

PEMBANGUNGAN SISTEM INFORMASI ANOMALI SATELIT (SIAS)

Nizam Ahmad, Abd. Rachman

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Antariksa, LAPAN

Email : nizam@bdg.lapan.go.id

ABSTRACT

Many Anomaly cases on satellites in low orbit (LEO)and high orbit (GEO) caused degradation in their system. Mostly anomalies are caused by space weather through the interaction of high energetic particles on satellite system and the effects of geomagnetic activity especially when the storm events. The anomaly events can be analyzed by using an information system which integrated the space weather parameters such as energy and flux of proton and electron and Kp index that being used together with satellite failures data. Satellite Anomaly Information System, SIAS, is a kind of tool which is built and developed as an early warning system for satellite operation by using all those data. Although SIAS is still a prototype but it can be used to analyze some satellite anomaly cases in low and high orbit.

ABSTRAK

Kasus anomali yang kerap terjadi pada satelit-satelit orbit rendah (LEO) dan tinggi (GEO) menyebabkan penurunan kinerja sistem satelit. Pada umumnya anomali ini banyak disebabkan oleh cuaca antariksa berupa interaksi partikel energi tinggi pada sistem satelit dan pengaruh aktivitas geomagnet terutama disaat terjadi badai. Kejadian anomali satelit dapat dianalisis melalui suatu sistem informasi yang memadukan parameter cuaca antariksa seperti energi dan fluks proton, elektron dan indeks Kp dengan data kegagalan sistem satelit. Sistem Informasi Anomali Satelit (SIAS) merupakan perangkat yang dibangun dan dikembangkan sebagai upaya peringatan dini gangguan operasional satelit dengan menggunakan semua data tersebut. Meski SIAS masih berupa prototip, namun SIAS telah dapat digunakan untuk menganalisis beberapa kejadian anomali satelit orbit rendah dan orbit tinggi.

Kata kunci : *Anomali satelit, SIAS*

1 PENDAHULUAN

Satelit-satelit yang ditempatkan di orbit rendah (LEO) dan orbit tinggi (GEO) kerap mengalami gangguan operasional baik pada sistem maupun pada sub sistem satelit, mulai dari kegagalan fungsi instrumen yang ringan hingga dapat dipulihkan (*recovery*) dalam waktu tertentu hingga kerusakan berat yang menyebabkan instrumen tidak dapat digunakan dan pada kasus ekstrem menyebabkan misi satelit mengalami kegagalan total (*total loss*).

Anomali satelit dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti pengaruh cuaca antariksa (*space weather*) pada sistem satelit, kondisi instrumen satelit yang labil pada saat terjadi pemisahan (separasi) satelit dengan roket pendorong, tumbukan benda antariksa yang mengorbit bumi (*orbital debris*), akibat kesalahan manusia (*human error*) pada saat proses pengendalian satelit berlangsung dan sebagainya yang tidak diketahui dengan pasti yang sering disebut dengan penyebab tak dikenal (*unknown*).

Dari kasus anomali satelit yang dilaporkan dalam kurun waktu tahun 1990-2001 diperoleh informasi bahwa kebanyakan anomali satelit diperkirakan disebabkan oleh cuaca antariksa (Bedingfield and Leach, 1996). Pengaruh cuaca antariksa ini menimbulkan dampak kerusakan pada instrumen secara langsung maupun secara perlahan, bergantung pada tingkat energi dan fluks dari parameter cuaca antariksa yang berinteraksi pada satelit (Koons et al., 2000). Oleh karena itu dampak kerusakan akibat cuaca antariksa ini menjadi tantangan tersendiri bagi badan antariksa terutama para operator satelit di setiap negara, tak terkecuali negara Indonesia.

Indonesia melalui Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) kedepan memiliki program pembuatan dan pengembangan teknologi berbasis satelit. Program ini telah dimulai pada awal tahun 2000-an dan ditandai dengan meluncurnya generasi satelit pertama LAPAN TUBSAT pada tanggal 10 Januari 2007. Satelit ini ditempatkan pada ketinggian sekitar 630 km, berorbit polar dengan misi pemantauan wilayah (*surveillance*). Selain satelit LAPAN TUBSAT, Indonesia juga telah memiliki beberapa satelit komunikasi seperti seri satelit Palapa dan Telkom pada ketinggian sekitar 36.000 km. Semua satelit ini memiliki potensi mengalami resiko terkena pengaruh cuaca antariksa. Oleh karena itu, dalam rangka optimalisasi satelit yang telah ada maupun yang akan dikembangkan, maka perlu adanya suatu sistem informasi terkait gangguan cuaca antariksa pada satelit. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem informasi yang dapat digunakan untuk menganalisis kondisi cuaca antariksa dan kejadian anomali pada satelit dengan harapan diperoleh suatu sistem informasi sebagai upaya peringatan dini gangguan operasional satelit Indonesia. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan kajian interaksi cuaca antariksa pada sistem

satelit, menganalisis data anomali satelit yang pernah dilaporkan dan kemudian diinventarisasi bersamaan dengan data cuaca antariksa yang diperkirakan sebagai penyebab anomali tersebut dan membuat perangkat lunak sebagai prototip sistem informasi anomali satelit (SIAS) yang nantinya digunakan sebagai upaya peringatan dini gangguan operasional satelit akibat cuaca antariksa.

2 DATA DAN PENGOLAHAN

Data yang digunakan dalam membangun sistem informasi ini terdiri dari data proton, elektron dan aktivitas geomagnet yang diwakili oleh indeks Kp sepanjang tahun. Pada tingkat aktivitas matahari rendah, anomali yang terjadi pada satelit pada umumnya disebabkan oleh interaksi partikel proton dan elektron yang tersebar di daerah kutub dan ekuator bumi. Pada tingkat aktivitas matahari tinggi yang mempengaruhi medan magnet bumi, terjadi peningkatan energi antar partikel yang kemudian saling berinteraksi menghasilkan plasma energi tinggi yang dapat merusak satelit. Besarnya plasma di lapisan medan magnet bumi dapat diketahui melalui nilai indeks Kp. Salah satu dampak interaksi proton, elektron dan plasma pada satelit adalah menghasilkan efek korosi pada bagian permukaan satelit yang secara perlahan dapat merusak material struktur permukaan satelit tersebut.

Data proton, elektron dan indeks Kp yang digunakan dalam pembangunan sistem informasi ini dapat diakses pada situs www.omniweb.gsfc.nasa.gov, namun tidak semua data dapat diakses dan diambil secara lengkap. Oleh karena itu keterbatasan data menjadi suatu permasalahan yang fundamental dalam pembangunan sistem informasi. Data indeks Kp mengandung informasi tentang besarnya tingkat aktivitas magnet bumi sedangkan data proton dan elektron berisi informasi mengenai besarnya energi dan jumlah fluks pada waktu tertentu. Format ketiga data ini dapat dilihat pada Tabel 2-1 dan Tabel 2-2. Selain data parameter cuaca antariksa, sistem informasi ini juga menggunakan data anomali satelit yang dilaporkan oleh operator satelit, meliputi satelit orbit rendah dan orbit tinggi. Data ini juga sangat terbatas mengingat tidak semua operator satelit mau melaporkan anomali yang terjadi pada satelit terutama satelit yang bersifat komersil. Data anomali ini mengandung informasi waktu dan lokasi satelit ketika terjadi anomali yang dapat dilihat pada Tabel 2-3.

Tabel 2-1: FORMAT DATA INDEKS KP

| YEAR | DOY | Ep >1 MeV | Ep >10 MeV | Ep>100 MeV | Ee >2 MeV |
|------|-----|-----------|------------|------------|-----------|
| 94 | 1 | 3.00E+05 | 1.10E+04 | 2.20E+03 | 3.80E+06 |
| 94 | 2 | 1.00E+06 | 1.10E+04 | 2.30E+03 | 1.10E+08 |
| 94 | 3 | 6.90E+05 | 1.20E+04 | 2.20E+03 | 1.80E+08 |
| 94 | 4 | 2.40E+05 | 1.10E+04 | 2.30E+03 | 6.60E+07 |
| 94 | 5 | 6.50E+05 | 1.10E+04 | 2.20E+03 | 1.10E+08 |
| 94 | 6 | 2.90E+05 | 1.20E+04 | 2.40E+03 | 8.50E+06 |
| 94 | 7 | 5.80E+05 | 1.20E+04 | 2.30E+03 | 1.20E+07 |
| 94 | 8 | 4.30E+05 | 1.10E+04 | 2.20E+03 | 9.20E+06 |
| 94 | 9 | 6.20E+05 | 1.00E+04 | 2.30E+03 | 6.00E+06 |
| Dst | ... | ... | ... | ... | ... |

Pada Tabel 2-1, format data indeks Kp mengandung informasi waktu pengambilan data yang terdiri dari tahun (YEAR), hari dalam satu tahun (Day Of Year - DOY), Jam (Hour - HR) dan besarnya nilai indeks Kp yang dapat digunakan untuk analisis pengaruh aktivitas geomagnet terhadap kejadian anomali satelit. Untuk data proton dan elektron, besarnya variasi energi yang digunakan adalah orde > 1 MeV, >10 MeV dan >100 MeV untuk proton dan orde > 2 MeV untuk elektron. Format data proton dan elektron dapat dilihat pada Tabel 2-2.

Tabel 2-2 : FORMAT DATA PARTIKEL PROTON DAN ELEKTRON

| YEAR | DOY | HR | Kp |
|------|-----|-----|-----|
| 2000 | 1 | 0 | 53 |
| 2000 | 1 | 1 | 53 |
| 2000 | 1 | 2 | 53 |
| 2000 | 1 | 3 | 47 |
| 2000 | 1 | 4 | 47 |
| 2000 | 1 | 5 | 47 |
| 2000 | 1 | 6 | 40 |
| 2000 | 1 | 7 | 40 |
| 2000 | 1 | 8 | 40 |
| 2000 | 1 | 9 | 33 |
| Dst | ... | ... | ... |

Data anomali satelit dapat diambil melalui situs <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/GOES/>. Format data anomali mengandung informasi satelit yang mengalami anomali, waktu anomali, tipe dan diagnosa anomali serta lokasi satelit ketika mengalami anomali yang dapat dilihat pada Tabel 2-3.

Tabel 2-3: FORMAT DATA ANOMALI SATELIT

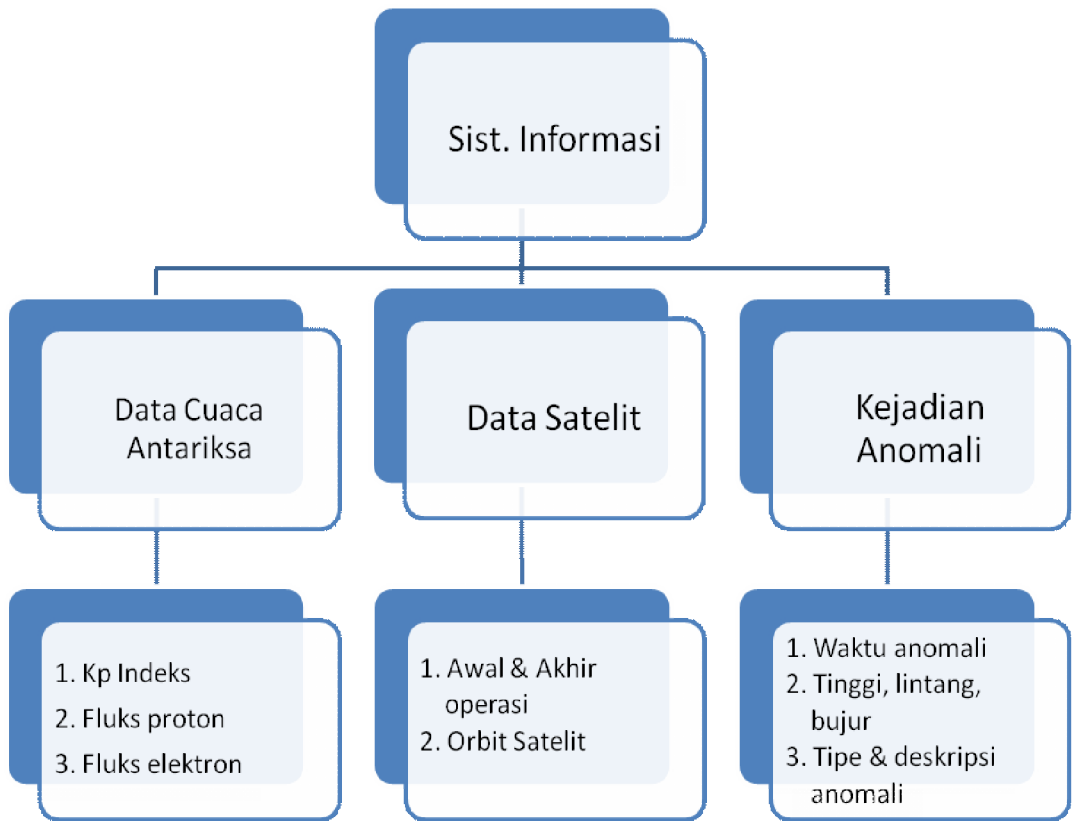
| BIRD | ADATE | LAT | LON | ALT | ATYPE | ADIAG |
|------------|-----------|-----|-----|-------|-------|-------|
| APPLE | 6/19/1981 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| ARABSAT-1A | 2/9/1985 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| ARABSAT-1A | 3/15/1985 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| ARABSAT-1A | 5/7/1985 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| ARABSAT-1A | 6/1/1986 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| ARABSAT-1B | 6/27/1985 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| ARABSAT-1B | 7/1/1985 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| AT&T | 11/9/1987 | 0 | 274 | 35784 | UNK | UNK |
| ATS-2 | 4/6/1967 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| ATS-4 | 8/10/1968 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| ATS-5 | 8/12/1969 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| AUSSAT-A1 | 8/27/1985 | 0 | 0 | 0 | UNK | UNK |
| AUSSAT-A1 | - | 0 | 160 | 35784 | TE | SEU |
| AUSSAT-A1 | 1/31/1986 | 0 | 160 | 35784 | PC | ESD |
| AUSSAT-A1 | 9/23/1986 | 0 | 160 | 35784 | PC | ESD |

Pada Tabel 2-3 satelit yang mengalami anomali diberi inisial BIRD, ADATE (*Anomaly Date*) menyatakan waktu anomali satelit, LAT (*Latitude*) dan LON (*Longitude*) menyatakan Lintang dan Bujur satelit ketika mengalami anomali, ALT (*Altitude*) menyatakan ketinggian orbit satelit, ATYPE (*Anomaly Type*) menyatakan tipe anomali dan ADIAG (*Anomaly Diagnose*) menyatakan diagnosa penyebab anomali satelit.

Dengan menggunakan data partikel proton, elektron dan indeks Kp serta data anomali satelit dapat dibangun sebuah sistem informasi yang berguna untuk peringatan dini gangguan operasional satelit melalui pola kecenderungan cuaca antariksa setiap tahun yang menyebabkan terjadinya anomali pada satelit.

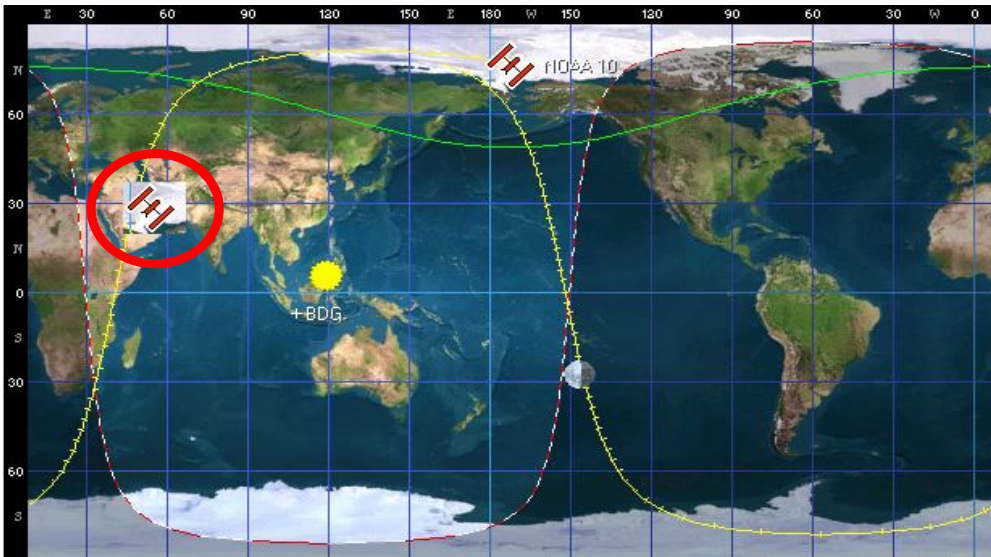
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem informasi anomali satelit ini dibangun berdasarkan konsep yang dirancang untuk memudahkan analisis setiap kejadian anomali pada satelit. Dalam konsep, data indeks Kp digunakan untuk analisis aktivitas geomagnet yang kemungkinan mempengaruhi operasional satelit sedangkan data fluks proton dan elektron digunakan untuk analisis dampak partikel-partikel energi tinggi pada satelit. Ketiga parameter ini dipilih karena berdasarkan pengamatan terhadap data telemetri, kejadian anomali satelit banyak disebabkan oleh aktivitas geomagnet dan semburan partikel energetik. Secara umum, konsep sistem informasi dapat dilihat pada Gambar 3-1.



Gambar 3-1: Konsep sistem informasi gangguan operasional satelit

Pada Gambar 3-1, data satelit yang diperlukan dalam sistem informasi terdiri dari informasi status operasional satelit dalam arti kapan satelit tersebut diluncurkan dan kapan terakhir beroperasi terutama bagi satelit yang telah mengalami peluruhan ketinggian orbit (*decay*), sedangkan untuk satelit yang masih aktif data yang diperlukan adalah status/ kondisi kesehatan satelit tersebut hingga sekarang. Informasi lain yang diperlukan adalah data orbit satelit yang dapat diketahui melalui data TLE (*Two Line Element*) untuk melihat kejadian pergeseran orbit satelit akibat anomali. Data TLE dapat diakses melalui situs www.space-track.org. Bagian ketiga dalam sub sistem informasi adalah kejadian anomali yang berisi data waktu dan posisi satelit ketika mengalami anomali, diilustrasikan dalam peta dunia seperti pada Gambar 3-2.



Gambar 3-2: Ilustrasi posisi satelit ketika mengalami anomali

Dalam setiap lintasan satelit dapat diketahui lintang dan bujur satelit tiap saat melalui perangkat lunak penjejak (*tracking*) lintasan satelit. Bila terjadi anomali, maka akan tercatat pada data telemetri satelit. Waktu lokal terjadinya anomali dapat dilihat pada laporan anomali di kolom (*box*) telemetri seperti pada Gambar 3-3 (Mukhayadi dan Rahman, 2007) sedangkan posisi satelit dapat dilihat dengan menggunakan perangkat lunak lintasan satelit. Bagian terakhir dalam sub sistem kejadian anomali berisi laporan berupa analisis singkat mengenai penyebab anomali serta tingkat kerusakan yang terjadi pada satelit.

```

##### LAPAN SERVER #####
2007/09/07 00:20:50 PCDH high level command: Radio Acknowledge OK
[0xB5 0xAB 0xEE 0x0A 0xFF 0xFF 0xFF 0x00 0xEE 0xEE 0xEE 0xEE]

PCU Telemetry

Switch Register      : 00111010 00000000 00010000 01000111
Status Fuse/FIC     : 01000111 00000011
System Time         : 1400456s - 16d 5h 0min 56sec

Solar Panel +X      : 14.5V      156mA
Solar Panel -X      : 14.5V      77mA
Solar Panel -Y      : 14.5V      656mA
Solar Panel -Z      : 14.5V      140mA
Sun Sensor +Y       :          92mA
Sun Sensor +Z       :          16mA

Main Power Bus      : 14.21V      596mA

Voltage 25V/12V/-5V : 26.42V      0.03V      -1.95V
Current TTC1/TTC2   : 62mA        50mA
Current Gyros/Wheels : 352mA      108mA
Current Coils/STS   : 5mA         12mA
Current Stepper+Cam/S-Band : 20mA      22mA

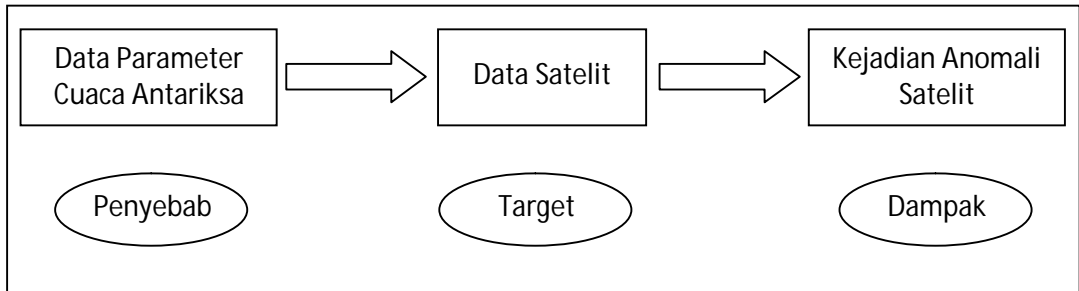
Temp PCDH CPU/Housing/DCDC : 14oC      12oC      16oC
Temp Battery/Middle Plate : 13.8oC    7.4oC
Temp +X/-X          : 8.4oC      8.4oC
Temp +Y/-Y          : -0.9oC     22.1oC
Temp +Z/-Z          : 5.5oC     10.9oC
Temp S-Band         : 6.5oC

Target Current Coil X/Y/Z : -0mA      -0mA      -0mA
    
```

Gambar 3-3: Contoh kolom (*box*) telemetri satelit

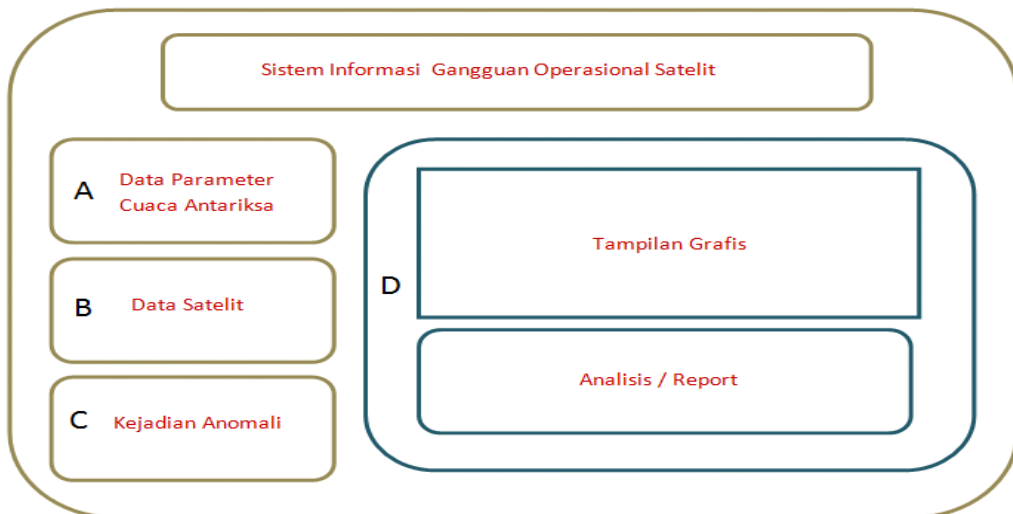
Konsep Tampilan Menu

Tampilan menu dalam perangkat lunak sebagai prototip sistem informasi gangguan operasional satelit dapat dilihat mulai dari Gambar 3-4.



Gambar 3-4: Skema konsep tampilan menu SIAS

Data parameter cuaca antariksa sebagai indikator awal untuk menganalisis kejadian anomali pada satelit. Ketika ada laporan anomali pada suatu satelit, maka akan dilihat informasi satelit tersebut antara lain terkait dengan penempatan satelit (orbit) dan lintasan satelit. Selanjutnya dapat diperkirakan dampak kerusakan yang terjadi pada satelit setelah menganalisis peristiwa cuaca antariksa pada waktu kejadian anomali satelit. Secara umum, tampilan dari masing-masing menu dalam sistem informasi dapat dilihat pada Gambar 3-5.

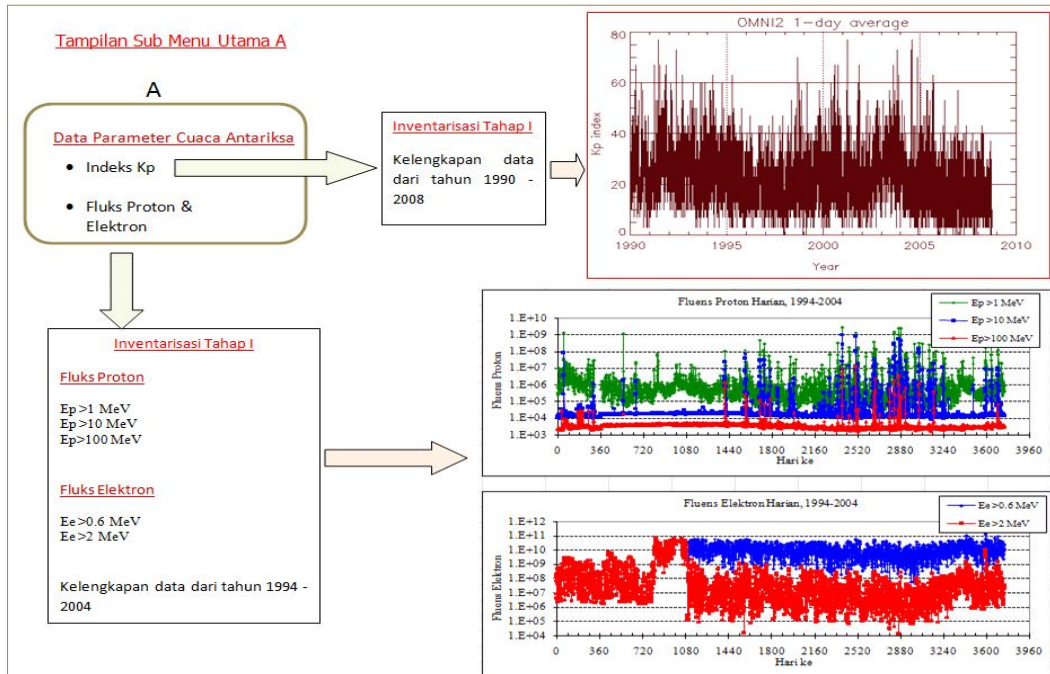


Gambar 3-5 : Tampilan menu utama

Pada Gambar 3-5, ada 3 menu yang berisi modul parameter cuaca antariksa, data satelit dan kejadian anomali. Masing-masing menu memiliki tampilan grafis tersendiri yang dilengkapi dengan analisis singkat mengenai data.

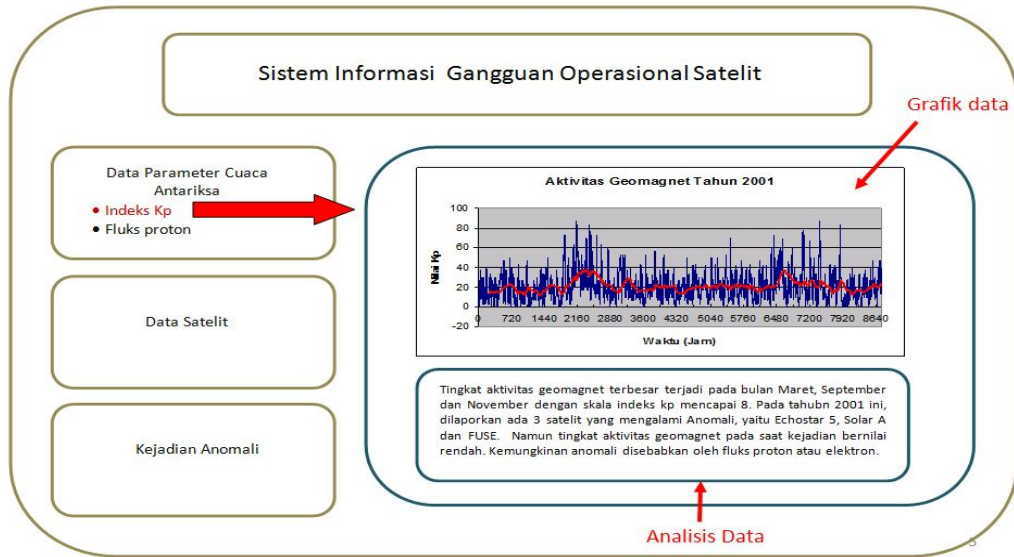
A. Tampilan Sub Menu A

Untuk menu A (parameter cuaca antariksa) berisi data fluks proton dan elektron (representasi dari partikel energetik) serta indeks Kp (representasi dari aktivitas geomagnet), tampilan sub menunya secara umum dapat dilihat pada Gambar 3-6.



Gambar 3-6: Tampilan sub menu utama A (parameter cuaca antariksa)

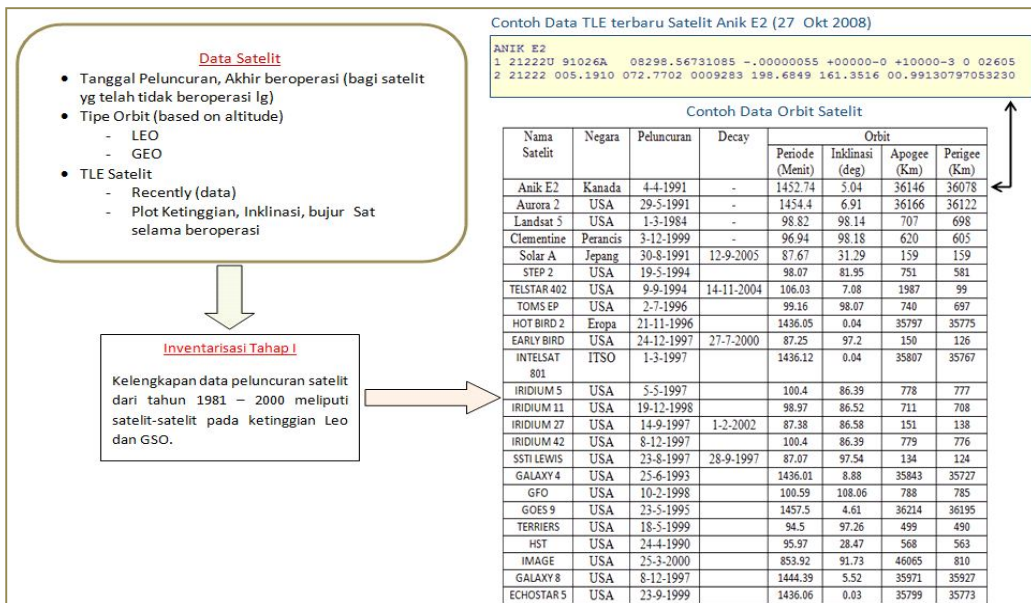
Analisis keterkaitan peristiwa cuaca antariksa dengan kejadian anomali hanya dapat dilakukan pada satelit-satelit yang waktu kejadian anomalnya berada dalam lingkup ketersediaan data parameter cuaca antariksa. Misalnya kejadian anomali pada satelit Echostar pada tahun 2001 terkait dengan gangguan geomagnet. Pada sistem informasi dapat dilihat besarnya indeks Kp pada saat tersebut. Contoh tampilan untuk sub menu ini dapat dilihat pada Gambar 3-7.



Gambar 3-7: Tampilan sub menu indeks Kp

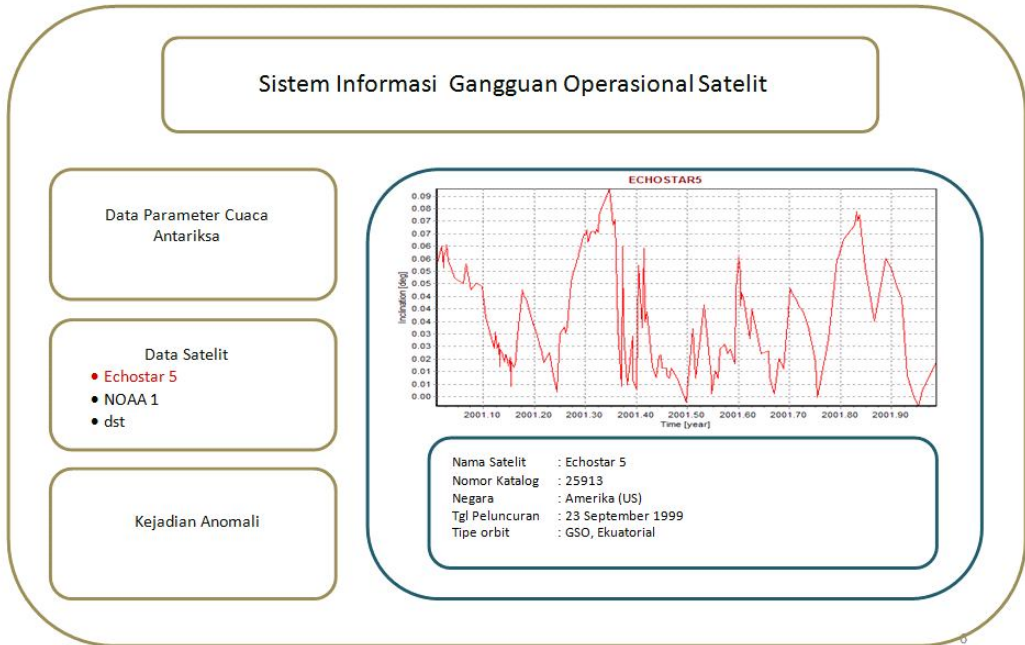
B. Tampilan Sub Menu B

Untuk menu B (data satelit) memiliki sub menu terkait data peluncuran, masa operasi dan tipe orbit satelit. Dalam hal ini satelit-satelit yang diinventarisir adalah satelit-satelit yang disinyalir mengalami kejadian anomali berdasarkan laporan yang ada. Contoh tampilan sub menu ini dapat dilihat pada Gambar 3-8.



Gambar 3-8: Tampilan sub menu B (data satelit)

Kelengkapan data satelit yang disinyalir mengalami anomali adalah dari tahun 1981 hingga tahun 2000 yang terdiri dari satelit pada ketinggian LEO dan GEO. Untuk melihat contoh tampilan sub menu , dapat dilihat pada salah satu kasus anomali satelit Echostar 5 pada Gambar 3-8.

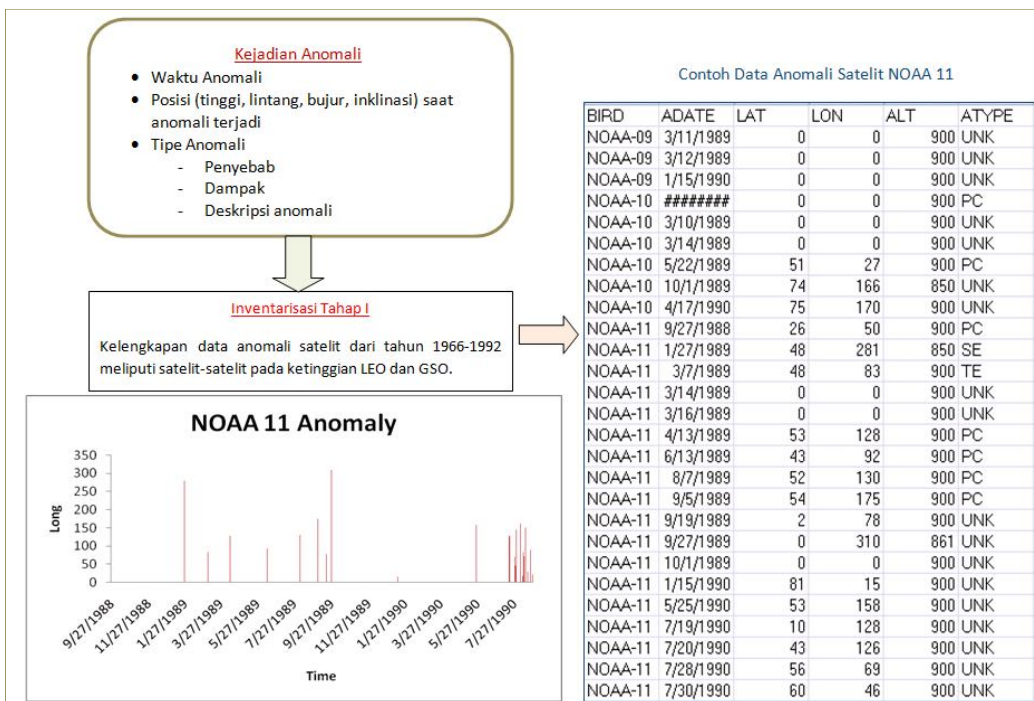


Gambar 3-8: Contoh tampilan data satelit Echostar 5

Pada tampilan ini dapat dilihat evolusi orbit dari satelit Echostar 5 serta informasi lainnya seperti negara pemilik satelit, tipe orbit, tanggal peluncuran dan sebagainya.

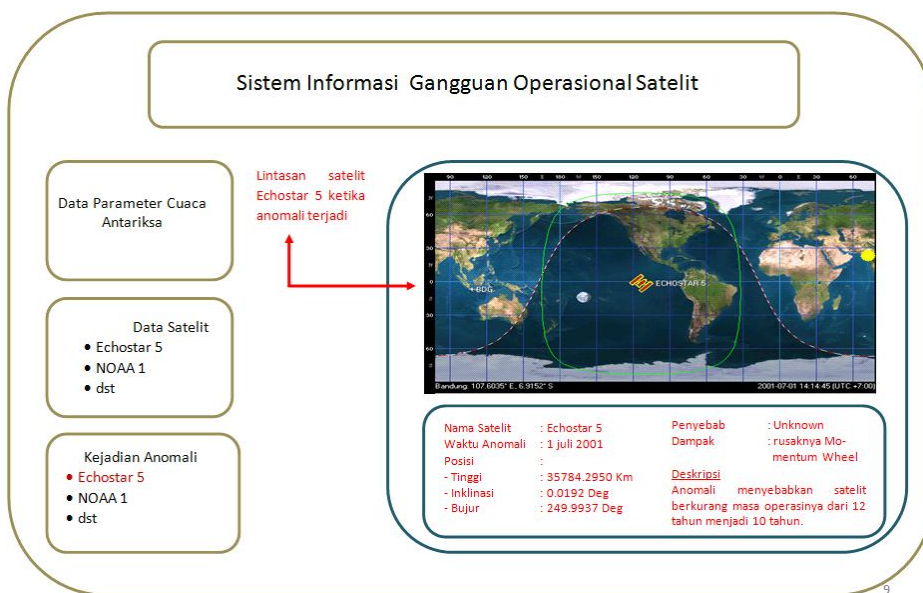
C. Tampilan Sub Menu C

Untuk menu C (anomali satelit) berisi data waktu anomali, posisi satelit ketika anomali terjadi dan tipe anomali yang secara umum tampilannya dapat dilihat pada Gambar 3-9. Menu ini berisi daftar satelit yang pernah mengalami anomali. Dengan demikian, nantinya dapat dilihat kerusakan apa saja yang terjadi dan pernah dialami oleh satelit-satelit orbit rendah dan tinggi dan kapan waktu yang paling sering (*trend*) bagi satelit mengalami kejadian anomali. Kelengkapan data satelit yang bisa diperoleh adalah dari tahun 1966 – 1992.



Gambar 3-9: Tampilan sub menu C (anomali satelit)

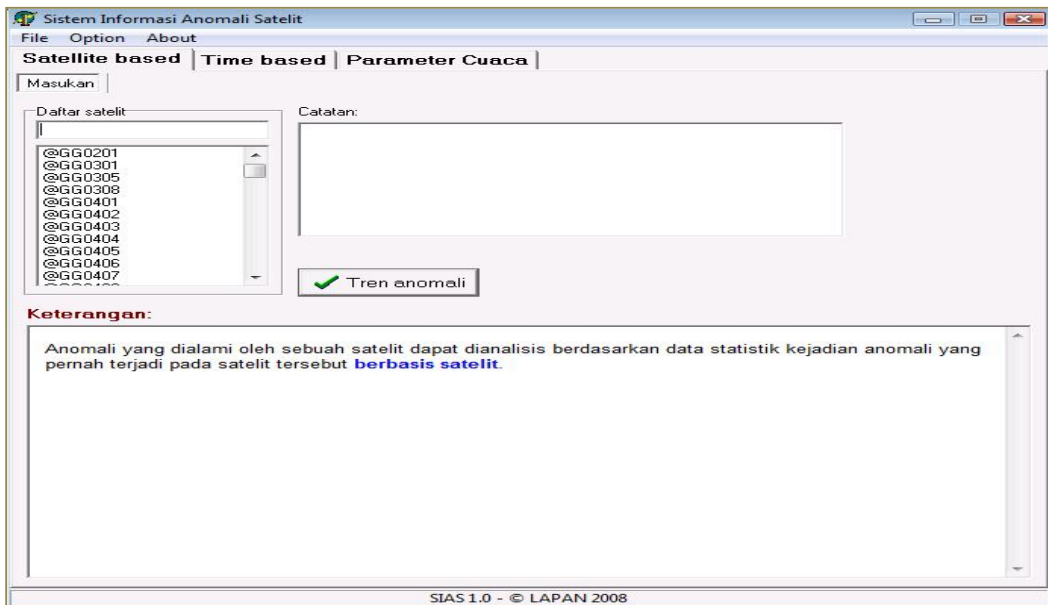
Sub menu ini disertai deskripsi singkat mengenai dampak anomali pada satelit yang memberikan gambaran umum mengenai kerusakan sistem yang terjadi pada satelit. Untuk melihat tampilan dapat dilihat pada Gambar 3-10 yang merupakan contoh kasus yang terjadi pada satelit Echostar 5.



Gambar 3-10: Contoh tampilan anomali satelit Echostar 5

Sistem Informasi Anomali Satelit (SIAS)

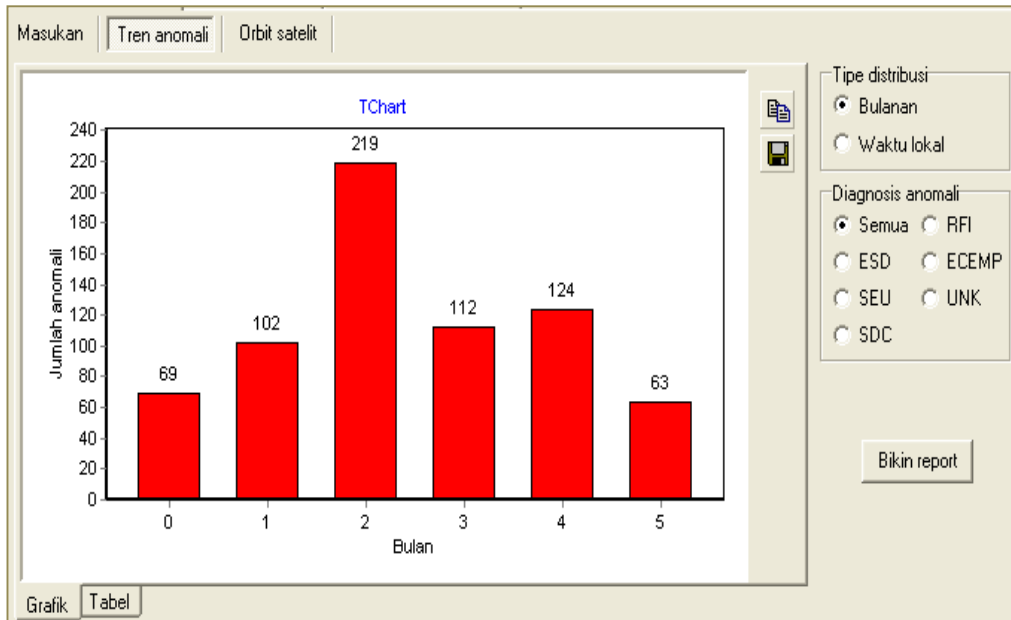
SIAS merupakan prototipe sistem informasi gangguan operasional satelit yang dikembangkan melalui konsep sistem informasi seperti tercantum pada Gambar 3-1. SIAS dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Delphi. SIAS masih memerlukan penyempurnaan berkelanjutan mengingat pada fase awal ini, SIAS hanya mampu menampilkan beberapa data kejadian anomali satelit dan parameter cuaca antariksa. Namun SIAS ini merupakan cikal bakal pengembangan sistem informasi gangguan operasional satelit mendatang. Tampilan SIAS juga masih sederhana mengikuti format umum yang terdapat dalam program Delphi, belum disesuaikan dengan tampilan yang ada dalam konsep sistem informasi. Secara umum tampilan SIAS dapat dilihat pada Gambar 3-11.



Gambar 3-11: Tampilan muka SIAS

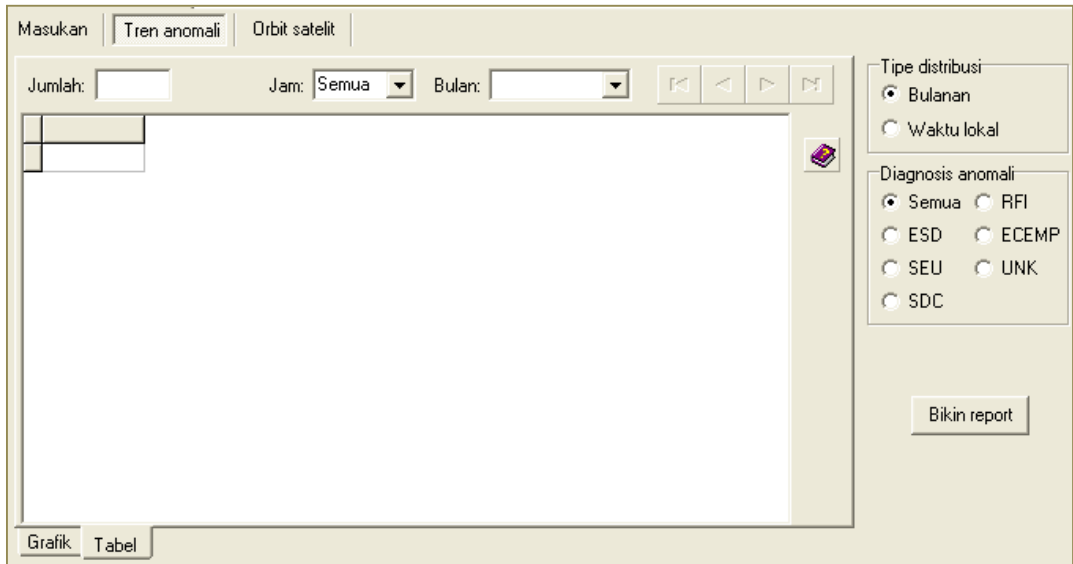
SIAS terdiri dari 3 buah menu (halaman) yaitu halaman *satellite based*, *time based*, dan parameter cuaca. Masing-masing halaman ini berisi laporan (*report*) yang merangkum statistik anomali-anomali yang terjadi. Di halaman '*Satellite based*' dapat dilihat tren anomali satelit yang dipilih serta profil orbitnya. Tren anomali dan orbit satelit di dalamnya terdapat sub halaman masukan, pada halaman '*Time based*' dapat dilihat tren anomali pada rentang waktu tertentu, di dalamnya terdapat sub halaman masukan dan tren anomali. Pada halaman '*Parameter cuaca*' dapat dilihat beberapa parameter cuaca antariksa (fluks proton, fluks elektron dan indeks Kp*10) pada tahun yang dipilih, di dalamnya hanya terdapat satu halaman.

Sub halaman 'Tren anomali' baik pada halaman 'Satellite based' maupun 'Time based' terdiri dari halaman grafik yang menampilkan tren anomali dan halaman tabel yang menampilkan tabel hasil query basis data anomali satelit pada Gambar 3-12. Grafik tren anomali dapat dibuat berdasarkan tipe distribusi dan hasil diagnosis anomali. Jika tombol 'Bikin report' di klik, maka rangkuman anomali yang terjadi akan muncul di memo 'report' yang terletak di bawah grafik.



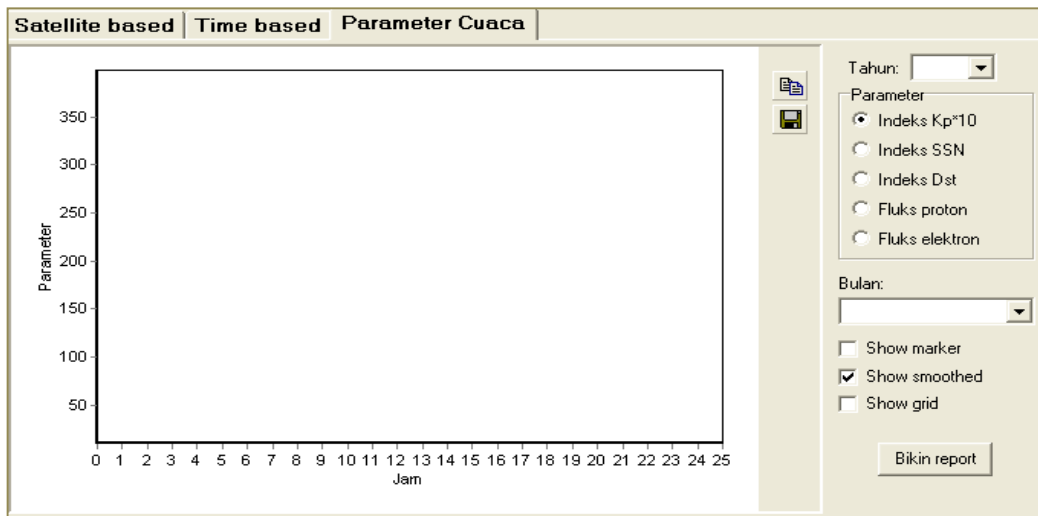
Gambar 3-12: Grafik tren anomali pada halaman 'Satellite based' dan 'Time based'

Tabel tren anomali dapat dibuat berdasarkan tipe distribusi dan hasil diagnosis anomali (Gambar 3-13). Pada 'Satellite based', kolom-kolom yang ditampilkan pada tabel adalah ADATE, STIMEL, ATYPE, ADIAG, dan ACOMMENT. Pada 'Time based' kolom-kolom yang ditampilkan sama dengan pada 'Satellite based' ditambah dengan kolom BIRD. Penjelasan masing-masing kolom ini dapat dilihat dengan mengklik tombol bantuan (bergambar buku) yang terletak di samping tabel. Pada halaman tabel juga ditampilkan jumlah anomali yang diperoleh. Pengguna juga dapat memilih bulan atau jam tertentu yang diminati. Jika pengguna mengklik tombol 'Bikin report' maka rangkuman anomali yang terjadi akan muncul di memo 'report' yang terletak di bawah tabel.



Gambar 3-13: Tabel tren anomali pada halaman 'Satellite based' dan 'Time based'

Pengguna dapat memilih bulan tertentu pada tahun yang dipilih di halaman 'Parameter cuaca'. Ada fasilitas untuk menampilkan marker grafik, *smoothed* grafik (dibuat menggunakan *moving average* dengan periode 240), dan grid grafik (Gambar 3-14). Jika pengguna mengklik tombol *Bikin report* maka rangkuman anomali yang terjadi akan muncul di memo 'report' yang terletak di bawah grafik.



Gambar 3-14: Halaman 'Parameter Cuaca Antariksa'

4 KESIMPULAN

Sistem informasi gangguan operasional satelit yang dibangun pada tahap awal masih berupa prototip yang memerlukan pengembangan berkelanjutan baik dari sistem basis data maupun dari sisi pemrogramannya. Termasuk dari sisi tampilan dan integrasinya dengan sebuah perangkat keras (*hardware*) sebagai upaya peringatan dini gangguan operasional satelit Indonesia mendatang. Meskipun demikian, prototip yang diberi nama SIAS (Sistem Informasi Anomali Satelit) ini telah digunakan untuk menganalisis beberapa kasus anomali satelit seperti satelit MARECS-A milik ESA (*European Space Agency*), seri satelit GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellites*) milik Amerika dan beberapa satelit lain yang disesuaikan dengan ketersediaan data parameter cuaca antariksa. Dengan sistem informasi dapat dilihat kejadian anomali satelit, orbit ketika satelit mengalami anomali termasuk prakiraan lokasinya ketika melintasi daerah tertentu serta tren cuaca antariksa setiap jam dan setiap tahun. Semua informasi dipadukan dalam SIAS sehingga analisa terhadap kejadian anomali satelit lebih mudah dilakukan. Sebagai ilustrasi dapat dilakukan untuk prakiraan dampak bila satelit LAPAN TUBSAT mengalami anomali. Dengan mengetahui satelit lain yang identik dengan LAPAN TUBSAT dalam hal misi dan orbitnya, maka kejadian anomali pada satelit tersebut dapat digunakan sebagai rujukan untuk menganalisis dampak parameter cuaca antariksa pada saat kejadian bila terdapat anomali pada satelit LAPAN TUBSAT.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Drs. L. Manurung yang banyak membantu penulis dalam memperoleh data serta konsultasi dalam penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Bedingfield, K.L. and Leach, R.D, 1996. *Spacecraft System Failures and Anomalies Attributed to the Natural Space Environment*, National Aeronautics and Space Administration Marshall Space Flight Center-MSFC, Alabama 35812.
- Koons, H.C; Fennel, J.F.; and Blake, J.B, 2000. *The Impact Of The Space Environment On Space System*, 6th Spacecraft Charging Technology Conference, AFRL-VS-TR-20001578.
- Mukhayadi dan Rahman, A, 2007. *Aktivitas Operasi Satelit Mikro LAPAN-TUBSAT*, LAPAN