bilangan *sunspot*, indeks F10,7, indeks Kp dan Dst yang digunakan adalah data harian, sedangkan data energi dan fluks partikel adalah data NOAA dengan resolusi waktu 16 detik. Indeks Kp yang dimaksud dan dicantumkan disini adalah nilai ΣKp ($Kp \times 10$). Penulisan Kp bukan ΣKp hanyalah untuk mempermudah dan sekaligus menyesuaikan penulisan simbol hasil plot data yang bersumber dari omniweb (<http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>). Untuk data anomali satelit, digunakan satelit-satelit orbit rendah yang telah dilaporkan secara pasti mengalami anomali,

adalah data di atas tahun 2000. Data ini dapat diakses pada situs <http://www.sat-nd.com>. Untuk data satelit yang akan dianalisis dan sekaligus menjadi fokus utama penelitian ini adalah satelit-satelit orbit rendah yang tidak dilaporkan mengalami anomali. Satelit-satelit yang akan dipilih adalah satelit-satelit yang mirip dengan satelit-satelit rujukan yang dilaporkan mengalami anomali terutama dalam hal orbit dan bahan (material) strukturnya. Data orbit satelit ini dapat diakses pada situs <http://space-track.org>.

3 METODOLOGI

Bilangan *sunspot* (*Sunspot Number*-SSN) dan indeks fluks radiasi matahari, F10,7 digunakan sebagai rujukan untuk melihat besar perubahan pada parameter cuaca antariksa lainnya. Pola ini akan terlebih dahulu meninjau pola bilangan *sunspot* dan indeks F10,7 pada siklus 23 sebagai studi kasus dan kemudian menerapkan metoda yang sama untuk melihat pola beberapa parameter cuaca antariksa lainnya. Alasan pengambilan siklus 23 dikarenakan satelit-satelit yang digunakan sebagai rujukan semuanya berada pada rentang tahun 2000–2009. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1: Diagram metodologi analisis potensi anomali

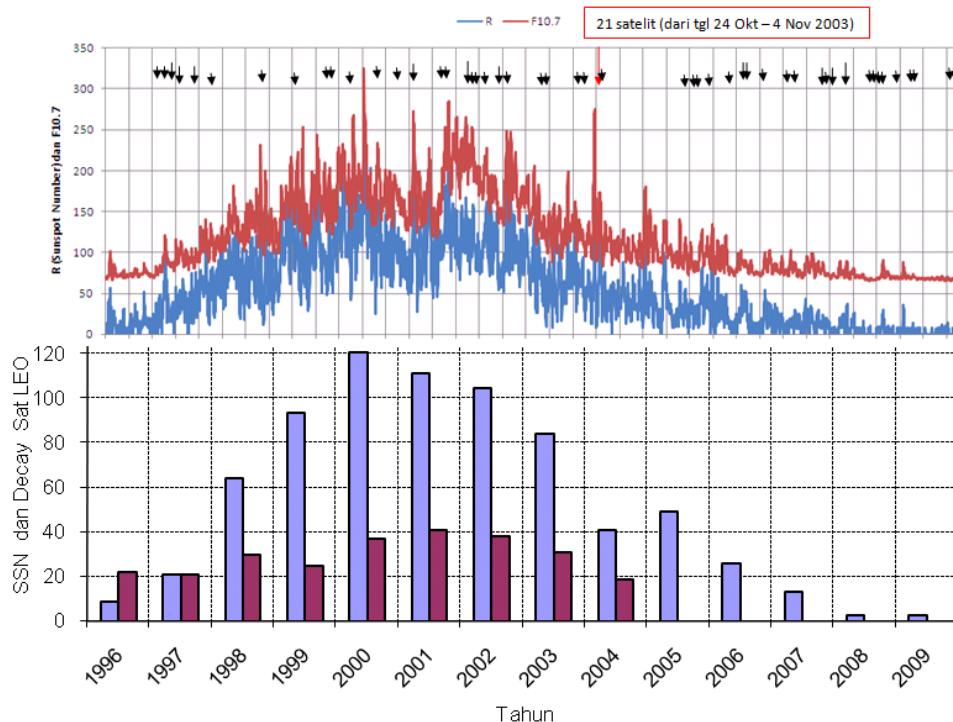
Metode pola variasi ini telah dilakukan dalam penelitian yang dilakukan oleh Ahmad dan Kesumaningrum (2010) sehingga dalam penelitian sekarang mengambil hasil yang telah diperoleh. Dalam hal ini ada tiga parameter yang menjadi tinjauan awal dalam menganalisis potensi anomali satelit, pertama yaitu menganalisis wilayah distribusi partikel di permukaan bumi dan sekaligus menentukan karakteristik partikel

tersebut yang menyebabkan anomali pada satelit melalui tinjauan energi dan fluksnya. Parameter yang kedua adalah variasi aktivitas geomagnet melalui indeks Kp dan Dst serta pengaruhnya terhadap sistem satelit. Parameter yang ketiga adalah variasi radiasi matahari di lapisan atmosfer atas bumi melalui indeks F10,7 yang berpengaruh langsung terhadap nilai hambatan atmosfer di wilayah penempatan satelit. Hambatan atmosfer terkait langsung dengan laju penurunan ketinggian orbit satelit (Hasting dan Garret, 1996).

Analisis terhadap ketiga parameter tersebut diharapkan memberikan informasi mengenai karakteristik parameter cuaca antariksa penyebab gangguan orbit dan anomali satelit. Analisis parameter pertama dilakukan pada interaksi parameter tersebut pada satelit-satelit yang dilaporkan mengalami anomali (*satellite anomaly reported*) dengan meninjau dampak kerusakannya pada sistem dan gangguan pada orbit satelit (bila ada). Hasil studi ini akan digunakan sebagai rujukan untuk menganalisis potensi anomali pada satelit-satelit yang tidak dilaporkan mengalami anomali. Dalam hal ini ada dua kemungkinan nantinya bahwa satelit-satelit tersebut pernah mengalami anomali, hanya saja tidak ada laporan dari operator dan bisa diakses secara terbuka melalui internet atau bisa jadi memang satelit tersebut tidak pernah mengalami anomali satelit sama sekali sehingga tidak ada laporannya. Namun pada umumnya satelit yang ditempatkan di ketinggian orbit LEO dan GEO berpotensi mengalami anomali dari cuaca antariksa, baik pada saat aktivitas matahari minimum ataupun maksimum. Analisis parameter kedua digunakan untuk mengetahui dampak aktivitas geomagnet terhadap operasional satelit, sedangkan parameter ketiga digunakan untuk mengetahui dampak radiasi matahari pada orbit satelit.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis data bilangan *sunspot* dan indeks F10,7 untuk siklus 23 memperlihatkan pola variasi bilangan *sunspot* (SSN) dan indeks F10,7 serta statistik kejadian anomali dan peluruhan orbit satelit seperti pada Gambar 4-1.



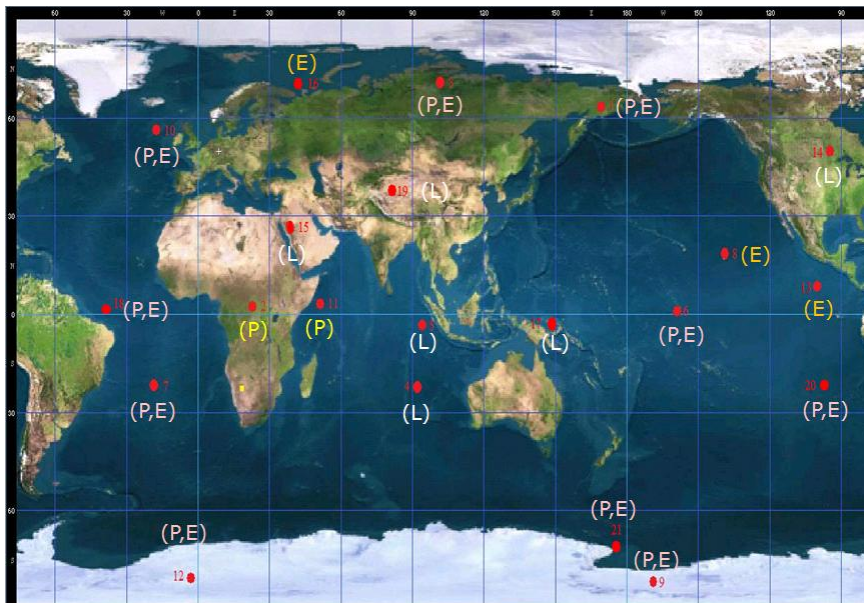
Gambar 4-1: Pola SSN, F10,7 dan statistik kasus anomali satelit serta peluruhan orbit siklus 23

Pada Gambar 4-1 dapat dilihat bahwa selama siklus matahari 23, kejadian anomali satelit dominan terjadi pada tahun 2003 (panel atas) sedangkan kasus peluruhan orbit satelit dominan terjadi dalam periode waktu tahun 2000 hingga tahun 2003 (panel bawah). Analisis ini belum mempertimbangkan akurasi mengingat data yang digunakan adalah data yang tersedia dan dapat diperoleh sehingga tidak mewakili untuk analisis satelit-satelit yang tidak dilaporkan mengalami anomali.

4.1 Anomali Satelit Orbit Rendah

Kasus anomali satelit yang digunakan sebagai rujukan adalah kasus anomali satelit orbit rendah dari tahun 2000–2009 yang telah dianalisis sumber partikel pemicu terjadinya anomali dalam penelitian mengenai analisis distribusi partikel energetik melalui satelit NOAA (Ahmad, 2010). Analisis tersebut diperkuat dengan menggunakan data variasi tingkat aktivitas geomagnet untuk menjawab beberapa kasus yang ditemukan bukan bersumber dari partikel proton dan elektron. Dalam penelitian ini juga mencoba untuk mengidentifikasi bagian sub sistem satelit yang kerap mengalami anomali. Keseluruhan informasi yang diperoleh akan digunakan untuk menganalisis potensi anomali satelit orbit rendah lainnya yang tidak dilaporkan mengalami anomali.

Analisis terhadap sumber penyebab anomali satelit-satelit orbit rendah yang dilaporkan pada situs <http://sat-nd.com/failures> memberikan informasi bahwa sebanyak 10 kasus anomali satelit diperkirakan disebabkan oleh proton (P) dan elektron (E) secara bersamaan, 2 kasus anomali satelit disebabkan oleh proton dan 3 kasus anomali satelit disebabkan oleh elektron (Ahmad, 2010). Distribusi anomali satelit di permukaan bumi serta prakiraan penyebab anomali dapat dilihat pada Gambar 4-2.



Gambar 4-2: Distribusi dan prakiraan penyebab anomali satelit LEO (Ahmad, 2010)

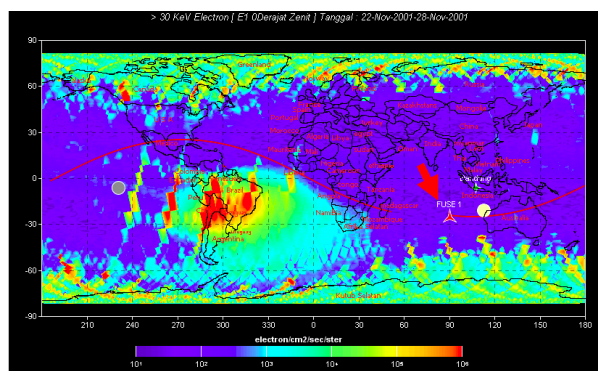
Gambar 4-2 memperlihatkan sebaran posisi satelit-satelit orbit rendah ketika dilaporkan mengalami kejadian anomali. Angka-angka pada titik merah menyatakan daftar urut satelit-satelit pada Tabel 4-1 disertai dengan kode prakiraan penyebab anomali tersebut terdiri dari proton (P), elektron (E) dan dari sumber lainnya (L). Bagian sub sistem satelit yang kerap mengalami anomali dari 21 buah kasus juga dapat dilihat pada Tabel 4-1.

Tabel 4-1: LAPORAN KEJADIAN ANOMALI SATELIT ORBIT RENDAH (<http://sat-nd.com/failures>)

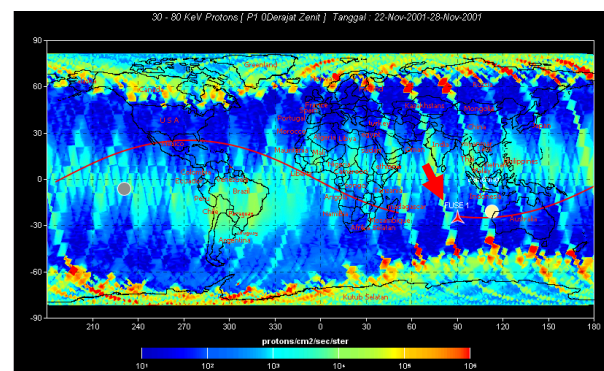
Nama Satelit	Waktu Anomali	Ketinggian orbit (km)	Anomali pada sub sistem	Prakiraan Penyebab
ERS 1	10-Mar-00	772	ACS	P,E
ASCA (Astro-D)	15-Jul-00	140	ACS	P
Terra	26-Oct-00	702	COMM	P,E
FUSE	25-Nov-01	752	ACS	L
FUSE	10-Dec-01	752	ACS	L
Yohkoh	15-Dec-01	159	ACS	P,E
Aqua	27-Jun-02	702	EPS/ACS	P,E
Radarsat 1	27-Nov-02	792	ACS	E
Radarsat 1	30-Dec-02	792	ACS	P,E
Landsat 7	31-May-03	702	PAY	P,E
ICESat	30-Mar-03	595	PAY	P
Midori [ADEOS] II	24-Oct-03	805	EPS/ACS	P,E
DART	15-Apr-05	554	PROP/ACS	E
Monitor-E	18-Oct-05	527	ACS	L
Kirari [OICETS]	24-Nov-05	593	ACS	L
KOMPASS 2	29-May-06	422	EPS/COMM	E
HST	30-Jun-06	564	ACS	L
MetOp-A	04-Nov-06	821	PAY/COMM	P,E
Orbview 3	04-Mar-07	707	PAY	L
Orbcomm	10-Nov-08	758	EPS/ACS	P,E
Orbcomm	22-Feb-09	758	EPS/ACS	P,E

Prakiraan penyebab anomali satelit di Tabel 4-1 bersumber dari proton dan elektron (P,E) atau proton (P) / elektron (E), namun ada beberapa satelit yang belum dapat diidentifikasi sehingga pada prakiraan awal kemungkinan penyebab anomali bukan dari proton atau elektron. Dalam hal ini akan ditinjau ulang dengan menggunakan data partikel dan aktivitas geomagnet (Kp dan Dst) serta dengan menggunakan metoda yang telah pernah diuji coba pada penelitian mengenai analisis penyebab anomali satelit akibat aktivitas geomagnet (Ahmad, 2009) dengan mengambil rentang waktu 3 hari sebelum dan sesudah waktu anomali dilaporkan. Hasil posisi dan tingkat aktivitas geomagnet bersesuaian dengan kejadian anomali satelit dapat dilihat pada Gambar 4-3 hingga Gambar 4-8. Anomali pada satelit Fuse (1) berarti kejadian anomali pada satelit tersebut pertama kali, sedangkan Fuse (2) berarti kejadian anomali kedua kalinya.

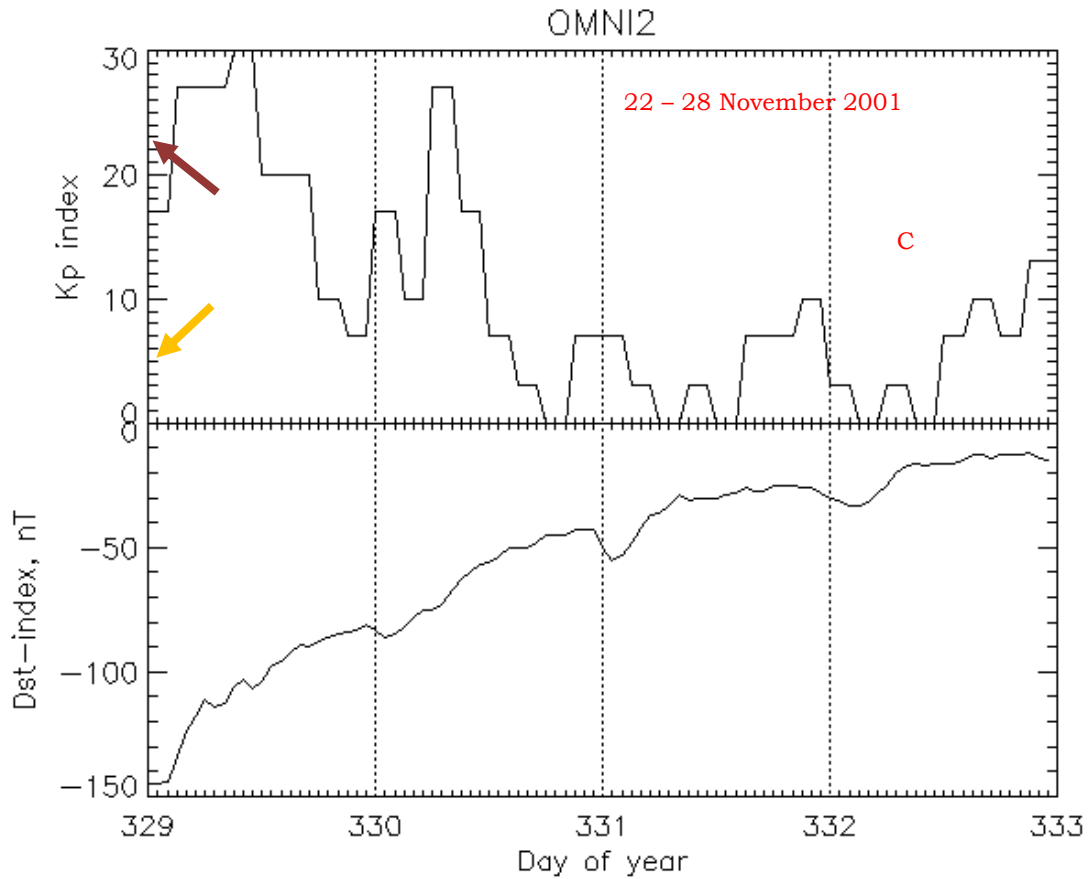
1. Satelit FUSE (1)



Elektron : E > 30 keV



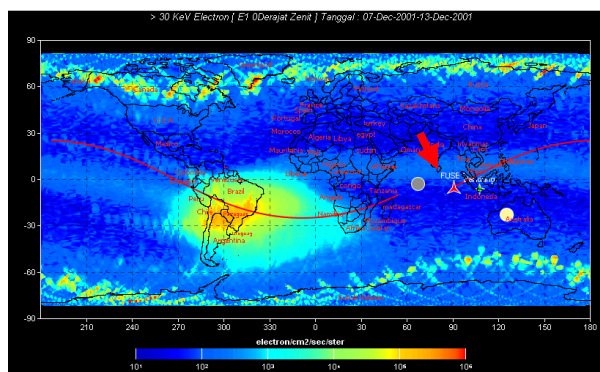
Proton : 80 < E < 240



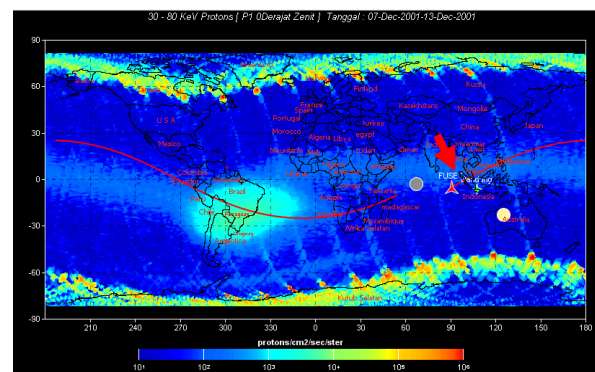
Gambar 4-3: Sebaran partikel Elektron (A) dan proton (B) serta variasi aktivitas geomagnet (C) saat anomali satelit FUSE (1)

Gambar 4-3 memperlihatkan posisi satelit Fuse ketika dilaporkan mengalami anomali pada tanggal 25 November 2001. Terlihat bahwa saat dilaporkan, satelit tidak berada dalam wilayah sebaran partikel elektron dan proton dengan fluks yang tinggi. Fluks elektron maksimum ketika itu sekitar 26.000 partikel/cm² dan proton maksimum sekitar 5700 partikel/cm². Variasi tingkat aktivitas geomagnet pada Gambar 4-3C tidak memperlihatkan kenaikan pada indeks Kp (1,6) , namun terjadi penurunan yang sangat signifikan pada indeks Dst yang mencapai nilai -150 nT. Sumber penyebab kejadian anomali satelit diperkirakan saat terjadi badai geomagnet yang bersesuaian dengan posisi satelit melintasi wilayah ekuator.

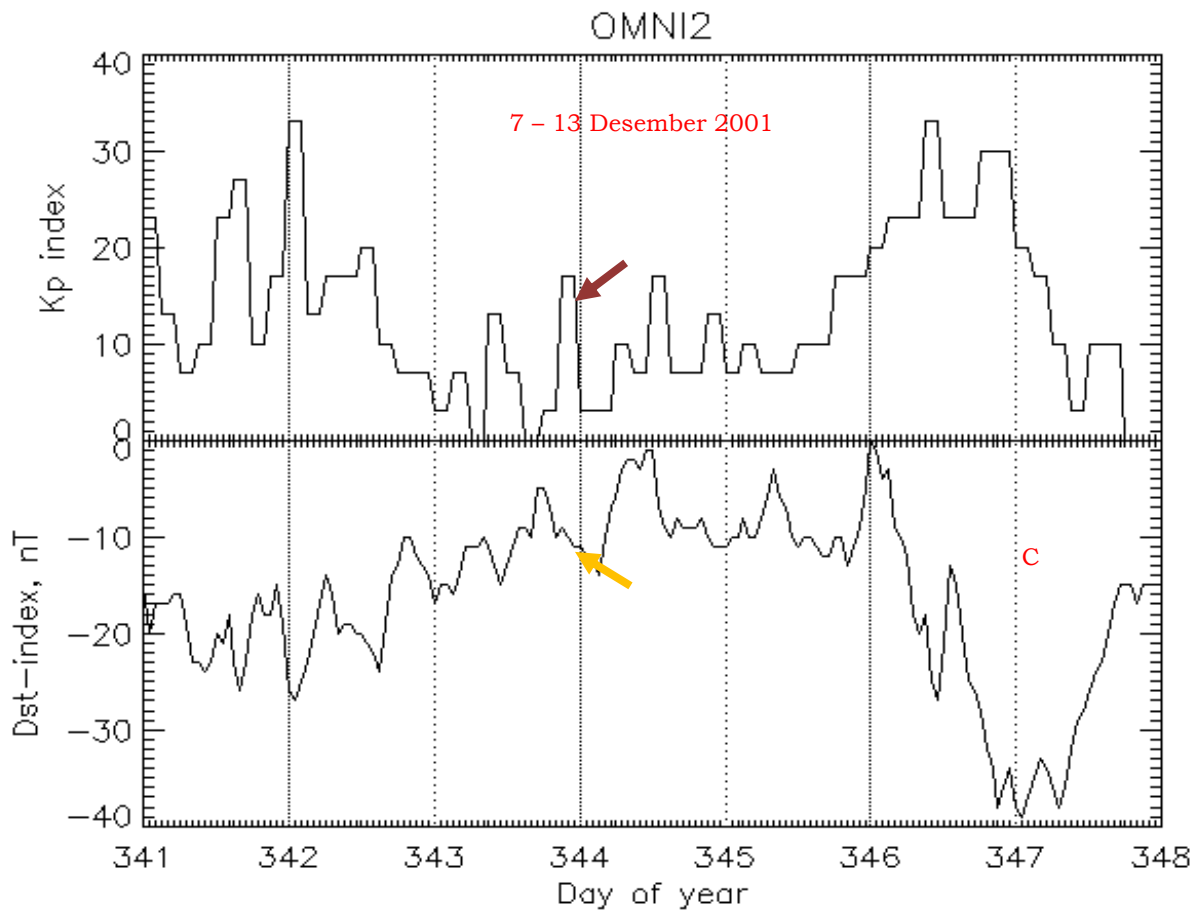
2. Satelit FUSE (2)



Elektron : E > 30 keV



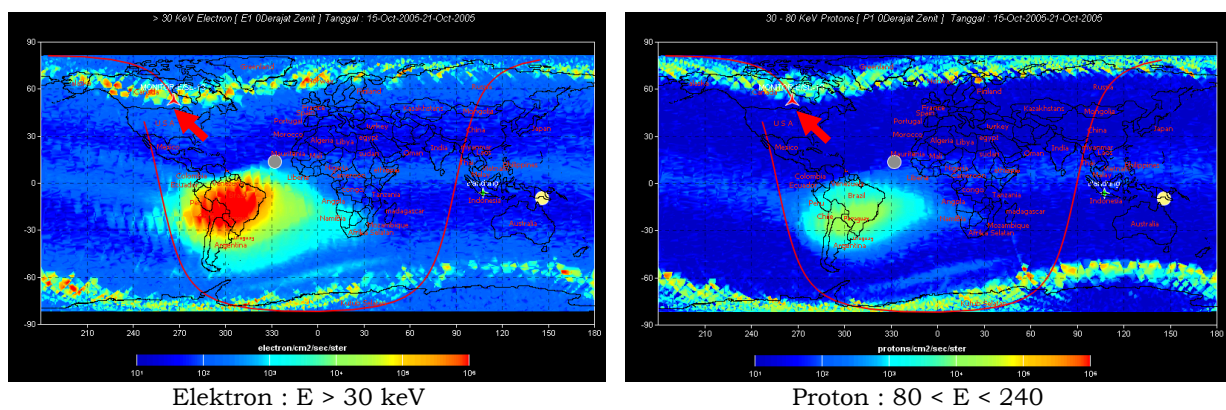
Proton : 80 < E < 240



Gambar 4-4: Sebaran partikel Elektron (A) dan proton (B) serta variasi aktivitas geomagnet (C) saat anomali satelit FUSE (2)

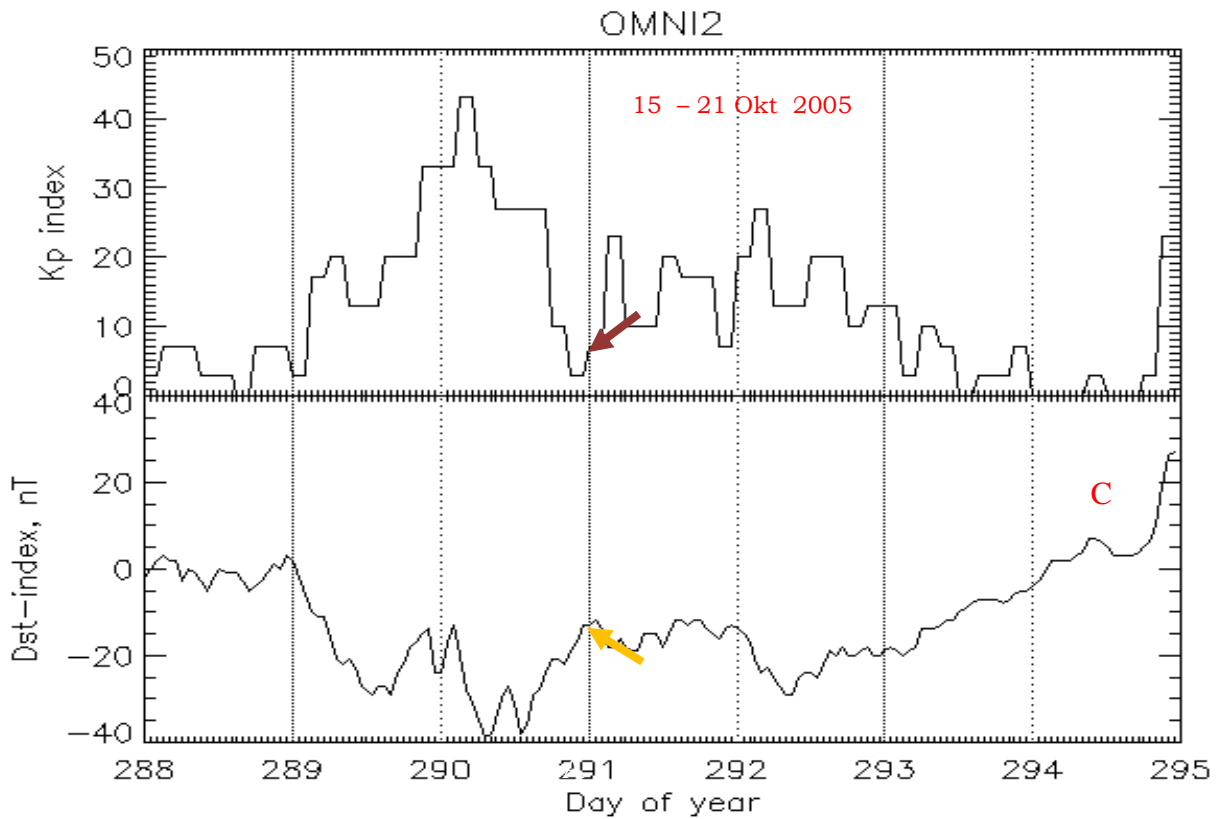
Satelit Fuse pada Gambar 4-4 A dan B dilaporkan mengalami anomali untuk kedua kalinya ketika melintas di wilayah ekuator pada tanggal 10 Desember 2001, namun satelit tersebut juga tidak terlihat berada dalam wilayah sebaran partikel elektron dan proton dengan fluks yang tinggi. Fluks elektron maksimum ketika itu sekitar 2500 partikel/cm² dan proton maksimum sekitar 4100 partikel/cm². Data aktivitas geomagnet juga tidak memperlihatkan kenaikan (indeks Kp sekitar 1,1) dan penurunan (indeks Dst sekitar -12 nT) yang signifikan. Anomali diperkirakan merupakan efek lanjutan dari anomali sebelumnya.

3. Satelit Monitor-E



Elektron : E > 30 keV

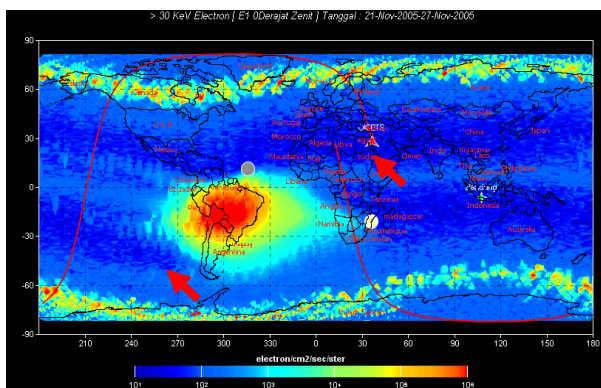
Proton : 80 < E < 240



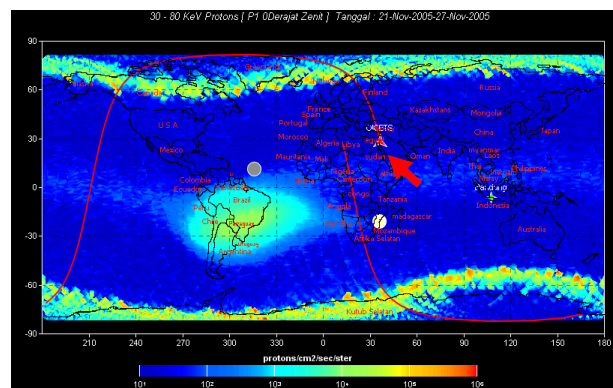
Gambar 4-5: Sebaran partikel Elektron (A) dan proton (B) serta variasi aktivitas geomagnet (C) saat anomali satelit Monitor-E

Satelit Monitor-E pada Gambar 4-5 A dan B dilaporkan mengalami anomali saat melintasi wilayah lintang tinggi pada tanggal 18 Oktober 2005, namun satelit tersebut tidak terlihat berada dalam wilayah sebaran partikel elektron dan proton dengan fluks yang tinggi. Fluks elektron maksimum ketika itu sekitar 27.300 partikel/cm² dan proton maksimum sekitar 2400 partikel/cm². Data aktivitas geomagnet tidak memperlihatkan kenaikan nilai indeks Kp (~ 0,7), namun penurunan indeks Dst (-40 nT) cukup signifikan (hampir tingkat ‘moderate’) sebelum anomali dilaporkan. Bila ditelusuri jejak lintasan satelit ketika terjadi penurunan nilai indeks Dst, maka diperoleh informasi bahwa satelit tengah melintasi wilayah ekuator. Dugaan penyebab anomali diperkirakan bertepatan dengan aktivitas geomagnet.

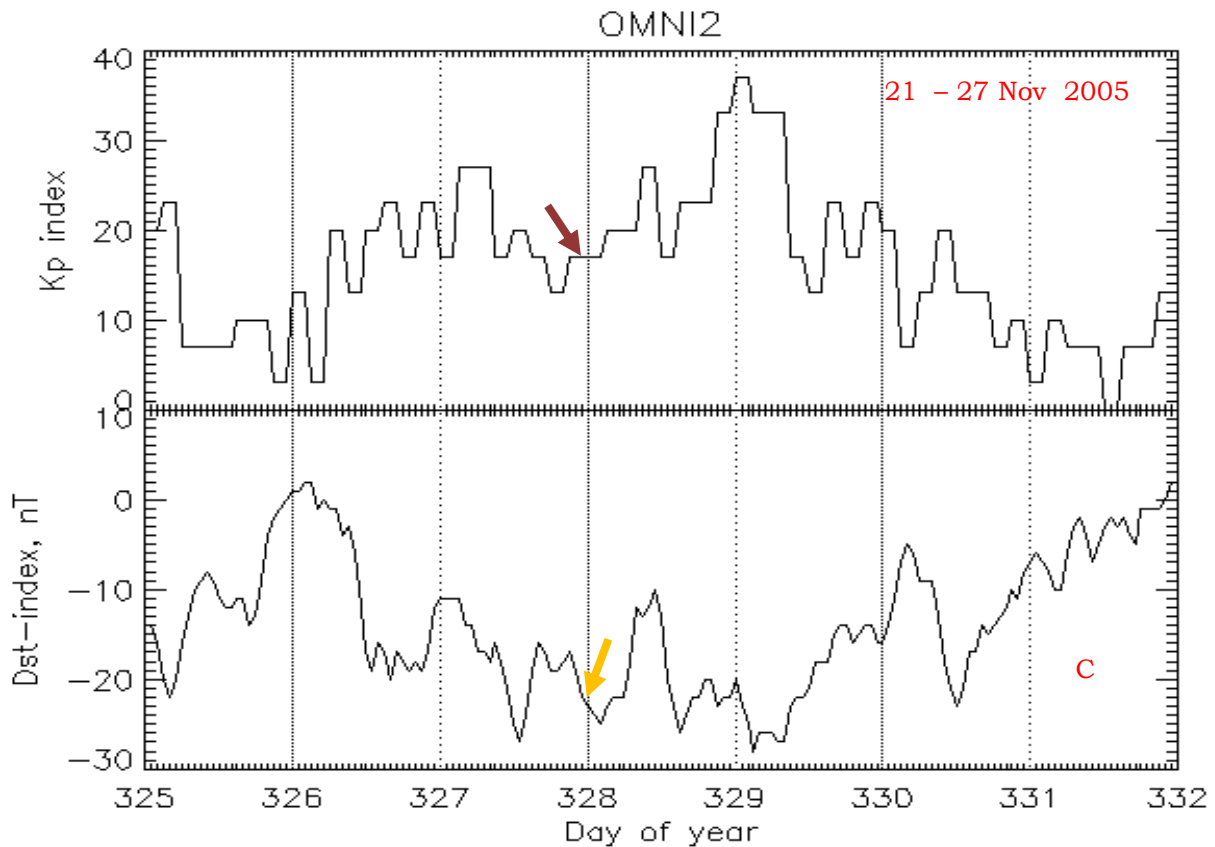
4. Satelit Kirari



Elektron : E > 30 keV



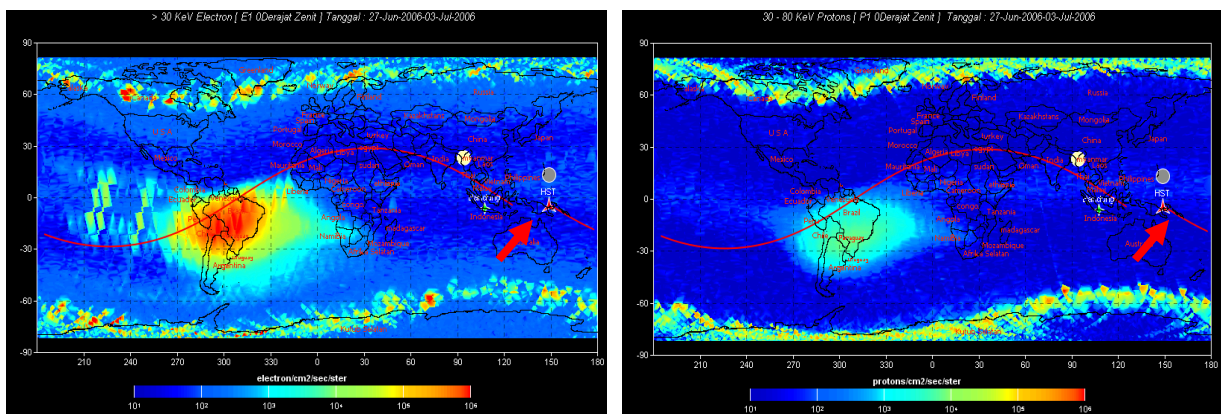
Proton : 80 < E < 240



Gambar 4-6: Sebaran partikel Elektron (A) dan proton (B) serta variasi aktivitas geomagnet (C) saat anomali satelit Kirari

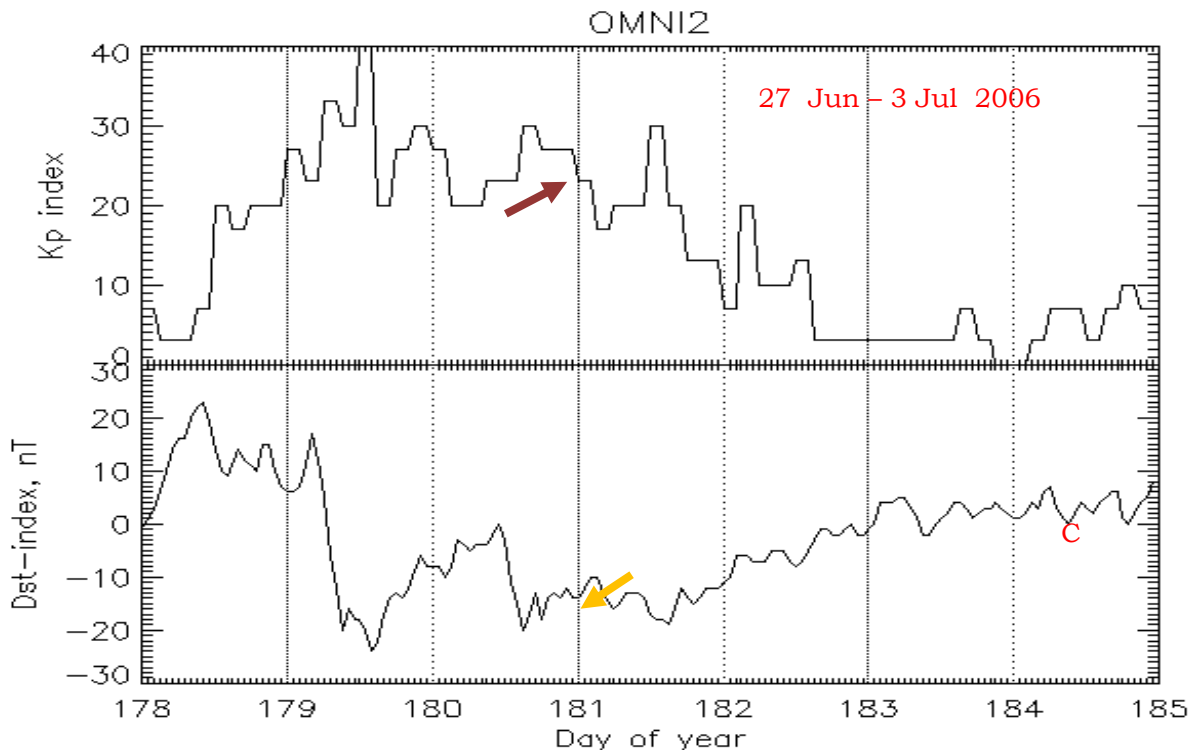
Satelit Kirari pada Gambar 4-6 A dan B dilaporkan mengalami anomali saat melintasi wilayah lintang menengah pada tanggal 24 November 2005, namun satelit tersebut tidak terlihat berada dalam wilayah sebaran partikel elektron dan proton dengan fluks yang tinggi. Fluks elektron maksimum ketika itu sekitar 26.500 partikel/cm² dan proton maksimum sekitar 10.200 partikel/cm². Data aktivitas geomagnet tidak memperlihatkan kenaikan nilai indeks Kp (~1,8) dan penurunan indeks Dst (~24 nT) yang signifikan. Kemungkinan anomali diduga bersumber dari sistem satelit sendiri (*internal problem*).

5. Satelit HST



Elektron : E > 30 keV

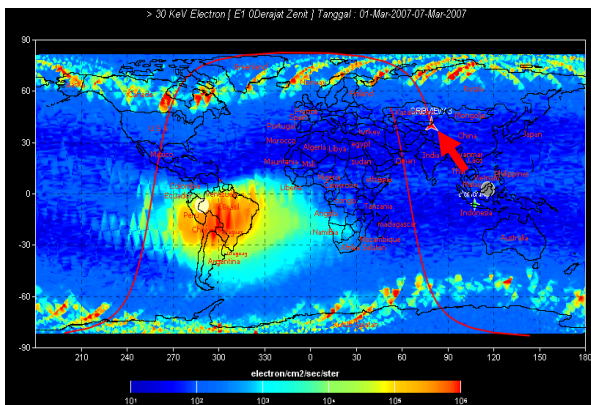
Proton : 80 < E < 240



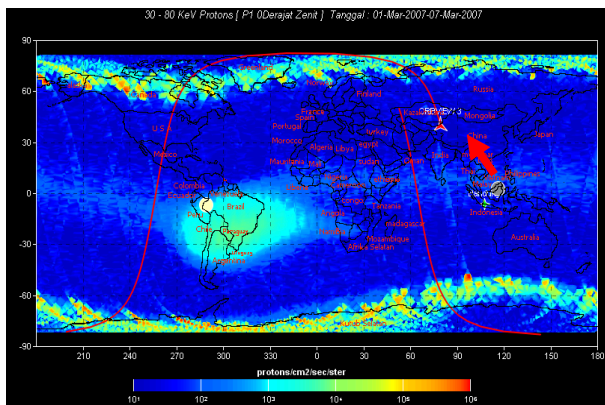
Gambar 4-7: Sebaran partikel Elektron (A) dan proton (B) serta variasi aktivitas geomagnet (C) saat anomali wahana HST

Satelit HST (*Hubble Space Telescope*) pada Gambar 4-7 A dan B dilaporkan mengalami anomali saat melintasi wilayah ekuator pada tanggal 30 Juni 2006, namun satelit tersebut tidak terlihat berada dalam wilayah sebaran partikel elektron dan proton dengan fluks yang tinggi. Fluks elektron maksimum ketika itu sekitar 28.900 partikel/cm² dan proton maksimum sekitar 2400 partikel/cm². Data aktivitas geomagnet tidak memperlihatkan kenaikan nilai indeks Kp yang signifikan. Meskipun pada beberapa waktu sebelum anomali terjadi lonjakan nilai indeks Kp (~2,5), namun bila menggunakan skala NOAA (http://www.swpc.noaa.gov/NOAA_scales), hal ini belum cukup untuk mempengaruhi satelit. Penurunan indeks Dst (~ -10 nT) juga tidak signifikan sehingga sumber penyebab anomali pada satelit HST kemungkinan bersumber dari sistem satelit sendiri.

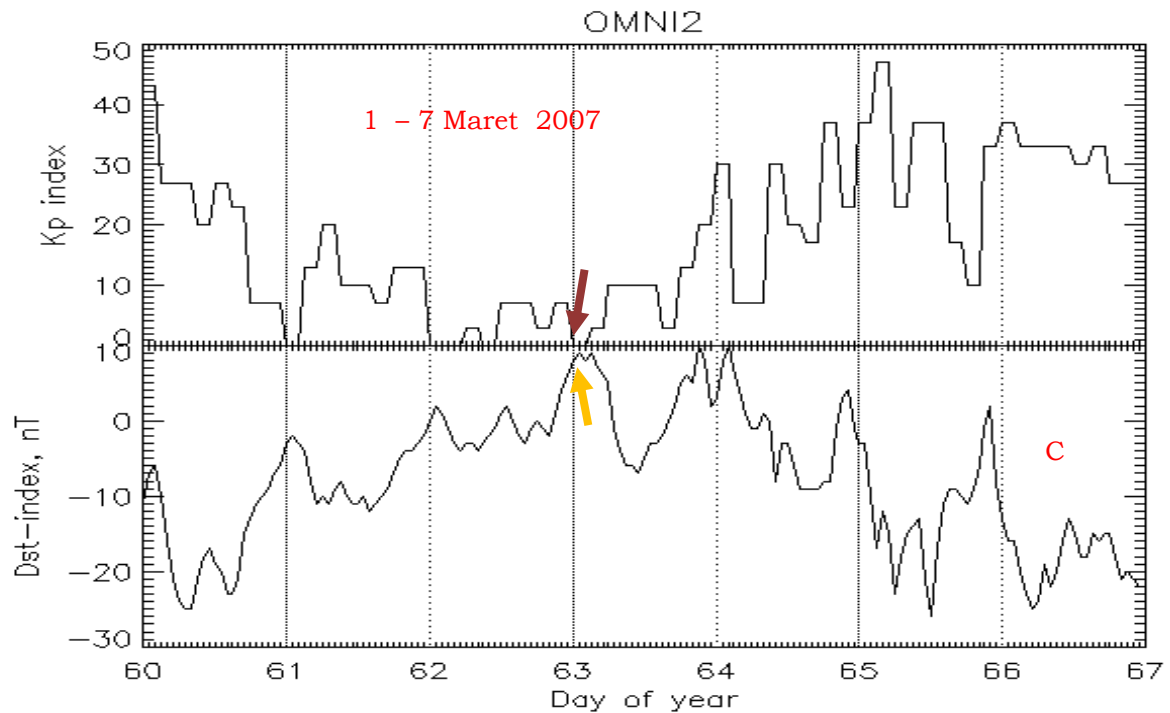
6. Satelit Orbview 3



Elektron : E > 30 keV



Proton : 80 < E < 240



Gambar 4-8: Sebaran partikel Elektron (A) dan proton (B) serta variasi aktivitas geomagnet (C) saat anomali satelit Orbview 3

Satelit Orbview 3 pada Gambar 4-8 A dan B dilaporkan mengalami anomali saat melintasi wilayah lintang menengah pada tanggal 4 Maret 2007, namun satelit tersebut tidak terlihat berada dalam wilayah sebaran partikel elektron dan proton dengan fluks yang tinggi. Fluks elektron maksimum ketika itu sekitar 6400 partikel/cm² dan proton maksimum sekitar 4100 partikel/cm². Data aktivitas geomagnet tidak memperlihatkan kenaikan nilai indeks Kp yang signifikan meskipun pada hari ke- 60 terjadi lonjakan nilai indeks Kp (4,3), namun belum cukup untuk mempengaruhi satelit. Penurunan indeks Dst (-2 nT) juga tidak signifikan sehingga sumber penyebab anomali pada satelit Orbview 3 ini diperkirakan berasal dari sistem satelit sendiri.

4.2 Sistem Informasi Anomali Satelit

Adapun satelit-satelit orbit rendah yang tidak dilaporkan mengalami anomali akan dianalisis dengan terlebih dahulu memilih satelit dengan menggunakan beberapa kriteria sebagai berikut,

- Satelit masih mengorbit (*on orbit*) dan bukan benda angkasa yang masuk dalam kategori debris (DEB), badan roket (R/B) ataupun yang telah mengalami penurunan ketinggian (*decay*).
- Waktu peluncuran \leq 22 Pebruari 2009 (sesuai dengan waktu anomali Orbcomm (2))
- Memiliki Orbit yang mirip dengan orbit satelit-satelit rujukan.

Misalkan : Satelit Rujukan adalah ERS 1 dengan inklinasi 98,16° dan ketinggian sekitar 772 km, maka satelit-satelit yang akan dinalisis haruslah memiliki kriteria sbb,

Inklinasi : $98,10^\circ \leq i \leq 98,30^\circ$

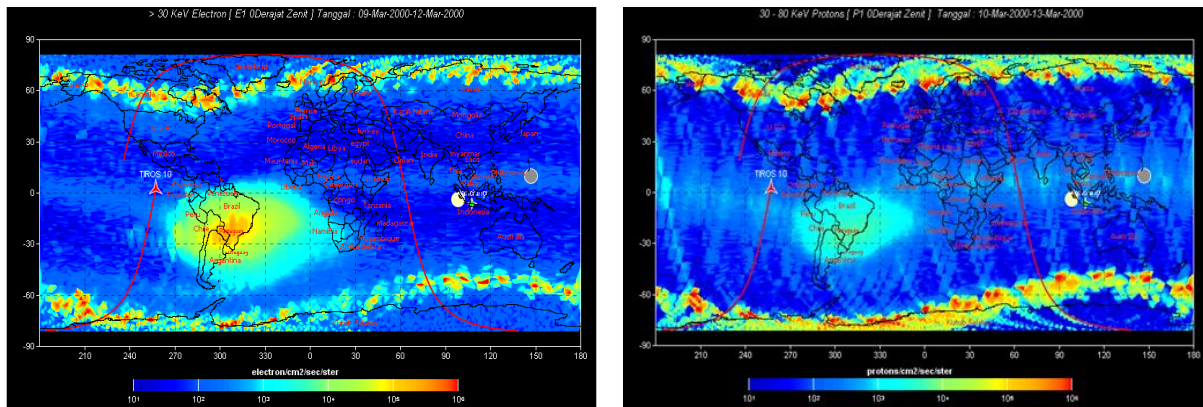
Ketinggian orbit : $700 \text{ km} \leq h \leq 800 \text{ km}$

Analisis ini menggunakan asumsi bahwa setiap satelit yang berada dalam wilayah distribusi partikel akan berpotensi mengalami anomali akibat interaksi dengan partikel tersebut. Bila satelit berada dalam wilayah distribusi partikel, maka potensi anomali dikatakan ada, begitu juga sebaliknya. Kriteria dan asumsi serta dengan menggunakan perangkat Sistem Informasi Anomali Satelit (SIAS), maka pada fase awal diperoleh 7 buah satelit yang akan dianalisis (SA). Satelit-satelit rujukan (SR) dapat dilihat pada Tabel 4-1, sedangkan satelit-satelit yang akan dianalisis (SA) dapat dilihat pada Tabel 4-2.

Tabel 4-2: DATA SATELIT-SATELIT ANALISIS (SA)

No	Satelit	International designator	Diluncurkan	Ketinggian (km)	Inklinasi (deg)	Posisi Satelit		Material Satelit
						Apogee	Perigee	
1	TIROS 10	1430 (US)	1965-07-02	760	98.19	800	720	Aluminium
2	LANDSAT 5	14780 (US)	1984-03-01	702	98.17	704	701	Aluminium
3	CBERS 1	25940 (CHBZ)	1999-10-14	776	98.24	779	773	Aluminium
4	CBERS 2	28057 (CHBZ)	2003-10-21	775	98.17	776	774	Aluminium
5	AURA	28376 (US)	2004-07-15	702	98.21	703	702	Aluminium
6	CALIPSO	29108 (US)	2006-04-28	703	98.21	704	702	Aluminium
7	IRS P4 (OCEANSAT 1)	25758 (IND)	1999-05-26	722	98.26	724	721	Aluminium

Sebagai contoh adalah satelit analisis (SA) pertama, Tiros 10, dengan menggunakan satelit rujukan (SR) adalah satelit ERS 1 yang mengalami anomali pada tanggal 10 Maret 2000. Posisi satelit Tiros 10 pada waktu tersebut dapat dilihat pada Gambar 4-9.



Elektron : E > 30 keV (Zenith)

Proton : 80 < E < 240 keV (Zenith)

Gambar 4-9: Posisi satelit Tiros 10 dalam sebaran elektron (A) dan proton (B)

Terlihat pada Gambar 4-9 A dan B bahwa satelit tidak berada dalam wilayah distribusi elektron dan proton sehingga dapat dikatakan bahwa satelit tidak berpotensi mengalami anomali. Untuk meninjau masing-masing potensi anomali pada satelit-satelit analisis (SA) dengan menggunakan waktu anomali satelit-satelit rujukan (SR) dengan menggunakan metode yang sama dengan satelit Tiros 10 diatas, secara ringkas dapat dilihat pada Tabel 4-3.

Tabel 4-3: POTENSI ANOMALI SATELIT-SATELIT ANALISIS

No	Nama Satelit Rujukan (SR)	Waktu Analisis	Nama Satelit Analisis (SA)	Hasil Analisis	Prakiraan Penyebab		
					P	E	PE
1	ERS 1	10 Mar 2000	Tiros 10	∅ Anomali	-		
			Landsat 5	Berpotensi anomali		PE	
			Irs P4 (Oceansat 1)	∅ Anomali		-	
			CBERS 1	∅ Anomali		-	
2	Terra	26 Okt 2000	Tiros 10	∅ Anomali		-	
			Landsat 5	Berpotensi anomali		PE	
			Irs P4 (Oceansat 1)	Berpotensi anomali		PE	
			CBERS 1	∅ Anomali		-	
3	Aqua	27 jun 2002	Tiros 10	∅ Anomali		-	
			Landsat 5	∅ Anomali		-	
			Irs P4 (Oceansat 1)	∅ Anomali		-	
			CBERS 1	Berpotensi anomali		P	
4	Landsat 7	31 Mei 2003	Tiros 10	Berpotensi anomali		PE	
			Landsat 5	Potensi kecil		PE rendah	
			Irs P4 (Oceansat 1)	Berpotensi anomali		PE	
			CBERS 1	Potensi kecil		PE rendah	

Pada Tabel 4-3 dapat dilihat bahwa hampir seluruh satelit-satelit analisis (SA) berpotensi mengalami anomali pada suatu waktu tertentu. Kebanyakan penyebab anomali kemungkinan disebabkan oleh partikel ketika satelit melintasi wilayah distribusi proton dan elektron.

5 KESIMPULAN

Tinjauan bilangan *sunspot* (SSN) dan indeks F10,7 yang terkait dengan pemanasan atmosfer bagian atas oleh sinar X dan ultraviolet yang berasal dari Matahari memperlihatkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara peningkatan nilai SSN dan indeks F10,7 terhadap kejadian anomali satelit dan kejadian peluruhan orbit satelit rendah bumi (LEO). Dalam periode siklus matahari 23, kasus anomali satelit dominan terjadi pada tahun 2003, bukan pada tahun 2000 dan 2001 pada saat matahari maksimum. Namun bila dilihat dari kejadian peluruhan orbit satelit, maka kasus peluruhan dominan terjadi pada saat aktivitas matahari maksimum yaitu sekitar tahun 2000 dan 2001. Analisis kejadian anomali juga memperlihatkan bahwa kebanyakan sub sistem kontrol sikap satelit (*Attitude Control System - ACS*) paling rentan mengalami kerusakan. Identifikasi ulang terhadap satelit-satelit yang belum diketahui penyebab anomalnya seperti Fuse (1), Fuse (2) dan Monitor-E memberikan informasi bahwa kemungkinan besar dipengaruhi oleh peningkatan plasma ketika terjadi badai geomagnet. Untuk 3 kasus anomali lainnya yaitu satelit Kirari, Obrview 3 dan HST diduga terkait dengan masalah pada sistem satelit sendiri (*internal problem*). Kasus anomali satelit-satelit orbit rendah yang

dilaporkan dan sekaligus menjadi rujukan dalam analisis dapat digunakan untuk melihat potensi anomali satelit-satelit orbit rendah yang mirip (orbit dan bahan struktur) dengan satelit rujukan yang tidak dilaporkan mengalami anomali. Analisis ini memperlihatkan bahwa hampir seluruh satelit-satelit analisis (SA) berpotensi mengalami anomali pada suatu waktu tertentu. Satelit Tiros 10 berpotensi mengalami anomali pada saat satelit Landsat 7 dilaporkan mengalami anomali (31 Mei 2003); satelit Landsat 5 berpotensi mengalami anomali pada saat satelit ERS 1 (10 Maret 2000), Terra (26 Oktober 2000) dan Landsat 7 dilaporkan mengalami anomali ; satelit Oceansat 1 berpotensi mengalami anomali pada saat satelit Terra dan Landsat 7 dilaporkan mengalami anomali ; satelit CBERS 1 berpotensi mengalami anomali pada saat satelit Aqua (27 Juni 2002) dan Landsat 7 dilaporkan mengalami anomali. Kebanyakan penyebab anomali kemungkinan disebabkan oleh partikel ketika satelit melintasi wilayah distribusi proton dan elektron dengan fluks bervariasi. Informasi yang diperoleh dalam penelitian ini bermanfaat dalam mewujudkan sistem peringatan dini gangguan operasional satelit-satelit orbit rendah milik Indonesia pada masa mendatang.

6 ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terimakasih pada Wilson Sinambela dan Neflia yang memberi masukan dalam diskusi serta juga pada Ujang Yaya yang membantu penulis dalam pembenahan program Sistem Informasi Anomali Satelit (SIAS).

7 DAFTAR RUJUKAN

- Ahmad, N dan Kusumaningrum, R., 2010. *Fluks Dan Distribusi Partikel Energetik Di Orbit LEO Penyebab Terjadinya Anomali Satelit*, Jurnal Sains Dirgantara, Vol.7 No.2, Juni 2010, ISSN 1412-808X.
- Ahmad, N., 2009. *Analisis Penyebab Anomali Satelit Akibat Aktivitas Geomagnet*, Jurnal Sains Dirgantara LAPAN Vol.6 No.2 Juni 2009 hal 133-148, ISSN 1412-808X.
- Ahmad, N., 2010. *Analisis Distribusi Partikel Energetik Melalui Satelit NOAA*, buku bidang MATSA LAPAN hal 36-45, seri ke-4, edisi 2010, penerbit Dian Rakyat ISBN 978-979-078-317-1.
- Barth J.L dan Gorsky C.D., 1997. *Variations in the Radiation Environment*, NASA/ Goddard Space Flight Center.
- Hasting, D dan Garret, H., 1996. *Spacecraft Environment Interaction*, Cambridge University Press.
- <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html>
- http://science.nasa.gov/headlines/y2009/29may_noaaprediction.htm
- <http://space-track.org>
- <http://www.sat-nd.com/failures>
- <http://www.swpc.noaa.gov>
- <http://www.swpc.noaa.gov/Data/goes.html>, www.ngdc.noaa.gov/stp/NOAA/noaa_poes.html.
- <http://www.swpc.noaa.gov/info/Satellites.html>
- http://www.swpc.noaa.gov/NOAA_scales
- Robertson, B dan Stoneking, 2001. *Satellite GN&C Anomaly Trends*, AAS 03-071.

