

OPERASI STASIUN BUMI SATELIT MIKRO PENGINDERAAN JAUH

Toto Marnanto Kadri
Peneliti Bidang Informasi LAPAN

ABSTRACT

The ease on development of micro-satellites using relatively simplified facilities and with relatively less costs have provided the opportunity on development of experimental micro-satellites to provide earth observation information to support development efforts in Indonesia. A functional analysis assessment is implemented to the integrated operational activity of the ground station regarding remote sensing data acquisition and satellite control operation according to user data request. The description of ground station telemetry and command operational functions consist of several coordinated aspects of satellite in-orbit maintenance, operation of satellite payload, and scheduling of satellite data acquisitions.

ABSTRAK

Pembangunan satelit mikro dapat dilakukan dengan relatif mudah menggunakan fasilitas sederhana dan biaya rendah membuka peluang pengembangan satelit mikro penginderaan jauh eksperimental yang dapat memberikan informasi rupa bumi untuk mendukung pembangunan di Indonesia. Pengkajian analisis fungsional dilakukan pada kegiatan operasi stasiun bumi satelit secara terintegrasi meliputi perolehan data penginderaan jauh dan operasi kendali satelit sesuai permintaan pengguna data. Uraian fungsional operasi stasiun bumi telemetry dan kendali meliputi berbagai aspek pemeliharaan satelit di orbit, operasi muatan satelit dan penjadwalan perolehan data satelit yang dilakukan secara terkoordinasi.

1 PENDAHULUAN

Sejak tahun 1974 Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional-LAPAN telah melaksanakan pembangunan berbagai fasilitas perolehan, pengolahan dan distribusi data penginderaan jauh satelit hingga sekarang, yaitu perolehan data satelit-satelit NOAA APT, NOAA HRPT, NOAA AVHRR, Geo-Meteorological Satellite (GMS), Landsat MSS, Landsat TM, SPOT-1 s.d -4, ERS-1 s.d -2, JERS-1 dan MODIS.

Dalam rangka membangun kemandirian operasi satelit penginderaan jauh yang melayani kebutuhan pemanfaatan data bagi pembangunan di Indonesia secara berkesinambungan maka LAPAN perlu merintis satelit mikro penginderaan jauh eksperimental dengan misi mendukung pembangunan nasional yang

mendapat prioritas, misal ketahanan pangan. Satelit penginderaan jauh pengamatan bumi sesuai kebutuhan pemetaan spasial dapat dicapai dengan menggunakan sistem satelit mikro. Ruas antariksa akan terdiri atas sensor dan sistem wahana satelit, yang keduanya memerlukan kendali stasiun bumi untuk (a) menjaga kesehatan dan ketepatan operasi sistem satelit mikro pada orbit dan (b) melaksanakan tugas perolehan data sesuai permintaan pengguna.

Apabila program pembangunan satelit mikro penginderaan jauh dilaksanakan maka operasi stasiun bumi sebagai sarana perolehan data penginderaan jauh akan dilaksanakan secara bersama dan terkoordinasi dengan operasi kendali satelit, khususnya untuk memenuhi permintaan pengguna data di Indonesia.

Pada saat ini LAPAN telah melaksanakan kegiatan perolehan data telemetri dan tracking berbagai sistem satelit penginderaan jauh milik negara lain. Namun pelaksanaan pengendalian satelit yang terintegrasi dengan perolehan data satelit untuk memenuhi suatu misi penginderaan jauh belum pernah dilakukan.

Penjelasan ruang lingkup operasi ruas bumi satelit mikro misi penginderaan jauh pada orbit rendah atau *low earth orbit* (LEO) sekitar 600 s.d 850 km, terutama proses telekomunikasi transmisi data dari wahana satelit ke stasiun bumi kendali atau *down-link* dan transmisi data dari stasiun bumi kendali ke wahana satelit *up-link*. Fungsi organisasi pengaturan komunikasi antara stasiun bumi dan satelit disampaikan dalam pengkajian fungsi operasi stasiun bumi. Sesuai dengan kecepatan aliran data satelit mikro penginderaan jauh ke stasiun bumi maka telekomunikasi antara satelit dengan stasiun bumi dan sebaliknya dapat dianggap bekerja pada frekuensi S-band untuk kendali dan telemetri wahana satelit, serta X-band untuk *down-link* telemetri data citra dari sistem sensor muatan satelit (Willi Hallmann, et. al., 1999).

Pembangunan kemampuan penguasaan teknologi satelit dewasa ini masih memerlukan alih pengetahuan dan keterampilan dari negara maju, khususnya bagi sumber daya manusia dan pengembangan sarana produksi satelit di Indonesia. Program yang akan ditempuh LAPAN pada masa mendatang ditujukan pada pembangunan satelit-mikro, yaitu jenis satelit dengan berat antara 10-100 kilogram bagi pemanfaatan ketahanan pangan (Gunawan Prabowo, et.al., 2006).

Pengembangan satelit-mikro meliputi konsep misi, rancang bangun muatan sensor, struktur bus satelit, sistem elektronik, sistem kendali, ruas bumi, perangkat lunak, peluncuran dan operasi satelit-mikro. Pengkajian fungsi stasiun bumi termasuk bagian penting

dalam rancang bangun pembangunan program satelit mikro.

Mendapat uraian proses tentang pelaksanaan operasi stasiun bumi bagi satelit mikro penginderaan jauh yang beroperasi pada orbit meliputi (a) kegiatan telekomunikasi *down-link* dan *up-link*, (b) kegiatan operasi pengawasan dan pengendalian satelit dan (c) kegiatan perolehan data misi satelit penginderaan jauh. Stasiun bumi berhubungan dengan satelit di orbit secara timbal balik.

Pada pengkajian sistem stasiun bumi digunakan analisis fungsi proses dan struktur stasiun bumi yang mendukung operasi satelit penginderaan jauh eksperimental. Pengkajian disampaikan dengan mengutarakan tinjauan uraian fungsi dan peranan berbagai sub-sistem stasiun bumi dalam mendukung operasi satelit penginderaan jauh misi observasi bumi sumber alam.

Ulasan analisis dilakukan secara diskriptif berdasarkan berbagai fungsi operasi stasiun bumi telemetri dan kendali penginderaan jauh, khususnya ditujukan pada stasiun bumi untuk mendukung operasi satelit mikro dengan misi penginderaan jauh ketahanan pangan.

2 BERBAGAI SUB-SISTEM SATELIT MIKRO SERTA STASIUN BUMI TELEMETRI DAN KENDALI

Pada pelaksanaan operasi stasiun bumi satelit mikro penginderaan jauh ada tiga bagian utama, yaitu (a) satelit mikro penginderaan jauh, (b) stasiun bumi kendali satelit dan (c) stasiun bumi telemetri perolehan data satelit.

2.1 Berbagai Sub-Sistem Satelit Mikro

Berbagai sub-sistem satelit mikro adalah sebagai berikut (Stephen D. Wall, et.al., 1991):

- Pengaturan, pengolahan dan distribusi data pada wahana satelit (*on-board data handling and storage*);
- Pembangkitan sumber tenaga listrik dan catu daya pengaturan penyimpanan serta pemakaian daya listrik (*regulated power supply*);

- Pengaturan sikap satelit di orbit (*attitude control*);
- Perhubungan transmisi data antara satelit dan stasiun bumi telemetri dan kendali (*telecommunication*);
- Perangkat lunak bagi operasi komputer satelit (*flight software*);
- Pengatur temperatur di dalam wahana satelit (*thermal control*);
- Peralatan mekanik bergerak, misal robotik (*flight mechanics*);
- Pendorong satelit di orbit (*propulsion*);
- Muatan sensor pencitra bagi perolehan data penginderaan jauh (*remote sensing imaging payload*)

2.2 Berbagai Sub-Sistem Stasiun Bumi Kendali

Berbagai sub-sistem stasiun bumi kendali adalah sebagai berikut (Stephen D. Wall, et.al., 1991):

- Antena penerima RF, *tracking* satelit;
- *Low noise amplifier* (LNA);
- Alat penerima RF (*receiver*)
- *Demodulator*,
- *Decoder dan bit-synchronizer*,
- Perekam data (*data recorder*);
- Pengolah data (*data processor*);
- Unit kendali misi (*mission control unit*);
- Unit pengatur urutan perintah kendali (*command sequencing unit*);
- *Encoder dan Modulator*,
- Pemancar (*transmitter*) RF dan penguat (*amplifier*);
- Antena pemancar RF, *tracking* satelit.

2.3 Berbagai Sub-Sistem Stasiun Bumi Telemetri

Berbagai sub-sistem stasiun bumi telemetri penginderaan jauh adalah sebagai berikut:

- Antena penerima RF, *tracking* satelit;
- *Low noise amplifier* (LNA);
- Alat penerima (*receiver*)
- *Demodulator*,
- *Decoder dan bit-synchronizer*,
- Perekam data (*data recorder*);
- Pengolah data mentah untuk koreksi data citra tingkat terendah (*data pre-processing*);

- Pengolah data untuk analisis data citra bagi interpretasi pengguna data (*image processing system*);
- Penyimpanan, pengarsipan dan katalog (*storage, archive and catalog*) data;
- Pelayanan pengguna (*user service*);
- * Pengkajian kualitas produk data (*data product quality assessment*);
- Distribusi data kepada pengguna yang memesan (*data distribution*).

Berbagai sub-sistem satelit penginderaan jauh dan sub-sistem stasiun bumi telemetri dan kendali tidak dibahas secara lebih terinci. Pembahasan diarahkan pada fungsi-fungsi beberapa sub-sistem tersebut di atas secara terintegrasi.

3 OPERASI STASIUN BUMI SATELIT MIKRO PENGINDERAAN JAUH

3.1 Fungsi Kendali Satelit Mikro Penginderaan Jauh

Stasiun bumi kendali melaksanakan dua fungsi telekomunikasi antara stasiun bumi dan satelit pada orbit dan sebaliknya, yaitu:

- Fungsi stasiun bumi mengirim transmisi telekomunikasi data ke wahana satelit di orbit, yaitu *up-link*, berupa transmisi *sub-routine* perintah (*command*) kendali dan parameter bagi operasi seluruh sub-sistem satelit serta sistem sensor muatan satelit;
- Fungsi stasiun bumi menerima transmisi telekomunikasi data dari wahana satelit di orbit, yaitu *down-link*, berupa perolehan, pengolahan dan analisis data status satelit sebagai pertimbangan dalam menetapkan langkah prosedur kendali satelit. Pada *down-link juga*, diterima data telemetri sensor penginderaan jauh muatan satelit untuk diolah, diarsipkan dan didistribusikan kepada pengguna data.

3.2 Kegiatan Stasiun Bumi Kendali Satelit Mikro Penginderaan Jauh

Perolehan *down-link* data telemetri tentang status dan kesehatan wahana

satelit diproses dan dievaluasi untuk digunakan sebagai masukan pertimbangan keputusan dan tindakan dalam memberikan perintah kendali yang akan dikirimkan *up-link* ke satelit. Perintah kendali berisi instruksi yang harus dilakukan *on-board computer* (OBC) atau *on-board data handling* (OBDH) wahana satelit dalam menjaga kelangsungan operasional seluruh sub-sistem satelit maupun sensor penginderaan jauh muatan satelit. Pemeliharaan satelit pada lintasan orbitnya atau kegiatan navigasi satelit merupakan proses penting dalam menjaga kesehatan satelit. Peluruhan (*decay*) orbit satelit maupun bentuk penyimpangan lain oleh satelit dari orbitnya sangat menentukan usia dan tujuan pemakaian satelit (Oliver Montenbruck, et.al. 2005). Pada umumnya, perintah kendali ke satelit selalu bersifat cermat dan penting (*urgent*).

Peran stasiun bumi kendali satelit mikro penginderaan jauh dapat diuraikan sebagai berikut:

- Menjamin adanya hubungan dengan satelit pada setiap kesempatan, yaitu setiap saat orbit satelit berada dalam garis pandang antena stasiun bumi utama atau stasiun bumi tambahan;
- Memelihara kesehatan dan keselamatan seluruh sub-sistem dan sensor muatan satelit mikro penginderaan jauh;
- Melakukan perolehan, pengolahan, pengarsipan dan distribusi data sensor satelit penginderaan jauh;
- Merencanakan dan menjadwalkan perolehan data telemetri sensor muatan satelit;
- Mengelola kegiatan operasi misi satelit.

Seluruh peran stasiun bumi di atas memerlukan koordinasi, pengelolaan dan pengawasan semua kegiatan stasiun bumi agar dapat tercapai kesatuan, keterpaduan dan kelancaran tercapainya tujuan misi satelit.

Dalam merencanakan jadwal perolehan data penginderaan jauh diperlukan koordinasi semua fungsi stasiun bumi, mengingat satelit mikro harus

dialihkan dari *off-line* perolehan data sensor menjadi *real-time* operasi satelit (Stephen D. Wall, et.al., 1991). Pada *real-time* operasi satelit semua sub-sistem muatan dan navigasi satelit harus berada dalam keadaan beroperasi dengan baik. Pengalihan tersebut memerlukan pemeriksaan status dan kesiapan operasional seluruh sub-sistem satelit secara terintegrasi, misal kesiapan sub-sistem catu daya satelit dalam menyediakan energi bagi seluruh sub-sistem satelit dan muatan sensor satelit.

3.3 Pengoperasian dan Pemeliharaan Wahana Satelit oleh Stasiun Bumi

Pengoperasian wahana satelit oleh stasiun bumi terbagi atas proses telekomunikasi *up-link* dan *down-link*, yaitu

a. Pelaksanaan *down-link*

Pengoperasian dan pemeliharaan satelit, adalah sebagai berikut:

- Pemantauan status telemetri dan kesehatan semua sub-sistem wahana satelit;
- Analisis kecenderungan keadaan kesehatan dan perubahan sifat semua sub-sistem bagi analisis (*trend analysis*) kinerja pengoperasian semua sub-sistem satelit secara terintegrasi (*performance prediction*);
- Pemantauan kualitas transmisi signal *down-link* dan *up-link* telekomunikasi satelit, misal kekuatan signal, bit error rate (BER), modulasi dan lain-lain;
- *Tracking* posisi orbit, navigasi dan sikap satelit pada orbit.

b. Pelaksanaan *up-link* pengoperasian dan pemeliharaan wahana satelit, sebagai berikut:

- Transmisi *sub-routine* perintah dan parameter kendali kepada semua sub-sistem wahana satelit melalui OBDH;
- Transmisi *sub-routine* perintah dan parameter kendali manuver satelit di orbit;
- Transmisi perintah kendali pengaturan dan keterpaduan (*synchronization*) sistem

telekomunikasi antara satelit dan stasiun bumi;

- Pengiriman transmisi perintah kendali dalam mengatasi kejadian anomali pada wahana satelit atau sensor muatan satelit (*anomaly resolution*);
- Pengiriman transmisi parameter teknik operasi wahana satelit, misal *ephemeris* orbit, pengelolaan memori OBDH, pengelolaan baterai, arah sensor bin tang, dan lain-lain.

Pelaksanaan *up-link* dan *down-link* bagi pengoperasian dan pemeliharaan wahana satelit merupakan kegiatan yang tidak dapat ditunda atau *real time*. Situasi dapat berubah dengan cepat pada status wahana satelit bila terjadi anomali pada salah satu sub-sistem satelit.

3.4 Perolehan dan Pengolahan Data Sensor Muatan Satelit

Perolehan dan pengolahan data telemetri sensor satelit penginderaan jauh terbagi atas proses *up-link* dan *down-link*, yaitu:

a. Pelaksanaan *down-link* perolehan dan pengolahan data sensor muatan satelit, adalah sebagai berikut:

- Perolehan, pengolahan, penyimpanan dan distribusi data dari sensor satelit penginderaan jauh;
- Pengolahan, analisis dan evaluasi data citra penginderaan jauh;
- Pengembangan pemanfaatan data sensor satelit;
- Pengukuran, penelitian dan pengkajian kualitas data citra satelit;
- Pengukuran dan pengkajian kinerja dan kalibrasi sensor satelit.

b. Pelaksanaan *up-link* program perolehan data

sensor satelit, adalah sebagai berikut:

- Perintah kendali jadwal dan urutan operasi sensor penginderaan jauh muatan satelit;

- Perintah kendali merekam hasil perolehan data pada memori (*on-board recording*) OBDH satelit;
- Perintah kendali mengarahkan sensor muatan satelit pada lokasi obyek rupa bumi yang harus diamati;
- Penetapan program operasi sistem satelit dalam mendukung eksperimen ilmiah misi penginderaan jauh.

4 PENGELOLAAN STASIUN BUMI SATELIT MIKRO PENGINDERAAN JAUH

Pengelolaan stasiun bumi satelit penginderaan jauh terdiri atas ruang lingkup sebagai berikut:

4.1 Pengendalian Satelit

Pengendalian satelit merupakan kegiatan yang dilakukan terus-menerus setiap hari selama satelit masih dapat beroperasi. Kegiatan meliputi (a) pemeliharaan fasilitas stasiun bumi agar terjamin dapat beroperasi secara berlanjut dan (b) penyelenggaraan hubungan telekomunikasi antara ruas bumi dan satelit dan sebaliknya. Kegiatan utama adalah sebagai berikut:

- Pemantauan telemetri satelit pada setiap lintasan satelit di atas stasiun bumi guna menjamin kelangsungan komunikasi antara ruas bumi dan ruas antariksa;
- Transmisi *up-link* perintah kendali dari stasiun bumi ke satelit di orbit;
- Transmisi *down-link* data telemetri dari satelit di orbit ke stasiun bumi;
- Pengoperasian dan pemeliharaan fasilitas ruas bumi, telekomunikasi dan antena *tracking*;
- Pengoperasian jaringan komputer;
- Penjadwalan kegiatan *tracking* wahana satelit pada lintasan orbit, dengan cara *autotracking* (antena menghadap satelit pada lintasan orbit dengan mengikuti energi pancaran transmisi RF dari satelit) atau *program tracking* (antena diarahkan menghadap satelit sesuai program perhitungan parameter lintasan orbit satelit).

4.2 Pemeliharaan Kesehatan dan Keselamatan Wahana Satelit

Untuk segera dapat menghindari, mengenal dan mengatasi masalah kesehatan satelit maka kegiatan ini harus berjalan cepat, yaitu setelah data telemetri *down-link* tentang status dan kesehatan satelit diterima stasiun bumi maka segera dilakukan analisis dan evaluasi data tersebut untuk menetapkan tindakan operasional perintah kendali pada satelit. Stasiun bumi selanjutnya mengirim perintah kendali untuk *up-link* pada satelit. Apabila *up-link* perintah kendali tidak dapat dikirim pada lintasan satelit di atas stasiun bumi yang sedang berlangsung, maka perintah kendali tersebut dikirim pada lintasan satelit berikutnya. Waktu diperlukan untuk melaksanakan evaluasi data telemetri dan penetapan program perintah kendali secara tepat yang harus dikirim ke satelit. Kegiatan utama adalah sebagai berikut:

- Analisis telemetri seluruh data sub-sistem wahana satelit, termasuk sensor penginderaan jauh muatan satelit;
- Pemantauan dan penetapan status dan tingkat kesehatan wahana satelit;
- Penetapan perintah kendali stasiun bumi yang akan ditransmisikan ke OBDH satelit untuk diteruskan ke seluruh sub-sistem satelit;
- Penetapan urutan dan prioritas perintah kendali pada wahana satelit;
- Pemantauan, perbaikan dan pemulihan orbit satelit.

4.3 Perencanaan dan Penjadwalan Misi Satelit Penginderaan Jauh

Perencanaan dan penjadwalan misi satelit merupakan kegiatan membuat rencana perolehan data penginderaan jauh pada orbit-orbit satelit mendatang, yaitu untuk mendapat perolehan data penginderaan jauh sesuai spesifikasi misi secara optimal dan sesuai kebutuhan dan permintaan pengguna data dengan mengamati keberadaan posisi orbit

satelit maupun status kesehatan satelit. Kegiatan tersebut terutama adalah sebagai berikut:

- Perencanaan perolehan data di waktu yang akan datang sesuai permintaan pengguna data;
- Perencanaan perolehan data jangka panjang bagi penelitian ilmiah;
- Pengaturan dan penyatuan operasi perolehan data yang melibatkan seluruh sub-sistem wahana satelit dan sensor muatan satelit;
- Penyelesaian konflik jadwal perolehan data satelit dalam memenuhi permintaan pengguna data;
- Analisis kualitas hasil perolehan data citra penginderaan jauh dan keterkaitan posisi orbit wahana satelit pada saat perolehan data.

4.4 Pengolahan dan Analisis Data Satelit Penginderaan Jauh

Pengolahan dan analisis data penginderaan jauh satelit merupakan pelayanan data satelit yang sudah diolah dan dikoreksi kepada kalangan pengguna data serta *stakeholder* lainnya.

Kegiatan utama adalah sebagai berikut:

- Pengolahan data mentah dari sensor satelit penginderaan jauh, yaitu dari format signal transmisi menjadi format data citra;
- Pengolahan untuk koreksi radiometrik dan geometrik data;
- Penetapan kualitas pengolahan produk data citra standar;
- Pengkajian kecenderungan (*trend*) perkembangan perangkat pengolahan data dan metoda analisis data;
- Pengarsipan dan katalog data;
- Penyelenggaraan distribusi data terolah kepada pengguna data;
- Pengkajian metoda dan pengembangan pemanfaatan data;
- Pengkajian kebutuhan dan permintaan pemanfaatan data oleh masyarakat pengguna, serta promosi pemanfaatan data.

5 DIAGRAM ALIRAN OPERASI MISI SATELIT MIKRO PENGINDERAAN JAUH

Diagram aliran operasi misi satelit mikro penginderaan jauh ditunjukkan pada Gambar 5-1 (Lampiran). *Uraian Fungsi Stasiun Bumi Satelit Mikro Penginderaan Jauh* (Stephen D. Wall, et. al., 1991), adalah

- a. Kegiatan *down-link* dari satelit ke stasiun bumi, berupa
 - Perolehan data telemetri dari sensor muatan satelit;
 - Perolehan data tracking dan telemetri tentang parameter status dan kesehatan semua sub-sistem satelit serta sistem sensor penginderaan jauh muatan satelit.
- b. Kegiatan *up-link* perintah kendali dari stasiun bumi ke satelit dilakukan melalui fungsi perencanaan operasi satelit bagi misi penginderaan jauh atau *mission control* yang bertugas merencanakan dan menetapkan semua perintah kendali operasional yang harus dilakukan satelit, yaitu:
 - Pengaturan dan pemeliharaan operasi semua sub-sistem;
 - Penjadwalan perolehan data oleh sensor penginderaan jauh muatan satelit;
 - Pelaksanaan tindakan otonom oleh OBDH bagi keselamatan satelit apabila diperlukan.

Perintah kendali satelit harus dilakukan bertahap sesuai struktur operasi sistem satelit. Perintah kendali tidak boleh dilakukan secara teracak (*random*) atau terbalik urutannya terhadap struktur operasi satelit (Stephen D. Wall, et.al., 1991).

Sebelum perintah-perintah kendali satelit yang berasal dari beberapa fungsi stasiun bumi kendali dapat ditransmisikan ke satelit dengan *up-link*, maka perintah-perintah tersebut harus terlebih dahulu melalui fungsi pengaturan urutan (*sequencing*) sesuai urutan perintah kendali yang dapat diterima dan dilaksanakan oleh OBDH satelit.

Perintah kendali satelit ada yang dilakukan (a) secara *real time* atau segera setelah perintah kendali diterima OBDH satelit dan (b) sesuai program penjadwalan eksekusi perintah yang diinginkan stasiun bumi.

6 KESIMPULAN

Kegiatan stasiun bumi telemetri dan kendali satelit penginderaan jauh eksperimental meliputi kepentingan sebagai berikut;

- Pengelolaan fasilitas stasiun bumi kendali dan telemetri agar dapat berfungsi secara berlanjut;
- Pengoperasian dan pemeliharaan keselamatan serta kesehatan seluruh sub-sistem satelit;
- Perolehan, pengarsipan, distribusi dan analisis data satelit penginderaan jauh bagi pelayanan permintaan pengguna data dan *stakeholder*.

Hubungan antara stasiun bumi dan satelit dilakukan secara timbal balik, yaitu dengan cara *up-link* dan *down-link*, meliputi fungsi:

- Memelihara kesehatan seluruh sub-sistem satelit;
- Melaksanakan operasi seluruh sub-sistem satelit pada orbit;
- Memelihara navigasi satelit pada orbit;
- Memelihara kesehatan operasi dan kalibrasi muatan sensor penginderaan jauh satelit;
- Melakukan penjadwalan operasi semua sub-sistem satelit dan muatan sensor satelit pada orbit;
- Melakukan perolehan data telemetri status seluruh sub-sistem dan sensor muatan wahana satelit;
- Melakukan perolehan data telemetri dari sensor penginderaan jauh pencitra;

Analisis fungsi dan kegiatan operasi stasiun bumi telemetri dan kendali di atas menunjukkan bahwa pelaksanaan kendali dan telemetri satelit harus dilakukan berdasarkan perencanaan dan prosedur terintegrasi

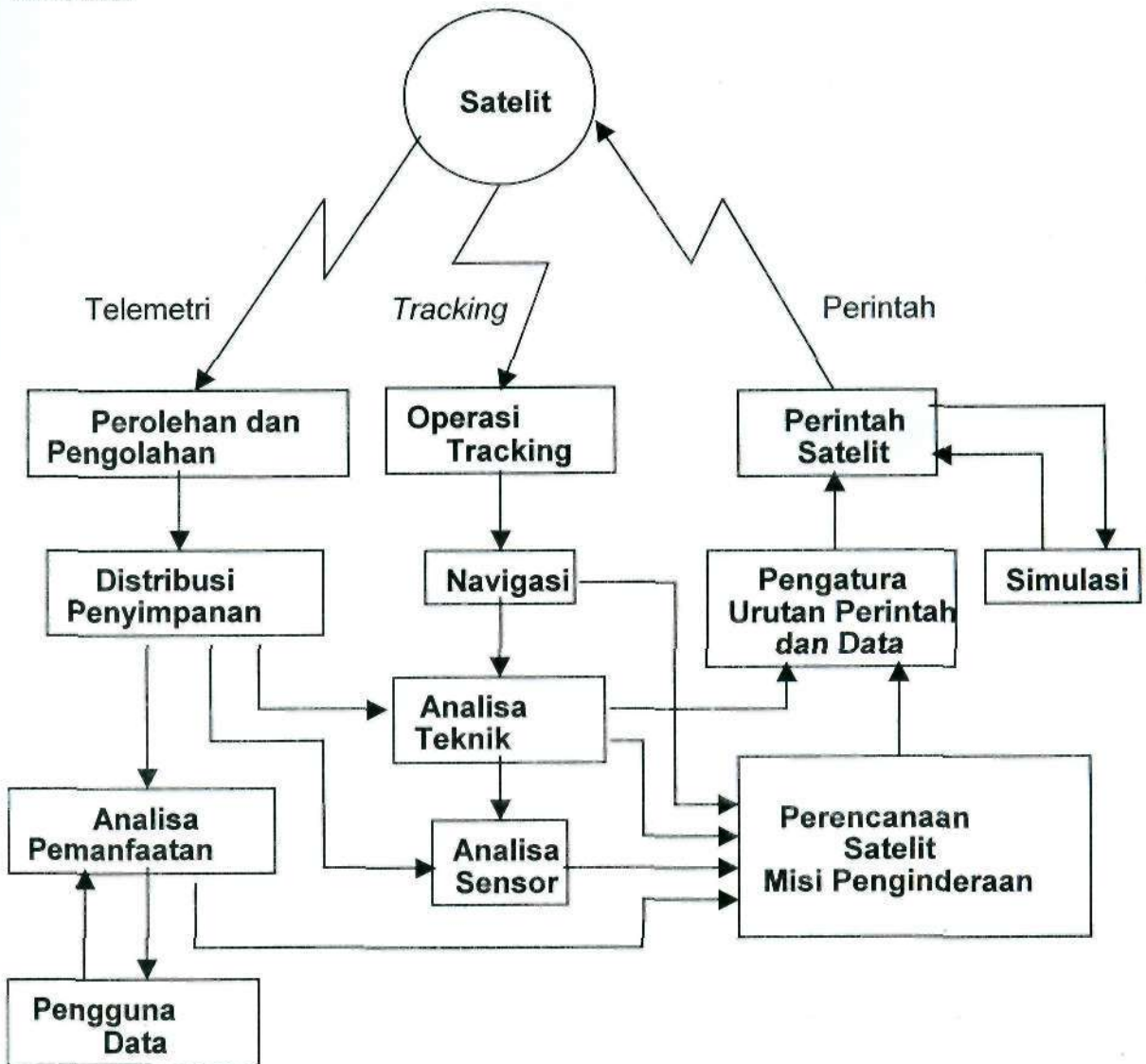
dan terkoordinasi seluruh fungsi stasiun bumi untuk satelit mikro bagi misi penginderaan jauh eksperimental;

Eksekusi kendali satelit umumnya adalah untuk kepentingan memelihara kelangsungan operasi satelit dan mengatasi masalah operasi satelit berdasarkan hasil transmisi *down-link* data sebagai berikut:

- Keberadaan navigasi dan orbit satelit;
- Status operasi setiap sub-sistem satelit,
- Status operasi sistem sensor muatan satelit;
- Status perolehan data penginderaan jauh.

DAFTAR RUJUKAN

- Gunawan Prabowo, et.al., 2006. *Pengembangan Satelit Generasi II Misi Ketahanan Pangan*, Pustekelegan, LAPAN.
- LAPAN, 2002. *Program Satelit-Mikro Indonesia 2003-2007*.
- LAPAN, 2004. *Development of LAPAN-TUBSAT Micro-Satellite, Technical Document, Project Manager, Space Telecommunication and Information, System Technology Design and Development*.
- Oliver Montenbruck, et. al., 2005. *Satellite Orbits: Models, Methods and Applications*, Springer.
- Stefan Schultz et.al, 2000. *DLR-TUBSAT: A Microsatellite for Interactive Earth Observation*, TU Berlin.
- Stephen D. Wall et.al., 1990. *Design of Mission Operations System for Scientific Remote Sensing*, Taylor & Francis.
- Texas Instruments, 1984. *Optoelectronic Data Book: Infrared, Imaging and Visible Products*.
- W.G. Rees, 2005. *Physical Principles of Remote Sensing*, Second Edition, Cambridge University Press.
- Willi Hallmann, et.al, 1999. *Handbuch Raumfahrt-technik*, 2. Auflage, Hanser Verlag.



Gambar 5-1: Uraian Fungsi Stasiun Bumi Satelit Mikro Penginderaan Jauh

Denah di atas menunjukkan kegiatan stasiun bumi kendali dan telemetri bagi satelit mikro eksperimental dengan misi penginderaan jauh, terdiri atas (a) perolehan *down-link* data *tracking* tentang status dan kesehatan seluruh sub-sistem wahana satelit (b) perolehan *down-link* data telemetri hasil pengukuran rupa bumi oleh sensor penginderaan jauh muatan satelit (c) pengiriman *up-link* perintah kendali dari stasiun bumi ke wahana satelit.