

KAJIAN SISTEM PENGINDERAAN JAUH SATELIT IRS-P6 DAN APLIKASI DATA

Gokmaria Sitanggang
Peneliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN

ABSTRACT

The technical capability of IRS-P6 satellite remote sensing system i.e the satellite system and its sensors, the data characteristics and the data product types, and also the data application was studied based on the current literatures or informations. The study results can be used as considerations tool in the selection of IRS-P6 data for various application and the use of IRS-P6 data as an alternative data to replace the ETM plus LANDSAT data in SLC OFF condition. The result also can be used as a consideration in the development of LAPAN remote sensing ground station for the continuity of remote sensing data service in Indonesia and also to solve the ETM plus LANDSAT in SLC OFF condition.

The study results among others are the technical capability of IRS-P6 satellite system and its sensors i.e : LISS III, LISS IV and AWiFS, the data characteristics, the data product types and also the main data application . Another result showed that the LISS III IRS-P6 data can be used to replace the ETM plus LANDSAT data in SLF OFF condition based on the capability of the IRS-P6 sensors or the data ie : spectral resolution, spasial resolution, radiometric resolution, temporal resolution and also the data swath ; however the thermal band spectral is not exist to replace the ETM plus LANDSAT.

The considerations or the advantages in the use each of IRS-P6 (LISS III, LISS IV, AWiFS) data for various applications is also presented in this paper.

ABSTRAK

Kemampuan teknis sistem inderaja satelit IRS-P6 meliputi sistem satelit IRS-P6 dan sensor-sensbrnya, karakteristik data dan jenis produk data, dan juga aplikasi data, dikaji berdasarkan literatur-literatur atau informasi yang tersedia dewasa ini. Hasil kajian dapat digunakan sebagai alat pertimbangan di dalam pemilihan data IRS P6 untuk bermacam aplikasi dan pemanfaatan data IRS P6 sebagai alternatif pengganti data inderaja ETM-Plus Landsat-7 kondisi SLC OFF. Hasil ini dapat pula menjadi suatu pertimbangan di dalam pengembangan Stasiun Bumi Inderaja yang dikelola oleh LAPAN untuk menjamin kontinuitas pelayanan bagi para pengguna data inderaja di Indonesia, dan juga di dalam mengatasi masalah data ETM plus LANDSAT kondisi SLC OFF.

Hasil studi antara lain kemampuan teknis sistem satelit IRS-P6 dan sensor-sensornya yaitu masing-masing sensor LISS-III, LISS-IV dan AWiFS .karakteristik data, jenis produk data dan aplikasi utama data tersebut . Hasil lainnya adalah: berdasarkan kemampuan resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi radiometrik dan resolusi temporal dari data atau sensor pada satelit IRS -P6, data LISS-III IRS-P6 dapat digunakan sebagai alternatif pengganti data ETM-Plus Landsat-7 kondisi SLC OFF, tanpa kanal spektral termal .

Pertimbangan atau keunggulan pemanfaatan masing-masing data LISS-III, LISS-IV dan AWiFS untuk bermacam aplikasi juga dikemukakan di dalam makalah ini.

1 PENDAHULUAN

IRS-P6 adalah satelit observasi Bumi dalam seri IRS (*Indian Remote Sensing*) dari ISRO (*Indian Space Research Organization*), di Bangalore, India. Tujuan keseluruhan dari sistem penginderaan jauh (inderaja) satelit IRS-P6 adalah untuk memperlengkapi pelayanan kontinyu data inderaja pada basis operasional untuk pengelolaan sumber daya darat dan laut (air) yang terintegrasi. Sistem inderaja satelit IRS-P6 adalah kelanjutan dari misi-misi IRS-IC/ID dengan kapabilitas yang ditingkatkan. IRS-P6 sedang dioperasikan oleh ISTRAC (*ISRO Tracking Network*) di Bangalore semenjak diluncurkan pada tanggal 17 Oktober 2003 dengan wahana peluncur PSLV-C5 dari SHAR, India. Sistem Akuisisi Data, Pengolahan dan Penyimpanan Data diperlengkapi di NRSA (*National Remote Sensing Agency*), Hyderabad, India. (*IRS-P6 Data User Hand Book*, 2003).

Satelit IRS-P6 adalah pesawat antariksa (*spacecraft*) yang distabilkan dengan tubuh 3 poros, diluncurkan ke dalam suatu orbit lingkaran, sinkron matahari, pada ketinggian 817 km dengan inklinasi 98,7, dengan periode orbit 101,35 menit dan melewati katulistiwa pada jam 10.30 pagi hari waktu setempat pada posisi menurun (*descending node*) atau ke arah Kutub Selatan. Kemampuan pengulangan orbit adalah setiap 24 hari (341 orbit setiap siklus). Satelit IRS-P6 (*RESOURCE SAT*) membawa tiga buah sensor yaitu: 1) LISS-III (*Linier Imaging and Self Scanning Sensor*), 2) LISS-IV (*High Resolustion Multispektral Camera*) dan 3) AWiFS (*Advanced Wide Field Sensor*). Sensor LISS-III adalah kamera multispektral yang bekerja dalam 4 kanal spektral yaitu tiga kanal dalam gelombang tampak dan infra-merah dekat (VNIR) masing-masing dengan resolusi spasial 23,5 m. Sensor LISS-IV adalah suatu kamera resolusi tinggi dengan resolusi spasial 5,8 m pada nadir. Kamera tersebut dapat dioperasikan di dalam dua mode yaitu mono dan multi-spektral. Sensor AWiFS adalah suatu kamera resolusi

medium (56m) dengan lebar liputan satuan citra 740 km. Sensor AWiFS beroperasi dalam 4 kanal spektral yang identik dengan 4 kanal spektral sensor LISS-III IRS-P6, dengan kapasitas pengulangan setiap hari.

Stasiun Bumi Inderaja Parepare yang dioperasikan oleh LAPAN, dalam kurun waktu operasional (1993 sampai sekarang) dimulai dengan kemampuan untuk menerima, merekam, mengolah dan mendistribusikan data yang ditransmisikan oleh satelit Landsat-5 dan SPOT-2. Lebih lanjut Stasiun Bumi Inderaja Parepare tersebut berkembang mampu menerima, merekam, mengolah dan mendistribusikan data *Synthetic Aparture Radar* (SAR) dari satelit ERS-1/2 dan JERS-1, serta Landsat-7 dan SPOT-4. Pengembangan Sistem Stasiun Bumi tersebut untuk dapat menerima data MODIS juga telah mulai dilakukan semenjak tahun 2003, dan telah selesai atau mampu menerima data MODIS sejak pertengahan tahun 2004. Sensor MODIS adalah sensor optis hyperspectral 36 kanal, multi spasial (250m, 500m dan 1000 m), dengan resolusi temporal harian, dan liputan global 2330 km (Kartasmita, 2001; Tejasukmana, 2002)

Dalam perkembangan operasi satelit Landsat karena kegagalan penempatan Landsat-6 menuju orbitnya, maka Landsat-5 (yang masa edarnya atau *life time* sudah belasan tahun) masih dapat beroperasi sampai diluncurkan satelit Landsat-7 dengan resiko sewaktu-waktu dapat berhenti beroperasi. Satelit Landsat-7 telah diluncurkan dari Vanderburg Air Force Base, pada tanggal 15 April 1999. Payloadnya adalah instrument *single nadir pointing*, yaitu *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+). Dibandingkan dengan Landsat-5, pada Landsat-7 dikembangkan ketelitian spasialnya dengan menambahkan sensor Pankromatik dengan resolusi spasialnya 15 m. Kanal thermal infra-merah ditingkatkan ketelitiannya dari resolusi spasialnya 120 m menjadi 60 m. Dengan beroperasinya Landsat-7 tersebut, Stasiun Bumi Inderaja di Parepare mulai dikembangkan dan telah dapat menerima,

merekam, mengolah dan mendistribusikan data Landsat-7 tersebut kepada para pengguna.

Ketersediaan data Landsat-7 dan kemudahan perolehan data dari Stasiun Bumi yang dioperasikan oleh LAPAN, lebih lanjut membuka peluang untuk pemanfaatan data inderaja tersebut untuk berbagai bidang aplikasi. Hal itu yang dapat dilihat dari penelitian/ pengembangan dan operasionalisasi pemanfaatan data tersebut untuk sektor kehutanan, pertanian, perkebunan, pengembangan wilayah geologi/pertambangan, pemetaan dan lain sebagainya di Indonesia.

Setelah beroperasi kurang lebih 4 tahun, pada tanggal 31 Mei 2003 Landsat-7 mengalami suatu anomali yang disebabkan SLC (*Scan Line Corrector*) berhenti berfungsi secara normal (OFF). Tidak berfungsinya SLC tersebut menyebabkan garis-garis *scan* secara individu *overlap* secara bergantian dan meninggalkan suatu *gap* yang besar yang tampak seperti garis (*striping*) pada bagian tepi (*edge*) dari citra tersebut. (NASA, 2003),

Saat ini produk TM Landsat-5 dan ETM plus Landsat-7 (sebelum anomali), masih merupakan andalan pengguna Indonesia karena kemampuan resolusi spektralnya yang lebih baik dibandingkan SPOT. Mengingat keadaan teknis Landsat-7 yang mengalami keadaan SLC OFF dengan kondisi data ETM plus, untuk mempertahankan kontinuitas penyediaan data kepada pengguna, LAPAN perlu mengkaji alternatif pengganti data lain yaitu dari sistem inderaja satelit yang sejenis yaitu seri IRS (India), yaitu IRS P-6 yang sekarang ini sedang operasional. Seperti disebutkan di atas satelit IRS P-6 membawa sensor kamera LISS III, LISS-IV dan AWiFS yang mempunyai kesamaan spektral dengan sensor ETM+ Landsat-7.

Tujuan studi ini adalah melakukan kajian sistem inderaja satelit IRS-P6 meliputi kemampuan teknis sistem satelit dan sistem sensor IRS-P6, karakteristik data, jenis produk data, dan aplikasi data. Hasil kajian dapat digunakan sebagai alat pertimbangan dalam pemilihan data IRS P6 yang tersedia dewasa ini untuk

bermacam aplikasi dan pemanfaatan data IRS P6 sebagai alternatif pengganti data inderaja ETM-Plus Landsat-7 kondisi SLC OFF Hasil ini dapat pula menjadi suatu pertimbangan di dalam pengembangan Stasiun Bumi Inderaja yang dikelola oleh LAPAN untuk menjamin kontinuitas pelayanan bagi para pengguna data inderaja di Indonesia, dan juga di dalam mengatasi masalah data ETM plus LANDSAT kondisi SLC OFF.

Metode pelaksanaan kajian adalah dengan mempelajari materi studi berdasarkan referensi-referensi yang tersedia berupa literatur/informasi/data/hasil-hasil penelitian yang berkembang dewasa ini dalam lingkup nasional, regional dan internasional serta melakukan analisis.

2 KAJIAN SISTEM PENGINDERAAN JAUH SATELIT IRS-P6

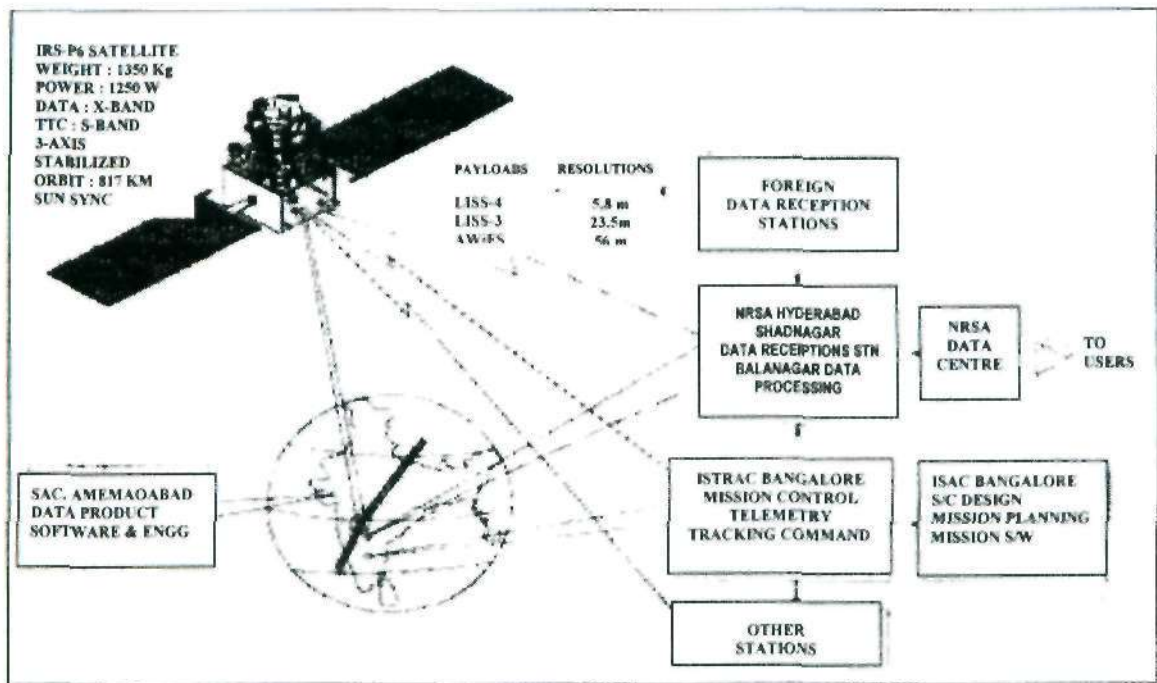
Kajian sistem inderaja satelit IRS-P6 meliputi: misi sistem penginderaan jauh satelit IRS-P6, kemampuan teknis sistem satelit IRS-P6, kemampuan teknis sensor-sensor IRS P6 dan karakteristik data, jenis produk data (*IRS-P6 Data User Hand Book*, 2003) diuraikan di bawah ini.

2.1 Misi Sistem Satelit Penginderaan Jauh Satelit IRS- P6

IRS-P6 sedang dioperasikan oleh ISTRAC (*ISRO Tracking Network*) di Bangalore, semenjak diluncurkan pada tanggal 17 Oktober 2003 dengan wahana peluncur PSLV-C5 dari SHAR, India. Sistem Akuisisi Data, Pengolahan dan Penyimpanan Data dilengkapi di NRSA (*National Remote Sensing Agency*), Hyderabad, India.

Sistem inderaja satelit IRS-P6 terdiri dari Ruas Bumi dan Ruas Antariksa. Ruas Bumi terdiri dari :

Ruas Komando dan Tracking Jarak Jauh (*Telemetry Tracking and Command Segment/TTC*), terdiri dari suatu *network* TTC untuk melengkapi operasi satelit yang optimum dan Pusat Pengontrol Misi (*Mission Control Center*) untuk pengelolaan misi, operasi satelit dan penjadwalan waktu.



Gambar 2-1: Gambaran ikhtisar misi IRS-P6

- Ruas Citra (*Image Segment*) yang terdiri dari Sistem Penerima Data, Sistem Akuisisi Data, Sistem Pengolahan Data dan Sistem Generasi Data, bersama-sama dengan Pusat Desiminasi dan Pusat Data.

Ruas Antariksa adalah satelit atau pesawat antariksa (*spacecraft*) yang membawa sensor sebagai instrumen pencitra atau pengukur obyek-obyek pada permukaan Bumi, dan peralatan-peralatan perekaman dan transmisi data dari satelit, peralatan sumber power dan peralatan lainnya. Ruas antariksa dari sistem inderaja satelit IRS-P6 melakukan fungsi-fungsi berikut:

- Mencitrakan ciri-ciri permukaan Bumi dalam kanal spektral yang diperlukan.
- Memformat data sensor *payload* bersama-sama dengan informasi tambahan (*auxiliary*) dan mentransmisikan data yang sama ke stasiun Bumi dalam dua kanal pembawa (*carriers*) yaitu dalam *Real Time* atau dalam *Playback* dari data yang direcord pada *board* dari satelit.
- Memperlengkapi power yang perlu untuk subsistem-subsistem *mainframe* dan operasi-operasi *payload* dengan *margin* power positif.

- Memperlengkapi akurasi *printing* yang diperlukan dan stabilitas selama pencitraan.
- Mempertahankan orbit yang tepat dengan cara manuver koreksi yang periodik.
- Mentransmisikan informasi *House Keeping* untuk bermacam subsistem dan menerima *telecommand* untuk mengontrol spacecraft tersebut.

Gambaran ikhtisar misi IRS-P6 ditunjukkan di dalam Gambar 2-1

2.2 Sistem Satelit IRS-P6

Satelit IRS-P6 adalah *spacecraft* yang distabilkan dengan tubuh 3 poros, diluncurkan dengan wahana peluncur PSLV-C5 dari SHAR, India, pada tanggal 17 Oktober 2003 ke dalam suatu orbit lingkaran, sinkron matahari, pada ketinggian 817 km dengan inklinasi 98,7, dengan periode orbit 101,35 menit dan melewati katulistiwa pada jam 10.30 pagi hari waktu setempat pada posisi menurun (*descending node*). Kemampuan pengulangan orbit adalah setiap 24 hari (341 orbit setiap siklus) dengan sudut inklinasi 98,7 derajat. Kemampuan teknis dari spacecraft IRS-P6 (*IRS-P6 Data User Hand Book*, 2003) diuraikan di bawah ini.

Mainframe dari *spacecraft* IRS-P6 adalah warisan IRS-IC/ID-P3 (dibangun oleh ISRO/ISAC, Bangalore) Struktur dari *spacecraft* terdiri dari Wahana Kerangka Utama (*Mainframe Platform-MPL*) dan Wahana Sensor (*Payload Platform-PPL*). Wahana sensor terdiri dari sistem dua deret bertingkat yaitu *deck* wahana sensor dan *deck* yang dapat berputar. *Deck* wahana sensor memuat modul kamera LISS-III, AWiFS-A dan AWiFS-B Kamera LISS-IV dipasang pada suatu *deck* yang dapat berputar $\pm 26^\circ$. Seluruh perlengkapan wahana sensor diikatkan terhadap silinder monoque CFRP, yang menurut gilirannya diikatkan terhadap silinder utama dari wahana kerangka utama tersebut melalui suatu pemasangan penopang (*Stmth Assembly*) untuk transfer beban yang efektif. Ukuran keseluruhan *spacecraft* IRS-P6 adalah kira-kira 2 m dan tinggi 2,1 m. Masa total dari *spacecraft* adalah 1360 kg, termasuk bahan bakar untuk 5 tahun. Power dilengkapi dengan suatu *solar array* yang menghasilkan 1250 W pada EOL (*End Of Live*). *Array* tersebut diartikulasi ke matahari dan sebagai tambahan ada dua buah baterai NiCD dengan kapasitas masing-masing 24 Ah.

Sistem TTC dikonfirmasi untuk bekerja dalam *S-band*, dan terdiri dari tiga subsistem *Telemetry*, *Telecommand* dan *Transponder*. Sistem *Telemetry* mengumpulkan data HK (*House Keeping*) dari setiap sub sistem, memformat dan memodulasi ke *sub carrier*. Ada dua format yaitu: *Dwell* dan *Normal* yang dapat diterima secara simultan. Data *telemetry* di transmisikan pada kecepatan 1 Kbps dalam mode normal dan 16 Kbps dalam mode *Playback*. *Telemetry* mode normal dimodulasikan pada *sub carrier* 25,6 kHz sementara data *Playback/dwell* dimodulasikan pada *sub carrier* kecepatan 128 kHz untuk transmisi. Suatu *storage* pada *board* dari satelit dengan kapasitas 6,3 u bits menyimpan data *telemetry* selama periode *non-visible* untuk *Playback* nantinya.

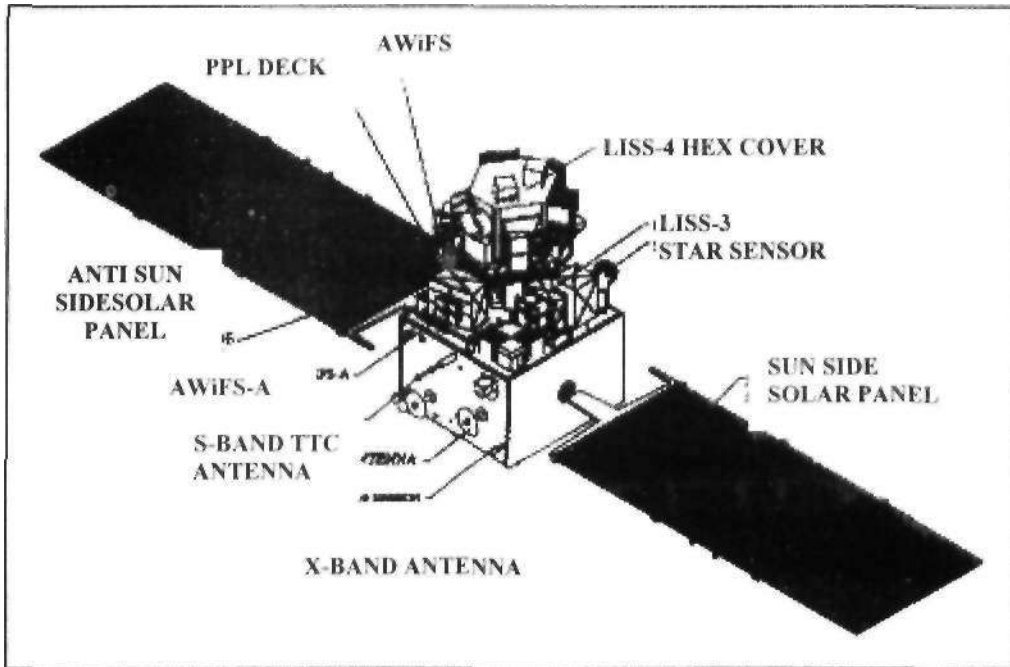
Sistem *Telecommand* bergabung dengan suatu kode BCH yang diperpendek, untuk penerimaan komando. Sistem ini melengkapi pelaksanaan komando *time-lag* maupun On OBT (*On Board Timer*) berdasarkan fasilitas-fasilitas pelaksanaan komando. Suatu *Micro Processor* (80C86) berbasis TCP (*Telecommand Processor*) diprogram untuk melaksanakan suatu urutan-urutan komando yang telah didefinisi awal, pada bermacam-macam mode dari operasi-operasi *Payload* (*real time*, kalibrasi dan *record/ Playback*).

Transponder TTC mentransmisikan data *telemetry*, menerima sinyal-sinyal *telecommand*, mendemodulasikan *ranging tones* dan mentransmisikan sinyal-sinyal tersebut kembali ke permukaan Bumi dengan suatu giliran yang tetap sekitar rasio 240/221 untuk dua cara *ranging* (pengukuran Doppler). Frekuensi *uplink* : 2071-875 MHz., sedangkan frekuensi *downlink* 2250 MHz. Data *payload* (sensor) ditransmisikan dalam *X-band* pada kecepatan data 105 Mbit/det. Sistem *Transponder* terdiri dari sistem Penerima dan sistem Transmisi, dan dapat beroperasi dalam salah satu mode Coherent atau mode Non-Coherent. Dalam mode coherent, *down link carrier* diperoleh dengan teknik PPL dari *uplink sinyal*. Dalam mode non-coherent, *down link carrier* diperoleh dari suatu *independent TCXO*.

Sistem Pengontrol Orbit dan Kedudukan Satelit (*Attitude and Orbit Control Systems/AOCS*) mendukung akuisisi bumi setelah peluncuran, menstabilkan tubuh 3 poros maupun memelihara orbit sepanjang waktu selama umur misi. AOCS tersebut dikonfigurasi dengan suatu *Microprocessor* berbasis *control electronics* dengan kelebihan panas. *Control electronics* tersebut menerima pengukuran kesalahan letak posisi satelit dari sensor-sensor matahari, *stars trackers*, *magnetometers*, *gyroscopes* dan menggerakkan *actuators*, *reaction wheels*, *magnetic torques*, dan *RCS thrusters* untuk memperkecil kesalahan kedudukan satelit (*attitude*). Ada beberapa logika khusus seperti urutan akuisisi secara otomatis, mode penyelamatan

(Safe mode), konfigurasi ulang secara otomatis dari roda-roda reaksi (*reaction wheels*) dalam hal terjadi kerusakan roda tunggal dan sebagainya. Spesifikasi ke-

seluruhan dari IRS-P6 ditunjukkan dalam Tabel 2-1. Pandangan isometrik satelit IRS-P6 ditunjukkan di dalam Gambar 2-2.



Gambar 2-2 : Pandangan isometrik satelit IRS-P6

Tabel 2-1: SPESIFIKASI TEKNIS KESELURUHAN DARI IRS-P6

<i>Spacecraft</i>	Distabilkan dengan bodi tiga poros.
<i>Orbit</i>	<i>Nearpolar</i> , sinkronmatahari, ketinggian 817 km, 10:30 am, <i>descending node</i> .
<i>Repetevity</i>	: 341 orbit / Cycle (24 had).
<i>Revisit time:</i>	: 5 hari (LISS-IV Mono dan AWiFS)
Mainframe Systems:	
Struktur	Alumunium and Alumunium Honey-Com dengan element CFRP untuk MPL dan PPL
Berat	1350 kg
Thermal Control	
	Pasif, elemen-elemen semi aktif dan aktif seperti OSR, MLI, pipa-pipa panas. <i>tape/ foil heaters</i> dan sebagainya.
Battery	$5 \pm 5^{\circ}\text{C}$
Payload Cameras	$20 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
Elektronics	$0 - 40^{\circ}\text{C}$
Power System	
<i>Solar Array</i>	6 panel matahari masing-masing ($1,4 \times 1,8 \text{ m}^2$) menghasilkan power 1250 W pada EOL
Battery	: Battery 2 x 24 Ah Np - Cd.
Power Elektronik	: Dua Raw buses 28 s.d 42 V Konverter DC-DC Hybrid dan Diskrit.
AOCS	
<i>Attitude-Sensors</i>	<i>Earth sensor</i> , <i>Digital Sun Sensor</i> , <i>Star trackers</i> , 4 <i>Pi Sun Sensors</i> , <i>Gyroscopes</i> AD akurasi 0,1 derajat, dengan <i>Earth sensors</i> 0,006 derajat dengan <i>Star trackers</i> .
<i>Actuators</i>	4 nos <i>Reaction Wheels</i> (5 NMS). 8 nos x IN dan 4 Nos IN <i>Hydrazine thrusters</i> , 2 Nos <i>Magnetic Torquers</i> .
<i>Control Elektronik</i>	<i>Akurasi pointing</i> < + 0.05 deg (3 sigma). <i>Drift rate</i> < + 5×10^{-5} deg/ sec (3 sigma).

2.3 Sistetn Sensor Dan Karakteristik Data IRS-P6 (LISS-III, LISS-IV, dan AWiFS)

IRS-P6 (RESOURCE SAT) diper-
timbangkan sebagai kesinambungan
IRS-IC/ID dengan kemampuan yang di-
tingkatkan. Satelit tersebut direncanakan
untuk menghasilkan kedua citra multi-
spektral dan citra pankromatik dari per-
mukaan Bumi dan direalisasikan dengan
membawa tiga buah sensor pencitra, yaitu

- *Linier Imaging and Self Scanning Sensor* (LISS-III).
- LISS-IV (*High Resolution Multispektral Camera*).
- *Advanced Wide Field Sensor* (AWiFS).

Satelit tersebut juga dilengkapi
dengan suatu *On-Board Solid State*.
Recorder untuk melengkapi kemampuan
perekaman data pada satelit. Ketiga
buah sensor atau kamera tersebut di
atas bekerja pada konsep *push broom*
scanning, menggunakan *linier array CCD*
(*Charge Coupled Device*). Dalam mode
operasi ini, setiap garis dari citra secara
elektronik discan dan garis-garis ber-
dampingan dicitrakan oleh gerakan maju
dari satelit tersebut. Kemampuan teknis
dari ketiga sensor pada IRS-P6 dan karak-
teristik data (*IRS-P6 Data User Hand Book*,
2003) diuraikan di bawah ini.

2.3.1 LISS-III (*Linier Imaging and Self Scanning Sensor*)

Sensor ini adalah kamera multi-
spektral yang bekerja dalam 4 kanal
spektral yaitu tiga kanal dalam gelombang
tampak dan infra merah dekat (VNIR)
masing-masing dengan resolusi spasial
23,5 m. Ketiga kanal spektral tersebut
persis sama dengan LISS-III yang dibawa
oleh *spacecraft* IRS-IC/ID. Kanal yang
keempat adalah dalam daerah inframerah
gelombang pendek (SWIR). Ciri baru dari
LISS-III IRS-P6 ini adalah kanal SWIR
(1,55 s.d 1,7 Mm) yang melengkapi data
dengan resolusi spasial 23,5 m sedang-
kan dalam LISS-III IRS-IC/ID, resolusi
spasialnya adalah 70,5 m. Sensor LISS-
III IRS-P6 mampu menghasilkan liputan
satu citra 140 km untuk semua
kanal spektral.

Perencanaan optik dan detektor
dari kanal SWIR dimodifikasi untuk
mencocokkan resolusi yang diperlukan
menggunakan 6000 *array* CCD Indium
Gallium Arsenide. *Array* CCD dari kanal-
kanal spektral VNIR mencirikan 6000
elemen untuk masing-masing kanal.
Instrumen LISS-III IRS-P6 tersebut mem-
punyai masa sebesar 106,1 kg, konsumsi
power 70 W, dan kecepatan data 52,5
Mbit/det. Di dalam Tabel 2-2 ditunjukkan
spesifikasi utama sensor LISS-III IRS-P6
dan karakteristik data.

Tabel 2-2: SPESIFIKASI UTAMA SENSOR LISS-III IRS-P6 DAN KARAKTERISTIK DATA

- Resolusi spasial (<i>Instantenously Ground Field of View -IGFOV</i>)	23,5 m
- Kanal Spektral (micrometer)	B2 : 0,52 - 0,59µm B3 : 0,62 - 0,68µm B4 : 0,77 - 0,86µm B5 : 1,55- 1,70µm
- Lebar liputan satuan citra (<i>swath</i>)	141 Km
- Waktu liputan ulang (resolusi temporal)	2 hari
- Radiansi saturasi (mw/ cm ² / sr/ mikrometer)	B2 : 28 - 31 B3 : 25 - 38 B4 : 27 - 30 B5 : 7,5
-Waktu Integrasi	3,32 milidetik
-Kuantisasi	7 bits Kanal SWIR mempunyai kuantisasi 10 bit, 7 bit yang dipilih yang dikeluarkan dari 10 bit akan ditransmisikan oleh <i>data handling sistem</i>
- <i>Gain</i>	4

2.3.2 LISS-IV [*Linier Imaging and Self Scanning Sensor*])

Sensor LISS-IV adalah suatu kamera resolusi tinggi dengan resolusi spasial 5,8 m pada nadir. Kamera tersebut dapat dioperasikan di dalam dua mode yaitu Mono dan Multispektral. Dalam mode Multispektral (Mx) data dikumpulkan dalam 3 kanal spektral, yaitu

- Kanal hijau (B2) : 0,52 s.d 0,59 μm .
- Kanal merah (B3) : 0,62 s.d 0,68 μm .
- Kanal infra merah dekat (B4) : 0,76 s.d 0,86 μm .

Dalam mode Multispektral, data dikumpulkan dalam 3 kanal sesuai dengan 4098 titik-titik gambar (*pixel*) terpilih yang berdampingan sesuai dengan lebar liputan satuan citra 23,9 km (dapat dipilih di luar dari lebar liputan satuan citra total 70 km. *Strip* detektor 4 K dapat dipilih di mana saja dalam *pixel-pixel* 12 K dengan memberikan perintah nomer *pixel* awal menggunakan skema scanning elektronik. Dalam mode Mono, data dari *pixel-pixel* 12 K dari setiap satu kanal tunggal yang dipilih yang sesuai dengan lebar liputan satuan citra 70 km dapat ditransmisikan. Biasanya data kanal 3 ditransmisikan dalam mode Mono ini.

Kamera LISS-IV mempunyai ciri tambahan kemampuan memandang *off nadir* dengan memiringkan kamera +/- 26 derajat, sehingga memungkinkan suatu siklus pengulangan 5 hari untuk suatu daerah permukaan Bumi yang diberikan. Modul elektronik LISS-IV persis sama dengan kamera PAN dari IRS-IC/ID. *Array* CCD mencirikan 12.288 buah elemen-elemen gambar (*pixel*) untuk masing-masing kanal. Instrument LISS-IV tersebut mempunyai masa 169 kg, power 216 W dan kecepatan data 105 Mbit/det. Kontrol temperatur dilaksanakan menggunakan suatu plat radiator yang dihubungkan dengan masing-masing kanal CCD melalui

pipa-pipa dan *Copper brouid strips*. Kamera LISS-IV direalisasikan menggunakan tiga buah telescope reflektif cermin optik (sama seperti kamera PAN dari IRS-IC/ID) dari 12.288 *pixel array* CCD linier dengan masing-masing ukuran *pixel* 7 jam x 7 μm . Ketiga CCD yang demikian ditempatkan dalam *focal plane* dari *telescope* bersama-sama dengan filter-filter *band pass spectral* secara individu dari CCD tersebut. Suatu peralatan optik yang terdiri dari suatu prisma samakaki digunakan untuk memisahkan sinar tersebut menjadi tiga medan pencitraan yang dipisahkan dalam arah sepanjang lintasan satelit. Proyeksi dari pemisahan ini pada permukaan Bumi mengartikan suatu jarak 14,2 km antara garis-garis citra kanal spektral B2 dan B3. Sementara kanal B3 sedang melihat pada *nadir*, Kanal B2 akan sedang melihat di depan dan Kanal B4 akan sedang melihat di belakang dalam arah vektor kecepatan (*Velocity Vector*). CCD yang digunakan dalam kamera LISS-IV adalah Thomson, jenis TH x 31543 A. Masing-masing CCD mempunyai 12 K *pixel* yang dipisahkan ke dalam 6 K. Masing-masing *pixel* ganjil dan genap dipisahkan dengan 35 mikron (sama dengan 5 *pixel*). Untuk menghindari setiap *gap* dalam citra yang disebabkan pemisahan ini yang digabungkan dengan rotasi Bumi, *spacecraft* tersebut diberikan suatu *rate* terhadap sumbu *Yaw*. Ada 8 *output port* untuk setiap CCD dan setiap *port* memberikan data output untuk 1500 *video pixels* + 14 *pre scan pixels* + 20 *dummy pixels* + 2 *port scan pixels* (total 1536 *pixel* setiap *port*). Masing-masing detektor mempunyai 8 LED (*Light Emitting Diodes*) untuk kalibrasi dalam penerbangan. Signal output analog dari CCD tersebut diproses melalui *independent port-wise eletronic chains*, yang terdiri dari *amplifier*, *DC restoration* dan *AD Converter* 10 bit. Di dalam Tabel 2-3 ditunjukkan spesifikasi utama sensor LISS-IV IRS-P6 dan karakteristik data.

Tabel 2-3: SPESIFIKASI UTAMA SENSOR LISS-IV IRS-P6 DAN KARAKTERISTIK DATA

-Resolusi spasial (<i>Instantenously Ground Field of View -IGFOV</i>)	5,8 m pada nadir
- Kanal Spektral (mikro-meter)	B2 : 0,53 - 0,59 μ m B3 : 0,62 - 0,68 μ m B4 : 0,77 - 0,86 μ m
-Lebar liputan satuan citra (<i>Swath</i>)	70 km (mode Mono) 23,9 km (mode Multispektral)
-Waktu liputan ulang (resolusi temporal)	5 hari
-Radiansi saturasi (mw/ cm ² / sr/ mikrometer)	B 2 - 5 5 B 3 - 4 7 B 4 - 3 1 . 5
-Waktu Integrasi	0,877714 millidetik.
-Kuantisasi	10 bits 7 bit yang dipilih akan ditratismisikan oleh <i>data handling system</i> .
- <i>Gain</i>	<i>Gain</i> tunggal [<i>range</i> dinamis yang diperoleh dengan menggeser 7 bit keluar dari 10 bit.

2.3.3 AWiFS (*Advanced Wide Field Sensor*)

AWiFS adalah suatu kamera resolusi medium (56m) dengan lebar liputan satuan citra 740 km. Sensor AWiFS beroperasi dalam 4 kanal spektral yang identik dengan 4 kanal spektral sensor LISS-III IRS-P6. Kamera AWiFS direalisasikan menggunakan dua modul opto-elektronik yang terpisah yang dimiringkan dengan sudut 11,94 derajat terhadap nadir sehingga menghasilkan lebar liputan satuan citra 370 km. Dengan

cara demikian dihasilkan lebar liputan satuan citra kombinasi 740 km dengan suatu *sidelap* diantaranya. Dengan liputan satuan citra yang lebar tersebut, memungkinkan AWiFS untuk menghasilkan citra dengan kapasitas pengulangan setiap hari. Modul-modul opto elektronik berisikan optik pencitraan refraktif bersama-sama dengan filter densitas neutral dan detektor CCD *array* linier 6000 *pixel*. Spesifikasi Utama Sensor AWiFS IRS-P6 dan Karakteristik Data ditunjukkan di dalam Tabel 2-4.

Tabel 2-4: SPESIFIKASI UTAMA SENSOR AWiFS IRS-P6 DAN KARAKTERISTIK DATA

-Resolusi spasial (<i>Instantenously Ground Field of View-IGFOV</i>)	50 m (nadir) 70 m (pada <i>edge</i> medan)
-Kanal Spektral (mikrometer)	B2 : 0,52 - 0,59nm B3 : 0,62 - 0,68nm B4 : 0,77 - 0,86 μ m B5 : 1,55- 1,70 urn
-Waktu liputan ulang (resolusi temporal)	5 hari
-Lebar liputan satuan citra (<i>swath</i>)	740 Km (dikombinasi) 370 Km setiap kepala
-Radiansi Saturasi (mw/cm ² /sr/mikrometer)	B 2 - 5 3 B 3 - 4 7 B 4 - 3 1 . 5 B 5 - 7 , 5
-Waktu Integrasi	9,96 milidetik
-Kuantisasi	10 bit
- <i>Gain</i>	16

2.4 Jenis Produk Data IRS P6

Produk-produk data dikategorikan sebagai produk standar dan produk bernilai tambah [*added value*]. Produk-produk standar mempunyai akurasi level sistem, sedangkan produk-produk bernilai tambah mempunyai akurasi mendekati akurasi Titik Control Tanah atau peta-peta yang discan atau *templates* yang digunakan untuk koreksi presisi. Berbagai macam produk standar dan produk terkoreksi presisi yang dibuat dan tersedia kepada pengguna data (*IRS- P6 Data User Hand Book*, 2003) adalah seperti di bawah ini :

- Produk-produk standar, dengan bermacam jenis yaitu: a) Produk-produk berbasis *path/row*, b) Produk-produk bergeser sepanjang jejak (*Shift Along Track*), c) Produk-produk kuadran, d) Produk-produk *georeferenced*, dan e) Produk-produk pasangan stereo dasar.
- Produk-produk bernilai tambah, dengan bermacam jenis yaitu : a) Produk-produk *geocoded*, b) Produk-produk yang di-register *template*, c) Produk-produk hasil penggabungan (*merge products*) dan d) Produk-produk ortho.

Produk berbasis *path/row* berdasarkan skema membuat referensi (*referencing scheme*) dari setiap sensor. Pengguna harus membuat spesifikasi *path/row*, sensor, *subscene*, waktu satelit melintas, jumlah kanal/kombinasi kanal (untuk produk-produk fotografi) dan kode produk tersebut sebagai input. Produk bergeser sepanjang jejak (*Shift Along Track- SAT*) dapat tersedia bila pengguna interest akan suatu daerah yang terletak di antara dua *scene* yang berurutan dari *path* yang sama. Data tersebut dapat diberikan dengan menggeser *scene* tersebut dalam arah sepanjang jejak satelit. Dalam hal ini pergeseran harus dispesifikasikan oleh pengguna untuk melengkapi input yang dispesifikasikan untuk produk berbasis *path/row*. Persentase pergeseran harus di antara 10%, 20%, 30% s.d 90%. Produk-produk kuadran hanya untuk sensor LISS-III. Citra lengkap (*full scene*) LISS-III dibagi atas 4 kuadran

nominal. Produk georeferenced adalah produk yang berorientasi arah utara yang benar (*true north*). Produk ini diberikan hanya dalam media digital. Akurasi lokasi dari produk-produk *georeferenced* adalah sama seperti produk-produk standar; yaitu lebih baik dari 450 m. Input yang perlu disampaikan oleh pengguna adalah sama seperti produk-produk berbasis *path/row* dengan kode produk yang sesuai.

Produk-produk stereo dasar tersedia untuk data sensor (LISS-IV) karena kemampuan memandang secara *oblique* dan sensor LISS-IV dapat digunakan untuk memperoleh suatu pasangan-pasangan stereo. Suatu pasangan stereo terdiri dari dua buah citra dari daerah yang sama, diperoleh pada waktu-waktu yang berbeda dan dari sudut-sudut yang berbeda. Produk-produk stereo yang tersedia dari LISS-IV hanya mode Mono. Produk *geocoded* dihasilkan setelah menggunakan koreksi geometrik, membuat orientasi citra tersebut ke arah utara yang sebenarnya (*true north*) dan menghasilkan produk dengan suatu resolusi *output* yang cocok untuk skala peta (harus dalam produk *fotografic*). Ketelitian planimerik dari produk *geocoded* dalam skala 1 : 50.000 adalah lebih besar dari 100 m.

Produk gabungan (*merge*) dihasilkan dengan menggabungkan data LISS-III dan data LISS-IV dalam mode Mono. Kedua set data tersebut, pertama diregistrasi dan kedua digabungkan. Teknik registrasi didasarkan teknik otomatis untuk pemilihan titik kontrol yang didasarkan pada kontras ciri dan menemukan titik-titik kontrol yang sesuai (*match*) melalui korelasi digital. Produk *ortho* adalah produk yang dikoreksi secara geometrik dengan koreksi-koreksi untuk pergeseran yang disebabkan oleh *terrain* dan *relief*. Citra *ortho* adalah citra yang menunjukkan obyek-obyek permukaan Bumi dalam peta yang sebenarnya atau yang disebut proyeksi orthografik. Input-input dasar yang diperlukan untuk menghasilkan citra *ortho* adalah : (i) *Digital Elevation Model (DEM)*, (ii) *Ground Control*

Point (GCP), (iii) *Ephemeris* Satelit (informasi *attitude* satelit) dan (iv) data citra terkoreksi radiometrik.

Beragam jenis level koreksi, proyeksi peta, ellipsoid Bumi, resampling kernels, resolusi output, media output dan format produk data digital tersedia bagi pengguna. Produk -produk data berdasarkan level-level koreksi adalah: a) Level -0: tidak ada koreksi (data mentah), b) Level -1: terkoreksi radiometrik, c) Level -2: terkoreksi radiometrik dan geometrik (standar), dan d) Level -3: terkoreksi presisi menggunakan GCP.

3 APLIKASI DATA IRS-P6

3.1 Aplikasi Utama Data IRS-P6

Sensor-sensor IRS-P6 dengan kemampuan yang ditingkatkan dari sensor-sensor IRS-IC/ID, direncanakan untuk melengkapi pelayanan data yang kontinu berbasis operasional untuk semua aplikasi pengelolaan sumber daya alam air (laut) dan lahan (darat). Dengan kemampuan pencitraan stereo dan kemampuan liputan multispektral/spasial yang ditingkatkan dari sensor-sensor satelit IRS-IC/ID sebelumnya, kesinambungan aplikasi-aplikasi yang lebih ditingkatkan dapat dilaksanakan dalam daerah-daerah aplikasi pengguna, seperti: peningkatan ketelitian diskriminasi hasil panen tanaman pangan, estimasi hasil panen tanaman pangan (*crophyield*), kehutanan dan pengelolaan bencana alam. Untuk memperoleh kontinuitas dan untuk mendukung proyek-proyek yang sedang berjalan, kamera LISS-III dilengkapi dalam payload IRS-P6, terpisah dari kamera LISS-IV dan AWiFS. Dengan data satelit generasi baru tersebut, menawarkan kemampuan untuk aplikasi kartografi maupun aplikasi-aplikasi tematik baru. Data LISS-IV dengan resolusi 5,8 m dalam mode multispektral, membantu dalam memperbaiki pemetaan luas dari sumber daya alam dan daerah-daerah urban termasuk pemetaan infrastruktur seperti jaringan kereta api/jalan raya.

Tersedianya data AWiFS dengan resolusi spektral dan spasial yang ditingkatkan tersebut, akan membantu dalam ketelitian klasifikasi yang lebih baik dari semua aplikasi yang berhubungan dengan pertanian. AWiFS adalah suatu sensor yang unik dengan resolusi spektral dan spasial yang tinggi dengan lebar satuan citra yang luas, sehingga memungkinkan untuk peman-tauan daerah-daerah luas untuk genangan banjir, penyakit vegetasi dan sebagainya. Tersedianya data satelit resolusi tinggi tersebut, meningkatkan kemampuan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memberikan informasi yang lebih akurat dalam banyak aplikasi.

Sensor-sensor LISS-IV, LISS-III dan AWiFS direncanakan untuk menghasilkan data yang dapat dianalisa secara komplemen (terintegrasi), untuk meningkatkan kemampuan aplikasi. Dalam hal masing-masing data tersebut secara unik (tunggal) mempunyai keunggulan sesuai dengan kemampuan atau resolusi spektral/spasial data tersebut. Di dalam Gambar 3-1 ditunjukkan contoh citra LISS III IRS-P6.

Aplikasi utama dari data IRS-P6 untuk berbagai bidang (*IRS-P6 Data User Hand Book*, 2003) adalah sebagai berikut:

a. Pertanian dan Tanah : 1) Informasi level fasa dari tanah, 2) Potensial untuk peningkatan atau perbaikan perbedaan bermacam tanaman pangan, 3) Peman-tauan hasil panen tanaman pangan dan penilaian kondisi tanaman, 4) Deteksi dan pemantauan kekurangan air canopy tanaman pangan (*crop canopy water stress*), 5) Perkiraan hasil panen tanaman pangan (*crophyield estimates*), 6) Pertanian yang tepat (*Presicion Farming*), 7) Analisis sistem hasil panen tanaman pangan (*cropping system analist*), 8) Penilaian kerusakan tanaman pangan, 9) Pengawasan hama dan penyakit tanaman.

b. Kehutanan: 1) Inventarisasi dan pembaruan hutan, 2) Analisis *landscape* hutan. 3) Pemetaan infrastruktur hutan, 4) Deteksi dan pemantauan pelanggaran batas hutan, 5) Deteksi dan pemantauan keadaan hutan, 6) Analisis habitat margasatwa,

7) Deteksi dan pemantauan keanekaragaman hayati (*Bio-diverty*), 7) Deteksi dan pemantauan kerusakan akibat kebakaran, 8) Implementasi dari kebijakan hutan.

c. Lingkungan: 1) Deteksi dan pemantauan satuan-satuan hidrologi (*Hydrologic Units*), 2) Pemetaan unit darat (*Land Unit Maps*), 3) Identifikasi lokasi pembuangan sampah dan galian tambang (*Quarries and waste identification*), 4) Analisis daerah yang ditinggalkan (*Desertification analysis*), 5) Deteksi dan pemantauan lapisan/tumpahan minyak, 6) Deteksi dan pemantauan sumber-sumber polusi terfokus dan tidak terfokus (*Point and nonpoint sources of pollution*), 7) Perilaian dampak lingkungan.

d. Geologi dan Eksplorasi : 1) Pemetaan jenis batuan (*Rock type mapping*), 2) Pemetaan geostruktur tektonik, 3) Analisis polusi pertambangan, 4) Analisis rembesan garis pantai/lepas pantai (*Off/on shore seep analysis*), 5) Analisis kebakaran batubara (*Coal fire analysis*), 6) Analisis subsidence pertambangan, 7) Analisis resiko/sifat mudah mengalami pergeseran lahan/lahan kritis (*Landslide vulnerability/risk*), 8) Deteksi dan pemantauan energi Bumi (*Geo energy*).

e. Infrastruktur dan sarana: 1) Jaringan jalan raya, 2) Model-model kota 3 dimensi, 3) Pemetaan infrastruktur, 4) Penempatan lokasi-lokasi *hydropower* (*Siting of hydropower location*), 5) Kesesuaian tempat (*Site suitability*), 6) Infrastruktur perkotaan dan pedesaan, 7) Inventarisasi hidrologi dan struktural, 8) Sistem Informasi Geografis Kotamadya (*Municipal GIS*), 9) Pemetaan sarana jalan penghubung (*Utility corridor mapping*), 10) Jaringan transportasi, 11) Jalan penghubung pedesaan (*Rural road connectivity*), 12) Perubahan-perubahan lalu lintas di jalan raya (*Tracking changes in road*), 13) Fasilitas-fasilitas komunikasi jarak jauh (*Telecom facilities*), 14) Fasilitas-fasilitas rekreasi, 15) Tourist, 16) Pelanggaran-pelanggaran (*Violations*), 17) Penilaian kerusakan karena bencana (*Damage assesment*).

f. Kartografi : 1)Pembaharuan peta-peta topografi, 2) Penambahan atau pem-

besaran basis-basis data (*Augmenting data bases*), 3) Peta-peta citra sebagai peta-peta basis, 4) Pengelolaan batas air (*Watershed management*), 5) Evaluasi tanah lapangan terbuka (*terrain evaluation*), 6) Model-model kota, 7) Pemetaan infrastruktur dan jalan raya, 8) Penilaian kesesuaian tempat (*Site suitability assesment*).
g. Pertahanan : 1) Pemantauan target strategi, 2) Perencanaan misi, 3) Pelatihan, 4) Verifikasi Perjanjian (*Treaty verification*).

3.2 Keunggulan Data LISS-III, LISS-IV, AWiFS Berdasarkan Aspek Aplikasi

Dalam aplikasi-aplikasi yang didiskusikan di bawah ini, keunggulan-keunggulan dari masing-masing data LISS-IV dan AWiFS ditunjukkan dalam ilustrasi menggunakan LISS-III IRS-P6 (LISS III IRS-P6 adalah persis sama dengan LISS-III IC/ID yang telah diluncurkan sebelumnya)

3.2.1 Pertanian

Dalam aplikasi-aplikasi pemantauan dan prakiraan, citra-citra multispektral dengan resolusi spasial tinggi 5,8 m sangat cocok untuk pengamatan tanaman pangan medan-medan luas dengan perencanaan kecil (*small spot*), dan tanaman bernilai tinggi. Dengan citra LISS-IV resolusi tinggi tersebut, Jenis tanaman pangan, jenis tanah, kandungan atau kelembaban tanah, stress dan kerusakan tanaman karena bencana dapat semuanya dideteksi dalam aplikasi penilaian praktek-praktek pertanian, dengan data LISS-IV resolusi tinggi tersebut, irigasi yang tidak mencukupi dan erosi tanah dapat diidentifikasi dengan cepat, sementara herbicides, pesticide, pupuk dan perawatan-perawatan pertanian yang lain dapat lebih akurat dipantau dan dioptimalkan menuju pertanian yang presisi.

Produk-produk AWiFS yang terregistrasi template memungkinkan pemantauan proses dinamika seperti pertumbuhan tanaman pangan lebih efektif. Data AWiFS dengan resolusi temporal tinggi memungkinkan assesmen pertumbuhan tanaman pangan setiap waktu

dan keadaan-keadaan panen, keefektifan teknik-teknik irigasi dan pupuk pestisida, perawatan-perawatan herbicide. Hasil panen tanaman pangan dan kegagalan panen karena badai, penyakit dan kerusakan karena bencana kekeringan dapat lebih akurat dinilai dan diprediksi.

3.2.2 Pemetaan

Dalam perolehan peta-peta citra dengan ragam informasi yang luas untuk memperoleh lokasi ciri-ciri tersebut pada skala 1 : 25.000 tanpa control tanah, data AWiFS memberikan kemudahan untuk menghasilkan peta-peta yang akurat, yang relatif murah untuk daerah-daerah luas termasuk daerah-daerah yang tidak bisa dijangkau karena kondisi lahan (terrain). Dengan kemampuan liputan berulang satelit yang ditawarkan AWiFS dapat membuat daerah-daerah tersebut dengan mudah dicapai dan relatif murah untuk memperbaharui informasinya. Dengan data citra pankromatik resolusi spasial 5,8 m dengan lebar satuan citra 70 km memberikan alternatif untuk pembaharuan peta-peta skala kecil. Perubahan-perubahan infrastruktur dapat dengan cepat dideteksi dan dipembaharui pada peta-peta tersebut.

Untuk ekstraksi ciri, citra LISS-IV resolusi 5,8 m dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengetahui suatu ragam ciri seperti garis-garis pusat jalan raya, bekas-bekas bangunan (*building footprints*), tempat parkir, dan kountour elevasi sampai dengan ketelitian beberapa meter horizontal dan vertikal.

Untuk pemantauan infrastruktur, data citra LISS-IV resolusi 5,8 m tersebut memiliki keandalan untuk mengidentifikasi, memantau dan perencanaan suatu ragam kota yang luas dan proyek-proyek infrastruktur jalan raya. Jalan raya, jalan bebas hambatan (tol), jembatan, rel kereta api, terusan dan bangunan-bangunan dari semua ukuran dari infrastruktur yang lain, dapat diidentifikasi dan diketahui lokasinya dalam beberapa meter dari posisi horizontal yang benar. Sarana-sarana dan batas-batas (*utility and*

boundaries) yaitu aktivitas-aktivitas perencanaan konstruksi perizinan dan pelayanan adalah lebih efisien bila menggunakan citra LISS-IV dengan resolusi 5,8 m digabung dengan vektor-vektor dan data titik untuk identifikasi batas-batas parcel dan lokasi sarana-sarana tersebut.

3.2.3 Lingkungan

Bahaya tumpahan bahan kimia yaitu kontaminasi pada permukaan Bumi dan pengaruhnya disekeliling lingkungan dapat dideteksi dan dimonitor dengan citra satelit resolusi tinggi LISS-IV. Pemantauan secara rutin fasilitas-fasilitas di seluruh dunia yang menangani atau menyimpan bahan-bahan kimia yang berbahaya dan atau pembuangan sampah akan memungkinkan. Kemampuan meliputi ulang atau data multitemporal dari AWiFS memungkinkan deteksi dini dari kejadian-kejadian seperti kerusakan penanganan tangki. Karenanya citra tersebut dapat digunakan untuk menilai bahaya bencana. Citra multispektral resolusi tinggi mampu menunjukkan pengaruh kontaminasi yang disebabkan oleh gangguan penanganan tangki.

Bentuk pengelolaan dataran banjir, batas-batas daerah banjir dapat diukur dengan bantuan data AWiFS. Bangunan individu dan batas-batas bidang dapat juga diidentifikasi beberapa luasannya untuk menilai kerentanan terhadap banjir dengan menggunakan data multi-spektral 5,8 m. Dalam aplikasi pemetaan garis pantai dan kedalaman laut (*bathymetry*), deteksi dan pemantauan trumbu karang, rumput laut, mangrove, rawa bergaram (*salt marshes*), klorofil, sedimentasi dan pengembangan aktifitas-aktifitas, dengan data LISS-IV dapat difasilitasi dengan baik. Daerah pesisir dapat dievaluasi untuk sensitifitas lingkungannya dan kesesuaian untuk pembangunan pelabuhan, fasilitas-fasilitas *tourist, aqua culture* dan perikanan.

Keunggulan-keunggulan dari beragam sensor pada IRS-P6, dapat direalisasikan menggunakan teknik-teknik dan metode pengolahan dan analisis citra yang paling relevan, misalnya pendekatan



Gambar 3-1: Contoh citra LISS III IRS-P6

pendekatan yang berorientasi obyek akan sangat tinggi kegunaannya dalam analisis data LISS-IV.

Hampir keseluruhan ragam aplikasi data yang disebutkan di atas telah dikerjakan dengan menggunakan data LISS-III IRS-IC/ID (sama dengan data LISS-III IRS-P6), karenanya data LISS-IV dan AWiFS pada IRS-P6 tersebut akan meningkatkan kemampuan aplikasi seperti diuraikan di atas dan kontinuitas penggunaan data LISS-III dapat berlangsung kontinu untuk aplikasi yang memerlukan ketelitian seperti menggunakan data LISS-III IC/ID.

4 ANALISIS PEMANFAATAN DATA IRS-P6

Sistem Inderaja satelit IRS P6 dengan ketiga jenis sensor yang dibawanya yaitu LISS III, LISS IV dan

AWiFS menghasilkan data citra untuk melengkapi pelayanan data yang kontinu berbasis operasional untuk semua aplikasi pengelolaan sumber daya alam air (laut) dan lahan (darat).

Dalam pemanfaatan data yang berorientasi pada ketersediaan data dan kebutuhan jenis informasi, faktor-faktor yang menjadi pertimbangan untuk melaksanakan kasus perencanaan dan pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan maupun untuk mitigasi bencana alam dengan hasil yang efektif dan efisien adalah : pemilihan kanal/resolusi atau kombinasi kanal spektral dan resolusi spasial, resolusi temporal dan resolusi radiometrik serta luas liputan satuan citra dan penentuan prosedur atau teknik dan metode pengolahan dan analisis data citra. Pemanfaatan data secara komplemen dapat pula dipertim-

bangkan untuk meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh (Sitanggang, G, 1998).

Perbandingan kemampuan sensor atau karakteristik data yaitu resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi radiometrik dan resolusi temporal dari data citra serta luas liputan satuan citra dari sensor IRS-P6 (LISS-IV, LISS-3 dan AWiFS), dan Landsat-7 (ETM Plus) diringkaskan di dalam Tabel 4-1. Tampak bahwa ketiga data IRS-P6 (LISS-IV, LISS-3 dan AWiFS) semuanya mempunyai tiga kanal spektral (B2, B3, B4) pada daerah spektral tampak dan inframerah (VNIR), yang persis sama dengan ketiga buah kanal spektral ETM Plus Landsat-7 (B2, B3, B4). Dengan kata lain yang menjadi perbedaan atau keunggulan dari masing-masing data tersebut dalam pemanfaatan data untuk suatu aplikasi tertentu adalah kemampuan resolusi spasial, resolusi temporal, resolusi radiometrik dan luas liputan satuan citra dari masing-masing data tersebut.

Data LISS-III IRS-P6 mempunyai kemampuan empat kanal spektral, yaitu tiga kanal VNIR (B2, B3, B4) dan satu kanal SWIR B5 dengan resolusi spasial 23,5 m, resolusi temporal 20 hari resolusi radiometrik 7 bit (VNIR) dan 10 bit (SWIR), dengan luas cakupan satuan citra 140 km x 140 km. LISS III IRS-P6 adalah persis sama dengan LISS-III IC/ID yang telah diluncurkan sebelumnya, sehingga menjamin kontinuitas aplikasi data LISS-III IC/ID, yang telah menunjukkan kehandalan untuk berbagai aplikasi pengolahan sumber daya air (laut) dan lahan (darat).

Di antara ketiga buah sensor IRS-P6, bilamana kita perbandingan dengan data ETM Plus Landsat-7 tampak bahwa yang mempunyai kemiripan kemampuan resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi radiometrik dan resolusi temporal serta luas cakupan citra dengan data ETM Plus Landsat-7 adalah LISS-III IRS-P6. Dalam hal ini keempat kanal spektral LISS-III IRS-P6 (B2, B3, B4) yaitu VNIR dan (B5 yaitu SWIR) mendekati persis sama dengan empat kanal spektral ETM Landsat-7 (B2, B3, B4) yaitu VNIR dan

B5 yaitu SWIR, namun tampak bahwa LISS-III IRS-P6 tidak memiliki kanal spektral termal (B6, pada ETM Plus Landsat-7).

Data AWiFS IRS-P6 mempunyai kemampuan empat kanal spektral, yaitu tiga kanal VNIR (B2, B3, B4) dan satu kanal SWIR B5 dengan resolusi spasial 56 m (70 m, pada *swath edge*), resolusi temporal 5 hari, resolusi radiometrik 10 bit dengan luas liputan satuan citra 740 km x 740 km. Data AWiFS dengan kemampuan empat kanal spektral yang identik dengan empat kanal spektral Landsat-7, mempunyai keunggulan utama dalam hal lebar cakupan satuan citra (AWiFS : 740 km vs ETM Plus Landsat-7: 185 km) dan resolusi temporal (AWiFS : 5 hari vs ETM Plus Landsat 16 hari), dengan pertimbangan kemampuan resolusi spasial yang tidak terlalu berbeda jauh (AWiFS : 56 m atau 70 m pada *swath edge* vs ETM Plus Landsat-7 : 30 m). Seperti telah diuraikan pada bagian sebelumnya, dengan kemampuan resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi temporal, resolusi radiometrik dan luas cakupan satuan citra yang dimiliki AWiFS, data AWiFS tersebut mempunyai keunggulan terutama aplikasi pertanian dalam hal melakukan penilaian atau prakiraan yang serentak untuk suatu daerah atau wilayah dengan areal pertanian yang luas. Dengan resolusi spasial yang cukup tinggi tersebut, sangat membantu untuk meningkatkan ketelitian identifikasi/klasifikasi parameter-parameter yang berhubungan dengan pertanian, seperti 1) Asesman pertumbuhan tanaman pangan setiap waktu dan keadaan panen, 2) Keefektifan teknik-teknik irigasi dan pupuk pestisida, dan 3) Hasil panen tanaman pangan dan kegagalan panen karena penyakit, kerusakan karena bencana kekeringan, bencana banjir.

Data LISS-IV IRS-P6 dengan kemampuan resolusi spasial tinggi 5,8 m terutama untuk kartografi dan pemetaan infrastruktur, dapat meningkatkan ketelitian skala pemetaan sumber daya alam/peta citra tematik dibandingkan dengan menggunakan data LISS-III.

Tabel4-1: PERBANDINGAN KARAKTERISTIK SPEKTRAL, SPASIAL, TEMPORAL, RADIO-METRIK DAN LUAS LIPUTAN SATUAN CITRA SENSOR : IRS-P6 (LISS-IV, LISS-III DAN AWIFS), DAN ETM PLUS LANDSAT-7

SENSOR	USSIV	LISSIII	AWIFS	ETM PLUS
Resolusi spasial	5,8 m	23,5 m	56 m (70 m pada swath edge)	30m (optic ms) 60m (thermal) 15m (PAN)
Kanal Spektral (Mm)	B2 : 0,52 - 0,59 B3 : 0,62 - 0,68 B4 : 0,68 - 0,86	B2: 0,52 - 0,59 B3: 0,62-0,68 B4: 0,77-0,86 B5: 1.55- 1,70 (SWIR)	B2: 0,52 - 0,59 B3: 0,62-0,68 B4: 0,77-0,86 B5: 1.55- 1,70	B1: 0,45-0,52 B2: 0,52-0,60 B3: 0,64-0,69 B4: 0,76-0,90 B5: 1,55- 1,75 B6: 10,4- 12,5 B7: 2,08-2,35 PAN: 0,56 - 0,90
Luas liputan satuan citra	23,9 km x23,9 km(mode MS) 70 km x70km (mode Mono)	140 km x 140 km	740 km x 740 km	185 km x 185 km
Waktu Liputan Ulang (Resolusi Temporal)	5 hari	2 hari	5 hari	16 hari
Kuantisasi data (Resolusi radiometric)	7 bit	7 bit (VNIR) 10 bit (SWIR)	10 bit	8 bit
Kecepatan data	105 Mbit/det	52,5 Mbit/det	5,5 Mbit/det	150 Mbit/det

5 KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan kajian dan analisis yang dilakukan, sebagai kesimpulan dan rekomendasi adalah sebagai berikut.

- Sistem inderaja satelit IRS P6 dengan ketiga jenis sensor yang dibawanya, yaitu LISS III, LISS IV dan AWiFS menghasilkan data citra untuk melengkapi pelayanan data yang kontinu berbasis operasional untuk semua aplikasi pengelolaan sumber daya alam air (laut) dan lahan (darat).
- Data LISS-III IRS-P6 mempunyai kemampuan empat kanal spektral, yaitu tiga kanal VNIR (B2, B3, B4) dan satu kanal SWIR B5 dengan resolusi spasial 23,5 m, resolusi temporal 2 hari, resolusi radiometrik 7 bit (VNIR) dan 10 bit (SWIR), dengan luas liputan satuan citra 140 km x 140 km.
- Data LISS IV IRS-P6 mempunyai kemampuan tiga kanal spektral, yaitu VNIR (B2, B3, B4) dengan resolusi spasial 5,8 m, resolusi temporal 5 hari, resolusi radiometrik 7 bit (VNIR), dengan luas liputan satuan citra 23,9 km x23,9 km (mode MS) dan 70 km x 70 km (mode Mono).
- Data AWiFS IRS-P6 mempunyai kemampuan empat kanal spektral, yaitu tiga kanal VNIR (B2, B3, B4) dan satu kanal SWIR B5 dengan resolusi spasial 56 m (70 m, pada *swath edge*), resolusi temporal 5 hari, resolusi radiometrik 10 bit dengan luas liputan satuan citra 740 km x 740 km.
- Data LISS-IV IRS-P6 dengan kemampuan resolusi spasial tinggi 5,8 m terutama untuk kartografi dan pemetaan infrastruktur, dapat meningkatkan ketelitian skala pemetaan sumber daya alam/

peta citra tematik dibandingkan dengan menggunakan data LISS-III.

- Data AWiFS mempunyai keunggulan terutama dalam aplikasi pertanian dalam hal melakukan penilaian atau prakiraan yang serentak untuk suatu daerah atau wilayah dengan areal pertanian yang luas. Dengan resolusi spasial yang cukup tinggi tersebut, sangat membantu untuk meningkatkan ketelitian identifikasi/klasifikasi parameter-parameter yang berhubungan dengan pertanian
- Berdasarkan kemampuan atau resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi temporal, resolusi radiometrik dan luas cakupan satuan citra dari masing-masing data IRS-P6 (LISS-III, LISS-IV dan AWiFS), masing-masing data IRS-P6 (LISS-IV, LISS-III dan AWiFS) tersebut mempunyai keunggulan tersendiri dalam pemanfaatan untuk kasus-kasus perencanaan dan pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan atau mitigasi bencana alam, namun penggunaan data secara komplementer dapat pula menjadi pertimbangan untuk meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh, seperti peningkatan ketelitian diskriminasi hasil panen tanaman pangan, estimasi hasil panen tanaman pangan (*crop yield*), kehutanan dan pengelolaan bencana alam.
- Berdasarkan kemampuan atau resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi temporal, resolusi radiometrik dan luas cakupan satuan citra dari data IRS-P6 (LISS-III, LISS-IV dan AWiFS) diperoleh bahwa data LISS-III IRS-P6 mempunyai kemiripan untuk menggantikan data ETM plus Landsat-7, namun data kanal spektral termal tidak dimiliki.
- Untuk pekerjaan-pekerjaan pemanfaatan data yang spesifik, dengan mempertimbangkan ketersediaan data, yang menjadi faktor pertimbangan penting di dalam pemilihan data adalah kemampuan resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi temporal, resolusi radiometrik dan luas liputan satuan citra dari data yang tersedia. Faktor lain yang penting menjadi pertimbangan adalah penen-

tujuan prosedur atau teknik dan metode pengolahan dan analisis data citra sehingga diperoleh hasil yang efektif dan efisien serta dengan akurasi yang dapat diterima.

- Hasil kajian dapat digunakan sebagai alat pertimbangan di dalam pemilihan data IRS P6 untuk bermacam aplikasi dan pemanfaatan data IRS P6 sebagai alternatif pengganti data inderaja ETM-Plus Landsat-7 kondisi SLC OFF. Hasil ini dapat pula menjadi suatu pertimbangan di dalam pengembangan Stasiun Bumi Inderaja yang dikelola oleh LAPAN untuk menjamin kontinuitas pelayanan bagi para pengguna data inderaja di Indonesia, dan juga di dalam mengatasi masalah data ETM plus LANDSAT kondisi SLC OFF.

DAFTAR RUJUKAN

- IRS-P6 Data User Manual Resourcesat-1 (IRS-P6)/Data User's Handbook*, 2003, IRS-P6/ NRSA / NDC / HB-10 /03, National Remote Sensing Agency (NRSA), Departement of Space, Gout, of India.
- Kartasasmita, M., 2001, *Prospek dan Peluang Industri Penginderaan Jauh di Indonesia*, LAPAN & LISPI, Jakarta.
- Landsat-7 Science Team and Scientist from USGS, NASA, 2003. *Preliminary Assesment of The Value of Landsat-7 ETM+ Data Following Scan Line Corrector Malfunction*, EROS Data Center, Sioux Falls, SD 57198.
- Sitanggang, G., 1998. *Pengenalan Teknologi Penginderaan Jauh dan Aplikasinya*, Bahan Diklat Penginderaan Jauh dan SIG untuk Kesesuaian Lahan Pertanian bagi Mahasiswa/Masyarakat/Pegawai Dinas (Kerjasama LAPAN-BPPT), Deputy Bidang Penginderaan Jauh, LAPAN, Jakarta.
- Tejasukmana, B., 2002. *Pengembangan Penginderaan Jauh LAPAN 2002-2012*. Proceedings Lokakarya Sinkronisasi dan Penajaman Sasaran Program Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, Agustus 2002, Jakarta.