



Majalah **SAINS DAN TEKNOLOGI DIRGANTARA**

VOL. 3 NO. 2 JUNI 2008

ISSN 1907-0713

- **KAJIAN SISTEM PENGINDERAAN JAUH SATELIT CARTOSAT-1 DAN ANALISIS PEMANFAATAN DATA**
Gokmaria Sitanggang..... 55 – 69
- **METODE NON-LINIER FITTING UNTUK PRAKIRAAN SIKLUS MATAHARI KE-24**
Johan Muhamad..... 70 – 76
- **PENENTUAN WAKTU *ONSET SUDDEN COMMENCEMENT* KOMPONEN H GEOMAGNET DI BIAK**
Anwar Santoso..... 77 – 82
- **PROBABILITAS KETERKAITAN SEMBURAN RADIO MATAHARI TIPE II DENGAN LONTARAN MASSA KORONA**
Suratno..... 83 – 89
- **SEMBURAN RADIO MATAHARI DAN KETERKAITANNYA DENGAN FLARE MATAHARI DAN AKTIVITAS GEOMAGNET**
Clara Y. Yatini..... 90 – 94

DITERBITKAN OLEH :

LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL
Jl. Pemuda Persil No. 1, Jakarta 13220, INDONESIA

10

no. 2
008

| | | | | | |
|--|--------|-------|--------------|--------------------|----------------|
| Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara | Vol. 3 | No. 2 | Hlm. 55 - 94 | Jakarta, Juni 2008 | ISSN 1907-0713 |
|--|--------|-------|--------------|--------------------|----------------|

KAJIAN SISTEM PENGINDERAAN JAUH SATELIT CARTOSAT-1 DAN ANALISIS PEMANFAATAN DATA

Gokmarla Sitanggang
Peneliti Bidang Bangfatja, LAPAN

ABSTRACT

The CARTOSAT-1 satellite which is dedicated to stereo viewing for large scale mapping and terrain modeling applications, has been launched on May, 5, 2005 by the Indian PSLV-C6 (*Polar Satellite Launch Vehicle-C6*) rocket vehicle from the launching location in Sriharikota, India.

This paper describes the technical characteristics of the CARTOSAT-1 satellite and the sensors i.e : two Panchromatic cameras , the characteristics of the CARTOSAT-1 image data, the CARTOSAT-1 data products, the CARTOSAT-1 data applications , and the analysis of the uses of CARTOSAT-1 data for several applications.

The study method is accomplished by studying literatures/informations/data which was obtained from the satellite operator, the internet, the current and previous research results, and by performing analysis as well.

ABSTRAK

Satelit CARTOSAT-1 yang didedikasikan terhadap pandangan stereo untuk pemetaan skala luas dan aplikasi-aplikasi pemodelan lahan, telah diluncurkan dengan roket India PSLV-C6 (*Polar Satellite Launch Vehicle-C6*), pada tanggal 5 Mei 2005 dari lokasi peluncuran di Sriharikota, India.

Tulisan ini menguraikan karakteristik teknis satelit CARTOSAT-1 dan sensor yaitu: dua buah kamera Pankromatik, karakteristik data citra CARTOSAT-1, produk data CARTOSAT-1, aplikasi data CARTOSAT-1, serta analisis pemanfaatan data CARTOSAT-1 untuk berbagai bidang aplikasi. Metode pelaksanaan kajian adalah dengan mempelajari literatur/informasi/data yang diperoleh dari operator satelit, media internet, hasil-hasil penelitian yang berkembang dewasa ini, dan melakukan analisis.

Kata kunci: *Karakteristik teknis satelit CARTOSAT-1, Sensor kamera pankromatik, Analisis pemanfaatandata CARTOSAT-1*

1 PENDAHULUAN

Satelit CARTOSAT-1 yang dirancang untuk diluncurkan pada pertengahan tahun 2003, telah direalisasikan peluncurannya pada tanggal 5 Mei 2005 dengan roket PSLV-C6 (*Polar Satellite Launch Vehicle-C6*) yang dibangun secara mandiri oleh India, dari lokasi peluncuran kedua yang baru dibangun di Sriharikota, India.

Ada banyak sistem satelit penginderaan jauh (inderaja) lain di lingkup global yang menghasilkan data resolusi tinggi untuk mendapatkan keperluan

aplikasi teknik bumi dan kartografik, namun satelit CARTOSAT-1 mempunyai sejumlah keuntungan dibandingkan dengan sistem-sistem satelit lain tersebut yaitu satelit CARTOSAT-1 menghasilkan data stereo dengan resolusi temporal sangat tinggi mendekati *real time*, dengan resolusi spasial 2,5 m dan kuantitas 10 bit.

Satelit CARTOSAT-1 membawa sensor dua buah kamera Pankromatik sehingga menghasilkan citra stereoskopik dari suatu daerah pada permukaan bumi sepanjang jejak satelit. Kedua kamera pada satelit CARTOSAT-1 yaitu : satu

kamera untuk pandangan ke depan (*forward looking- FORE*) pada +26 derajat, dan satu kamera yang lain untuk pandangan bagian belakang (*Aft looking-AFT*) pada -5 derajat, menghasilkan dua citra secara simultan untuk perolehan data stereo.

Satelit CARTOSAT-1 adalah suatu misi global, dengan umur operasi minimal direncanakan 5 tahun. Satelit CARTOSAT-1 beroperasi pada orbit polar sinkron matahari, pada ketinggian orbit 618 km. Satelit tersebut meliputi seluruh bumi dalam jumlah 1867 orbit dengan waktu pengulangan setiap 126 hari. Lintasan-lintasan yang berdekatan diliput dengan suatu pemisahan setiap 11 hari. Kemampuan satelit untuk mengolengkan miring dapat digunakan untuk menaikkan frekuensi pandangan, yang bervariasi terhadap ketinggian satelit sehingga satelit tersebut mampu melakukan pencitraan ulang (*revisit time*) pada daerah yang sama di ekuator setiap 5 hari (resolusi temporal). Pasangan-pasangan citra stereo mempunyai lebar liputan satuan citra 30 km dan perbandingan *Base* terhadap *Height* (B/H) yang tetap adalah 0,62. Selain dari mode stereo, satelit CARTOSAT-1 juga dilengkapi untuk beroperasi dalam mode yang dapat menghasilkan citra dengan lebar liputan satuan citra yang besar. Bila dioperasikan di dalam mode ini, satelit tersebut dimanuver sedemikian sehingga citra-citra dengan lebar liputan satuan citra yang lebih besar dari 55 km didapatkan dengan kamera-kamera tersebut (Krishnaswamy, *et. al.*, 2003; NRSA, 2005).

Seperti diketahui stasiun bumi Inderaja Parepare yang dioperasikan oleh LAPAN, berkembang mampu menerima, merekam, mengolah dan mendistribusikan data *Synthetic Aperture Radar* (SAR) dari satelit ERS-1/2 dan JERS-1, OPS JERS-1, SPOT-4, TM Landsat-5 dan sekarang ini ETM plus Landsat-7. Pengembangan Sistem Stasiun Bumi tersebut untuk

dapat menerima data MODIS juga telah mulai dilakukan sejak tahun 2003, dan telah selesai atau mampu menerima data MODIS sejak pertengahan tahun 2004. (Kartasasmita, 2001; Tejasukmana, 2002).

Ketersediaan data indera satelit optik (seperti OPS JERS-1, TM Landsat-5 dan ETM plus Landsat-7, SPOT-4) dan radar (SAR JERS-1, SAR ERS-1/2) dan kemudahan perolehan data dari Stasiun Bumi Inderaja Pare-Pare tersebut di atas, telah membuka peluang untuk pemanfaatan data indera tersebut untuk berbagai bidang aplikasi. Hal itu 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.

Berkaitan dengan ketersediaan teknologi dan data dari satelit CARTOSAT-1 seperti diuraikan di atas dan untuk mempertahankan kontinuitas penyediaan data atau untuk pelayanan permintaan para pengguna akan kebutuhan data atau informasi spasial dan untuk pengembangan pemanfaatan data dan teknologi indera, LAPAN perlu untuk melakukan kajian sistem indera satelit masa depan serta aplikasi data indera tersebut untuk pemetaan atau perencanaan wilayah, pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan maupun untuk pengelolaan bencana alam. Seperti misalnya Sitanggang, dkk, 2004, telah melakukan kajian sistem indera satelit masa depan: IRS P-6 (*Indian Remote Sensing Satellite-P-6*) dan aplikasi datanya. Satelit IRS P-6 yang sekarang ini sedang dioperasikan oleh ISRO (*Indian Space Research Organization*) di Bangalore, India, adalah satelit observasi bumi dalam seri IRS (*Indian Remote Sensing*). Sistem indera satelit IRS-P6 adalah kelanjutan dari misi-misi IRS-IC/ID dengan kapabilitas yang ditingkatkan. Tujuan keseluruhan dari sistem indera satelit IRS-P6 adalah

untuk melengkapi pelayanan kontinu data inderaja pada basis operasional pengelolaan sumber daya darat dan laut (air) yang terintegrasi. IRS P-6 diluncurkan pada tanggal 17 Oktober 2003 dengan wahana peluncur PSLV-C5 dari SHAR, India. Satelit IRS P-6 membawa sensor kamera LISS III, LISS-IV dan AWiFS yang mempunyai kesamaan spektral dengan sensor ETM+ Landsat-7. Seperti diketahui, 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). Berdasarkan kemampuan resolusi spektral, resolusi spasial, resolusi radiometrik dan resolusi temporal dari data atau sensor pada satelit IRS -P6, direkomendasikan data LISS-III IRS-P6 dapat digunakan sebagai alternatif pengganti data ETM-Plus Landsat-7 kondisi SLC-*OFF*, namun kanal spektral termal tidak tersedia.

Kajian sistem inderaja satelit masa depan : ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) dan aplikasi datanya, juga telah dilakukan (Sitanggang, dkk, 2006). Satelit ALOS telah berhasil diluncurkan pada tanggal 24 Januari 2006 dengan pesawat peluncur roket H-IIA, dari lokasi peluncuran *Tanegashima Space Center* di Jepang bagian selatan. Satelit ALOS diperlengkapi dengan tiga buah sensor inderaja yang terdiri dari dua buah sensor optik yaitu: sensor PRISM (*Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping*) dan sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2*), serta satu buah sensor gelombang mikro atau radar yaitu: PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*).

Tujuan kajian ini adalah untuk melakukan studi mengenai sistem inderaja satelit CARTOSAT-1 yang meliputi kemampuan atau karakteristik teknis satelit dan sensor yang ada pada satelit tersebut yaitu 2 kamera Pankromatik, karakteristik data, produk-produk data, serta keunggulan-keunggulan atau aplikasi data serta melakukan analisis pemanfaatan data untuk berbagai bidang aplikasi.

Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi pemilihan data CARTOSAT-1 untuk berbagai aplikasi, serta memberikan rekomendasi keperluan penyediaan data CARTOSAT-1 untuk pengguna data melalui akuisisi data pada Stasiun Bumi yang dikelola oleh LAPAN di Indonesia. Metode pelaksanaan kajian adalah dengan mempelajari materi literatur yang diperoleh dari badan/ lembaga pemilik/operator satelit CARTOSAT-1, India (DOS, NRSA, ISRO dan lainnya) serta dari media internet, dan sumber-sumber referensi literatur lainnya berupa hasil-hasil penelitian yang berkembang dewasa ini dalam lingkup nasional, regional dan internasional, serta melakukan analisis.

2 KAJIAN SISTEM PENGINDERAAN JAUH SATELIT CARTOSAT-1

Sekarang ini ada suatu permintaan untuk pemetaan skala yang luas dan pemetaan topografik. Untuk mendapatkan keperluan ini, Departemen Antariksa (*Departement of Space-DOS*), India, meluncurkan satelit CARTOSAT-1 yang didedikasikan terhadap pandangan stereo untuk pemetaan skala luas dan aplikasi-aplikasi pemodelan lahan (*terrain modelling*). Program CARTOSAT-1 tersebut telah direalisasikan dengan peluncuran CARTOSAT-1 pada tanggal 5 Mei 2005 dari lokasi peluncuran kedua yang baru dibangun di Sriharikota, India, dengan roket PSLV-C6 (*Polar Satellite Launch Vehicle-C6*) yang dibangun secara mandiri

oleh India. Citra-citra dari satelit tersebut akan tersedia di GeoEye untuk distribusi ke seluruh dunia (NRSA, 2005).

2.1 Satelit Penginderaan Jauh India CARTOSAT-1

Kemampuan atau karakteristik teknis dari satelit penginderaan jauh India CARTOSAT-1 (Krishnaswamy, *et. al.*, 2003; NRSA, 2005) diuraikan berikut ini.

CARTOSAT-1 adalah suatu satelit inderaja yang dibangun, diluncurkan dan dioperasikan oleh Organisasi Penelitian Antariksa India (*Indian Space Research Organisation-ISRO*), yang ditujukan terutama untuk aplikasi-aplikasi kartografi. Satelit ini menjadi satelit yang ke-sebelas yang dibangun dalam serial satelit Penginderaan Jauh India (*Indian Remote Sensing-IRS*). Satelit CARTOSAT-1 adalah suatu satelit observasi bumi berupa stereoskopik pada suatu orbit polar sinkron matahari. Berat satelit tersebut kira-kira 1560 kg pada keadaan tidak diluncurkan (*lift-off*). CARTOSAT-1 diluncurkan ke orbit polar sinkron matahari (*Sun Synchronous Orbit-SSO*) pada ketinggian 618 Km.

Secara global ada banyak sistem satelit yang menghasilkan data resolusi tinggi untuk mendapatkan keperluan-keperluan aplikasi teknik bumi dan kartografik. Satelit CARTOSAT-1 mempunyai sejumlah keuntungan dibandingkan sistem-sistem lain yaitu satelit tersebut menghasilkan data stereo dengan waktu mendekati segera langsung (*near instantaneously*), dengan resolusi spasial yang tinggi yaitu: 2,5 m dan kuantitas 16 bit.

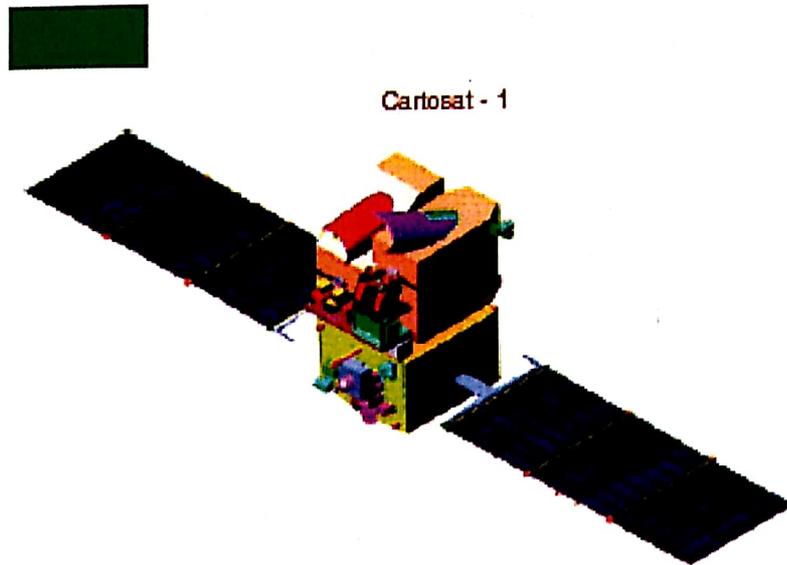
2.1.1 Konfigurasi satelit CARTOSAT-1

CARTOSAT-1 membawa *payload* atau sensor yaitu dua buah kamera Panchromatic (PAN) *state-of-the-art* yang mengambil gambar-gambar permukaan bumi berupa citra hitam-putih stereoskopik dalam daerah spektral tampak dari

spektrum elektromagnetik. Lebar liputan satuan citra yang diliput oleh kamera-kamera PAN resolusi tinggi ini adalah 30 km dan resolusi spasialnya adalah 2,5 m. Kamera-kamera tersebut dipasang pada satelit dengan suatu cara sedemikian rupa sehingga pencitraan dari daerah yang sama dari dua sudut yang berbeda, mendekati simultan adalah mungkin dilakukan. Satelit ini mempunyai fasilitas untuk menghasilkan peta-peta tiga dimensi yang akurat. Kamera-kamera dapat dikemudikan melintang arah gerakan jejak satelit untuk memfasilitasi pencitraan suatu daerah lebih sering. Citra-citra yang diambil oleh kamera-kamera CARTOSAT-1 dipadatkan, di-*encrypted*, diformat dan ditransmisikan ke stasiun bumi-stasiun bumi. Kamera-kamera tersebut beroperasi pada panjang gelombang 500-750 nm dan dimiringkan +26 derajat dan -5 derajat melintang arah jejak satelit. Citra-citra tersebut direkonstruksikan dari data yang diterima pada stasiun bumi-stasiun bumi.

CARTOSAT-1 juga membawa suatu pencatat data (*Solid State Recorder*) dengan kapasitas 120 Giga Bits untuk menyimpan citra-citra yang diambil oleh kamera-kamera tersebut. Citra-citra yang disimpan tersebut kemudian ditransmisikan ke suatu stasiun bumi bila satelit datang melintas dalam zona visibilitas dari stasiun bumi tersebut.

Pesawat antariksa (*spacecraft*) CARTOSAT-1 merupakan tubuh 3 poros yang distabilkan dengan menggunakan 4 buah Roda-Roda Reaksi (*Reaction Wheels*) dengan tenaga putaran tinggi yang dipasang dengan suatu pengaturan *tetrahedral*. Kapasitas menghasilkan power akan menjadi kira-kira 1100 watt pada akhir umur atau masa operasi (*end of life*), untuk mendapatkan operasi global dari *payload*nya. Gambar 2-1 menunjukkan konfigurasi CARTOSAT-1.



Gambar 2-1: Konfigurasi satelit CARTOSAT-1

2.1.2 Spesifikasi orbit satelit CARTOSAT-1

Suatu orbit polar sinkron matahari dengan ketinggian orbit 618 km, dengan inklinasi 97,87 derajat, dan dengan waktu lokal 10.30 melintang ekuator dan *descending node*, telah dipilih berdasarkan bermacam pertimbangan. Siklus pengulangan khusus adalah 5 hari dengan fasilitas pengendalian melintang jejak satelit (*cross track off-nadir*). CARTOSAT-1 adalah suatu misi global. Umur operasi minimal misi tersebut direncanakan menjadi 5 tahun. Satelit CARTOSAT-1 meliputi permukaan bumi dalam jumlah 1867 orbit dengan waktu pengulangan orbit setiap 126 hari. Lintasan-lintasan yang berdekatan diliput dengan suatu pemisahan setiap 11 hari. Kemampuan satelit untuk mengolengkan miring dapat digunakan untuk menaikkan frekuensi pandangan, yang bervariasi terhadap ketinggian satelit sehingga satelit tersebut mampu melakukan pencitraan ulang (*revisit time*) pada daerah yang sama di ekuator setiap 5 hari (resolusi temporal). Spesifikasi orbit satelit CARTOSAT-1 ditunjukkan pada Tabel 2-1.

2.1.3 Sistem kerangka utama pesawat antariksa (*Spacecraft Mainframe Systems*) CARTOSAT-1

Pesawat antariksa (*spacecraft*) CARTOSAT-1 dikonfigurasi dengan

kamera-kamera Pankromatik yang dipasang sedemikian rupa sehingga satu dari kamera tersebut sedang memandang pada + 26 derajat w.r.+ nadir, dan kamera yang satu lagi pada -5 derajat w.r.+ nadir, sejajar arah penjejakan satelit. Kedua kamera tersebut dikombinasikan untuk menghasilkan pasangan-pasangan citra stereoskopik dalam lintasan yang sama. Juga keseluruhan pesawat antariksa tersebut dapat dikendalikan menyilang arah penjejakan satelit untuk menghasilkan liputan yang lebih lebar dalam suatu periode yang lebih pendek.

Bus dari *spacecraft* harus mendukung sistem *payload* yaitu struktur, pengontrol termal, *power supply*, kompresi data, *formatting*, *encryption* dan transmisi data, penyimpanan data, TTC dan sebagainya. *Spacecraft* tersebut diperlengkapi dengan peralatan Sistem Pengontrol Orbit dan Kedudukan Satelit (*Attitude and Orbit Control System-AOCS*) yang presisi bersama-sama dengan sensor-sensor ketinggian dan sistem-sistem propulsi.

2.1.4 Karakteristik teknis utama satelit CARTOSAT-1

Ciri-ciri atau karakteristik teknis utama dari satelit CARTOSAT-1 ditunjukkan pada Tabel 2-3.

Tabel 2-1: SPESIFIKASI ORBIT CARTOSAT-1

| No. | Parameter | Spesifikasi |
|-----|--|--|
| 01. | Orbit | Sinkron matahari |
| 02. | Ketinggian nominal | 618 km |
| 03. | Jumlah orbit per hari | 14 |
| 04. | Jumlah lintasan orbit/satu bumi | 1867 |
| 05. | Periode orbit | 97 menit |
| 06. | Waktu tunggu nominal untuk akuisisi lintasan yang direncanakan | 11 hari |
| 07. | Waktu ulang (<i>Revisit time</i>) | 5 hari |
| 08. | Waktu pengulangan orbit (<i>Repetition</i>) | 126 hari |
| 09. | Node untuk operation-operasi P/L | <i>Descending Node</i> |
| 10. | Waktu lokal untuk melintang Khatulistiwa | 10:30 AM |
| 11. | Parameter-parameter Orbit : a) Sumbu Semi-major b) <i>Eccentricity</i> c) Inklinasi | a) 6996.128 km. b) 0.001 c) 97.87 derajat. |

Tabel 2-3: KARAKTERISTIK TEKNIS UTAMA CARTOSAT-1

| Spesifikasi Teknis CARTOSAT-1 | |
|--|--|
| Organisasi | ISRO |
| Jenis Misi | Observasi Bumi |
| Tanggal Peluncuran/Roket Peluncur | 5 Mei 2005 / PSLV-C6 |
| Lokasi Peluncuran | Sriharikota |
| Orbit | Ketinggian 618 km, lingkaran Polar Sinkron Matahari |
| Inklinasi Orbit | 98,87 derajat |
| Periode Orbit | 97 menit |
| <i>Right ascension of the ascending node</i> | 66,12 derajat |
| <i>Argument of perigee</i> | 224,75 derajat |
| Jumlah orbit/hari | 14 |
| Waktu lokal melintasi khatulistiwa | 10.30 pagi |
| Umur Misi | 5 tahun |
| <i>Repitivty</i> (waktu pengulangan satu putaran bumi) | 126 hari |
| <i>Revisit time</i> (waktu pengulangan pencitraan daerah yang sama) | 5 hari |
| Massa keadaan tidak diluncurkan (<i>lift-off</i>) | 1560 Kg |
| Kontrol Orbit dan Kedudukan Satelit (<i>Attitude and Orbit Control</i>) | Tubuh tiga sumbu, distabilkan menggunakan Roda-Roda Reaksi (<i>Reaction Wheels</i>) |
| Tenaga Elektrik | 15 m ² <i>Solar array</i> menghasilkan 1100 W, dua baterai 24 Ah Ni-Cd |
| Instruments | |
| <i>Payload</i> (Sensor) | - 2 Kamera Pankromatik (PAN), resolusi spasial 2,5 m. Kamera PAN <i>fore</i> dipasang dengan kemiringan + 26 derajat, Kamera PAN <i>aft</i> dipasang dengan kemiringan -5 derajat dari sumbu <i>yaw</i> untuk menghasilkan citra stereoskopik. |
| Pandangan Medan Geometric Sesaat (<i>Instantaneous Geometric Field of View - IGFOVI</i>) | < 2,5 m |
| Lebar liputan satuan citra (<i>swath</i>) | 30 km |
| Kanal Spektral | 0,50-0,85 micron |
| Kecepatan data | 105 Mbps untuk setiap Kamera |

(Sumber :ISRO Website: <http://www.isro.org/cartosat/page3.htm>)

Tabel 2-4: KARAKTERISTIK TEKNIS KAMERA PANKHROMATIK-CARTOSAT-1 DAN KARAKTERISTIK DATA CITRA

| No. | Parameter | Spesifikasi Fore (+26 derajat.), Aft (-5 derajat) |
|-----|---|---|
| 01. | Lebar Liputan satuan Citra (<i>Swath</i>) (Stereo) <i>Fore + Aft</i> di-Kombinasi (Mono) | <i>Fore</i> : 30 km <i>Aft</i> : 26.855 km |
| 02. | Resolusi Spasial : GIFOV (m) (<i>Across-track x along-track</i>) | <i>Fore</i> : 2.5 x 2.78 m <i>Aft</i> : 2.22 x 2.23 m |
| 03. | Resolusi Spasial : GIFOV (m) (<i>Across-track x along-track</i>) | <i>Fore</i> : 2.5 x 2.78 m <i>Aft</i> : 2.22 x 2.23 m |
| 04. | Jarak sampel pada permukaan bumi | 2,54 m (<i>Across track</i>) |
| 05. | Resolusi Spektral a) Jumlah Kanal b) Kanal spectral | a) 1 Panchromatic b) 0.5-0,85 mikron |
| 06. | Resolusi Radiometrik a) Radiansi Saturasi b) Kuantisasi c) SNR | a) 55mw/cm*cm/str/micron b) 10 bits c) 345 pada Radiansi Saturasi |
| 07. | Parameter-Parameter CCD a) Jumlah Detectors / elements b) Ukuran Element Detector c) <i>Odd-Even Spacing</i> | a) 12000 per camera b) 7 x 7 microns c) 35 microns <i>staggered</i> |
| 08. | Optik-optik a) Jumlah Cermin b) <i>Focal Length Effectif</i> (mm) c) <i>F-Number</i> d) <i>Field of View</i> (derajad) | a) 3 b) 1980 c) F/4.5 d) +/- 1.08 |
| 09. | Kuantisasi | 10 bit (1024) |
| 10. | Jumlah detector | 12 K |
| 11. | Ukuran elemen citra | 7 x 7 mikron |
| 12. | Waktu integrasi | 0,336 m detik |
| 13. | MTF a) <i>Across track</i> b) <i>Along track</i> | a) 20 b) 23 |
| 14. | Kecepatan data setiap kamera | 336 Mbps |
| 15. | Rasio kompresi data | 3,22 : 1 (nominal) tergantung pada lahan (<i>terrain</i>) |
| 16. | Kompresi Data : a) Algorithma b) Rasio kompresi | a) JPEG b) Max.3.2 |
| 17. | Kecepatan data ditransmisikan ke bumi | 105 Mbps/kamera |
| 18. | Kalibrasi <i>Onboard</i> | Relatif , menggunakan LEDs |
| 19. | Rasio Nominal B/H untuk Stereo | 0.62 |
| 20. | Kisaran Temperatur Operasi P/L | 20 +/- 1 degree C. |

2.2 Sensor Pada Satelit CARTOSAT-1 dan Karakteristik Data Citra

Kemampuan atau karakteristik teknis dari sensor pada satelit CARTOSAT-1 dan karakteristik data citranya

(Krishnaswamy, *et.al.*, 2003; NRSA, 2005) diuraikan berikut ini.

Satelit CARTOSAT-1 membawa *payload* atau sensor yaitu dua kamera Pankromatik (PAN) dengan resolusi spasial

2,5 m, untuk mengakuisisi dua citra secara simultan, yaitu satu kamera untuk pandangan bagian depan (*forward looking-FORE*) pada +26 derajat dan satu kamera yang lain untuk pandangan bagian belakang (*aft looking-AFT*) pada -5 derajat untuk menghasilkan data stereo dengan waktu mendekati segera langsung (*near instantaneously*). Perbedaan waktu antara akuisisi daerah (*scene*) yang sama dari dua kamera tersebut adalah 52 detik. Tubuh wahana satelit dapat dikendalikan untuk mengkompensasi pengaruh rotasi bumi dan untuk menekan kedua kamera bagian depan (*FORE*) dan kamera bagian belakang (*AFT*) untuk memandangi bagian daerah (*strip*) yang sama pada permukaan bumi bila dioperasikan dalam mode stereo. Akuisisi-akuisisi pasangan stereo secara simultan adalah keuntungan yang paling besar karena parameter radiometrik dari citra-citra tersebut akan identik. Pasangan-pasangan stereo mempunyai lebar liputan satuan citra (*swath*) 26 km dan perbandingan (rasio) B/H yang tetap adalah 0,62.

Payload atau sensor berupa dua kamera Pankromatik (PAN) pada CARTOSAT-1 melakukan fungsi pencitraan suatu daerah sepanjang jejak satelit dan mentransmisikan data tersebut untuk pengolahan data di stasiun bumi. Masing-masing kamera Pankromatik terdiri dari 3 cermin sumbu-*off* yang semuanya teleskop reflektif dengan cermin-cermin utama, sekunder dan *tertiary*. Cermin-cermin ini dibuat dari *zerodur glass blanks* yang spasial dan dibebani kira-kira 60%. Cermin-cermin ini dipolish pada akurasi 1/80 dan dilapisi dengan pelapis AlO_2 yang kualitasnya ditingkatkan. Cermin-cermin tersebut dipasang pada modul elektro-optik menggunakan penempel ISO-*state* sedemikian sehingga distorsi pada cermin-cermin yang dibebani cahaya adalah sangat minimum.

Selain mode stereo, satelit CARTOSAT-1 juga dilengkapi untuk beroperasi pada mode yang menghasilkan lebar liputan satuan citra yang besar (*wide swath mode*). Bila dioperasikan

pada mode ini, satelit tersebut dimanuver sedemikian rupa sehingga bagian-bagian (*strips*) citra akan dicitrakan sisi demi sisi sehingga citra-citra dengan lebar liputan satuan citra yang lebih besar dari 55 km didapatkan dengan kamera-kamera tersebut. Satelit tersebut juga mempunyai fasilitas untuk menghasilkan bermacam *pitch-biases* untuk memvariasikan kondisi-kondisi sudut pandang dari pasangan stereo tersebut.

Untuk mendapatkan resolusi tinggi dan keperluan lebar satuan citra 12 K, 7 mikron, *linier array* CCD dirancang untuk digunakan sebagai suatu detektor. Elektronik pengolahan CCD akan menggunakan kecepatan tinggi untuk mendapatkan persyaratan kecepatan data yang tinggi. Spesifikasi sensor kamera Pankromatik yang dimuat pada satelit CARTOSAT-1 dan karakteristik data citra dapat dilihat pada Tabel 2-4.

3 PRODUK DATA CARTOSAT-1

Produk-produk data CARTOSAT-1 ada dua kategori (NRSA, 2005) yaitu:

- Produk standar (terkoreksi radiometrik, *georeferenced*).
- Produk presisi (produk terrektifikasi ortho).

Produk-produk standar dihasilkan setelah memperhitungkan distorsi-distorsi radiometrik dan geometrik, sedangkan produk-produk presisi direktifikasi ortho. Produk-produk terrektifikasi ortho dikoreksi terhadap distorsi-distorsi permukaan lahan (*terrain*) dan pengaruh-pengaruh kemiringan (*tilt*) kamera dengan bantuan titik-titik kontrol dan menggunakan *Stereo Strip Triangulated* (SST) berdasarkan *Digital Elevation Model* (DEM) (hanya untuk wilayah India). Semua produk data CARTOSAT-1 diberikan kepada para pengguna dengan format radiometrik 10 bit untuk kedua kamera PAN *Fore* dan PAN *Alt*. Produk-produk standar data CARTOSAT-1 dapat dilihat pada Tabel 3-1.

Tabel 3-1: PRODUK-PRODUK STANDAR CARTOSAT-1

| No. | Jenis Produk-Produk | Koreksi yang digunakan |
|-----|---|--|
| 01. | Terkoreksi radiometrik/ Stereo Dasar (<i>Basic Stereo</i>) | Koreksi-koreksi <i>stagger</i> , koreksi-koreksi kehilangan garis, koreksi radiometrik pada tingkat <i>scene</i> |
| 02. | <i>Georeferenced</i> Standar | Koreksi-koreksi geometrik dan radiometrik (Orientasi utara) pada tingkat <i>scene</i> menggunakan Pengetahuan Sistem (<i>System Knowledge</i>) |
| 03. | Produk-produk orthokit (Mono/Stereo) | Koreksi-koreksi radiometrik bersama-sama dengan Koefisien-Koefisien Polynomial Rasional (<i>Rational Polynomial Coefficients-RPCs</i>) |
| 04. | Produk ortho | Produk-produk terkoreksi <i>terrain</i> menggunakan TCPs dan DEM dari perangkat lunak SST (hanya untuk wilayah India) |

Produk-produk data CARTOSAT-1 yang tersedia dalam rupa citra, dibedakan atas 3 jenis (Krishnaswamy, *et.al.*, 2003) yaitu:

- Produk-produk Data Citra (*Image Data Products*).
- Produk-produk Data Peta Citra (*Image Map Data Products*).
- Produk-produk Data DEM (*DEM Data product*).

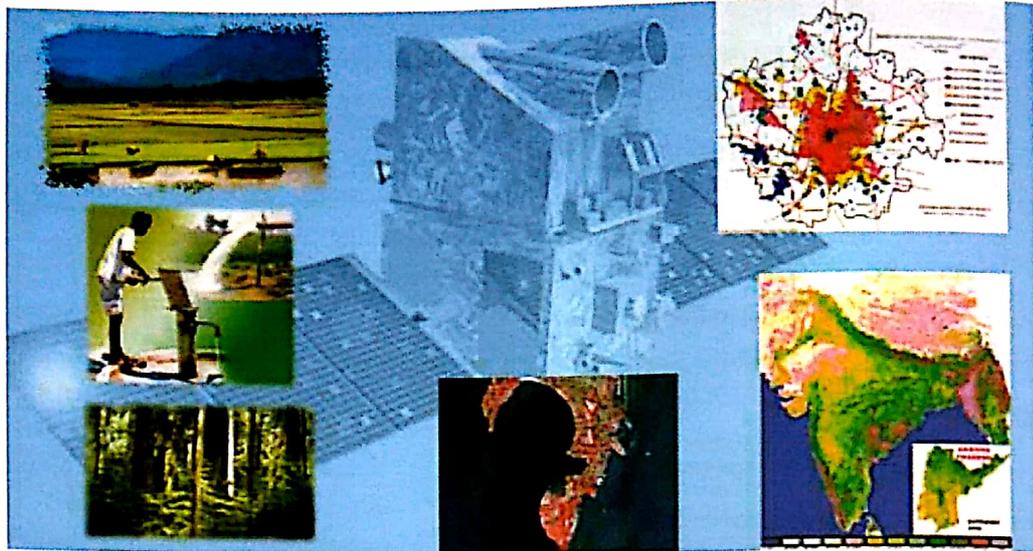
4 APLIKASI DATA CARTOSAT-1

Data dari satelit-satelit *Indian Remote Sensing* (IRS) digunakan untuk berbagai aplikasi. Aplikasi-aplikasi tersebut (NRSA, 2005) meliputi: pemetaan penutup lahan/penggunaan lahan untuk perencanaan zona-zona, perencanaan *agro-climatic*, pemetaan *wasteland*, pemetaan penutup hutan, pemetaan lahan basah (*wetland*), umur tanaman pertanian dan estimasi produksi, Perencanaan Aksi Sungai Nasional untuk Penyaluran Kotoran Penanganan Tanaman (*National River Action Plan for Sewerage Treatment Plants*), Pemetaan Regulasi Zona Pantai (*Coastal Zone Regulation*), Misi Terpadu untuk Pengembangan Berkesinambungan (*Integrated Mission for Sustainable Development*), Sistem Infor-

masi Sumber Alam Nasional (*National Natural Resources Information System*), dan sebagainya. Aplikasi yang lainnya, studi-studi aplikasi yang berbeda dari level lokal/regional juga sedang dilaksanakan oleh banyak organisasi. Gambar 4-1 menunjukkan Aplikasi-aplikasi IRS.

Badan Penginderaan Jauh Nasional (*National Remote Sensing Agency*), dibawah DOS, menerima, memproses, dan mendistribusikan data dari satelit-satelit penginderaan jauh India tersebut ke beragam pengguna. Citra dari satelit IRS didiseminasikan ke seluruh dunia pada basis komersial melalui Korporasi Antrix dari DOS (*Antrix Corporation of DOS*).

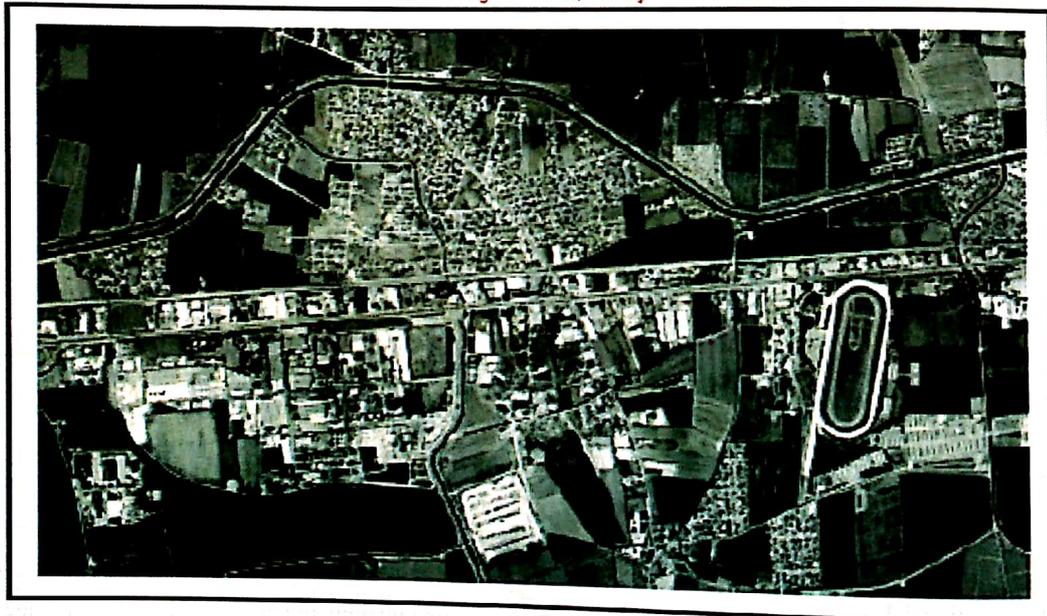
Peluncuran CARTOSAT-1 diharapkan dapat memenuhi permintaan yang segera terhadap visualisasi lahan (*terrain*), pembaharuan peta-peta topographic, menghasilkan basis data topographic Nasional, dan perencanaan keperluan-keperluan lain. Setelah beroperasi, CARTOSAT-1 lebih lanjut akan memberikan pelayanan penginderaan jauh dengan menghasilkan citra dengan resolusi spasial yang ditingkatkan. Gambar 4-2 menunjukkan contoh Citra CARTOSAT-1-Adana, Turkey.



Sumber: ISRO Website: <http://www.isro.org/cartosat/page4.htm>, www.enaesat.com)

Gambar 4-1: Aplikasi-aplikasi IRS

Cartosat - 1 Image - Adana, Turkey



Gambar 4-2 : Contoh citra CARTOSAT-1 – Adana, Turkey

Satelit CARTOSAT-1 dengan kemampuan pencitraan stereo sepanjang jejak satelit dengan resolusi spasial tinggi yang unik, yang dilaksanakan untuk pertama kali di setiap tempat di dunia, akan memungkinkan menghasilkan DEM (*Digital Elevation Models*) dan produk-produk bernilai tambah yang lain. Data CARTOSAT-1 dapat digunakan untuk pembaruan peta topografik, di samping menghasilkan peta-peta topografik skala besar. Data dari CARTOSAT-1

diharapkan untuk menghasilkan input-input yang dipertajam untuk aplikasi-aplikasi pemetaan skala besar dan merangsang aplikasi-aplikasi yang lebih baru dalam bidang pengembangan perkotaan dan pedesaan, pengelolaan sumber daya air dan darat, penilaian bencana alam, pengelolaan dan perencanaan pertolongan bencana alam, penilaian dampak lingkungan dan berbagai aplikasi Sistem Informasi Geografis yang lain.

5 ANALISIS PEMANFAATAN DATA CARTOSAT-1 UNTUK BERMACAM APLIKASI

Seperti yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya, satelit CARTOSAT-1 membawa dua buah kamera Pankromatik sehingga menghasilkan pasangan-pasangan citra stereoskopik dari suatu daerah pada permukaan bumi sepanjang jejak satelit dengan kemampuan lebar liputan satuan citra 30 km. Kedua kamera pada satelit CARTOSAT-1 yaitu kamera pandangan *forward* dan *backward* masing-masing menghasilkan citra dengan lebar liputan satuan citra 30 km, dengan kemampuan resolusi spasial 2,5 meter dan kuantitas 10 bit. Selain mode stereo, satelit CARTOSAT-1 juga dilengkapi untuk beroperasi dalam mode yang dapat menghasilkan citra dengan lebar liputan satuan citra yang besar. Bila dioperasikan di dalam mode ini, satelit tersebut dimanuver sedemikian rupa sehingga citra-citra dengan lebar liputan satuan citra yang lebih besar dari 55 km didapatkan dengan kamera-kamera tersebut.

Dalam pemanfaatan data CARTOSAT-1 atau data indera lainnya, yang berorientasi pada ketersediaan data dan kebutuhan jenis informasi, faktor-faktor yang menjadi pertimbangan untuk melaksanakan aplikasi kasus-kasus pemetaan atau perencanaan wilayah, pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan maupun untuk pengelolaan bencana alam dan lain sebagainya dengan hasil yang efektif dan efisien adalah sebagai berikut : 1) Pemilihan data yang menyangkut: pemilihan kanal/resolusi atau kombinasi kanal spektral dan resolusi spasial, resolusi temporal dan resolusi radiometrik serta luas liputan satuan citra, 2) Penentuan prosedur atau teknik dan metode pengolahan dan analisis data citra.

Teknik fusi (penggabungan) data multisensor dapat meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh. Misalnya fusi data optik dan radar, dapat meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh,

terutama pada daerah yang mayoritas daerah cakupan citra ditutupi awan. Fusi data citra Pankromatik (citra hitam-putih) yang mempunyai resolusi spasial tinggi dengan data citra multi-spektral (citra berwarna) dengan resolusi spasial rendah, akan mempertajam atau meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh (teknik *Image Pansharpening*).

Untuk keperluan identifikasi atau deteksi obyek-obyek penutup lahan, data CARTOSAT-1 dengan resolusi spasial yang sangat tinggi yaitu 2,5 m akan efektif memberikan detail informasi yang lebih akurat, dibandingkan dengan citra indera lain yang mempunyai resolusi spasial yang lebih rendah pada spektral yang sama. Citra CARTOSAT-1 dalam 1 kanal spektral Pankromatik, dapat dilengkapi dengan kreasi DEM atau peta 3 Dimensi, dengan resolusi spasial yang sangat tinggi yaitu 2,5 m tersebut akan efektif memberikan detail informasi yang lebih akurat.

Data citra CARTOSAT-1 dalam 1 kanal spektral Pankromatik dengan resolusi spasial yang sangat tinggi yaitu 2,5 m akan efektif untuk memberikan detail informasi yang lebih akurat dibandingkan dengan data citra indera lain yang mempunyai kemampuan spektral yang sama, namun resolusi spasialnya lebih rendah. Untuk mempertajam atau meningkatkan detail informasi pada data citra 1 kanal spektral Pankromatik, dapat dilakukan teknik fusi data dengan data citra multispektral yang mempunyai resolusi spasial yang rendah. Teknik ini disebut *Image Pansharpening*. Dengan teknik ini akan diperoleh citra berwarna, sehingga meningkatkan ketelitian identifikasi objek-objek pada citra.

Contoh aplikasi teknik fusi data menggunakan data citra Pankromatik CARTOSAT-1 dan data Multispektral, yaitu data citra LISS-IV Mx IRS-P6, ditunjukkan pada Gambar 5-1 yaitu citra yang diperoleh pada awal operasi dari satelit CARTOSAT-1. Pengaruh-pengaruh tiga dimensi pada citra ini diperoleh dengan

menggabungkan (fusi) citra hitam putih Pankromatik (PAN-Aft)-CARTOSAT-1 yang mempunyai resolusi spasial 2,5 m dengan data citra Multispektral (LISS-IV Mx) dari satelit IRS-P6 yang mempunyai resolusi 5.8 m. Citra ini adalah citra komposit warna alami yang menunjukkan pandangan perspektif 3 D dari Khed Brahma, Gujarat, India. Data citra CARTOSAT-1 yang digunakan adalah data yang diakuisisi pada tanggal 8 Mei 2005, sedangkan data LISS-IV Mx dari satelit IRS-P6 diakuisisi tanggal 27 Maret 2004. Citra yang dihasilkan ini dalam citra berwarna, yang memberikan detail informasi yang lebih jelas. Citra ini menunjukkan suatu pandangan dari daerah Khed Brahma perbatasan Gujarat dan Rajasthan, daerah perbukitan di daerah tersebut, dan Harnav Nadhi (sungai). Citra yang mempunyai kecerahan yang demikian menunjukkan daerah-daerah pertanian yang dipanen, *haystacks* dan perbatasan wilayah dari daerah Khed Brahma (NRSA, 2005).

Aplikasi teknik fusi data menggunakan data citra Pankromatik CARTOSAT-1 dan data Multispektral, yaitu misalnya data citra LISS-IV Mx IRS-P6, akan meningkatkan detail informasi untuk keperluan identifikasi atau deteksi obyek-obyek penutup lahan. Sebagai gambaran/simulasi aplikasi teknik tersebut untuk

data CARTOSAT-1 dapat dilihat pada Gambar 5-2 yaitu Contoh data citra Pansharpen/ALOS dari AVNIR-2 + PRISM (resolusi 2,5 m) dibandingkan dengan citra AVNIR-2/ALOS (resolusi 10 m) daerah Jakarta, Indonesia (NASDA, 2005). Contoh ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan data citra Pankromatik CARTOSAT-1 dan data Multispektral, misalnya data citra LISS-IV Mx IRS-P6, akan meningkatkan detail informasi untuk keperluan identifikasi atau deteksi obyek-obyek penutup lahan.

Dengan teknik *Pansharpening* seperti dikemukakan di atas, dengan menggunakan data citra Pankromatik CARTOSAT-1 dan data data Multispektral, misalnya data citra LISS-IV Mx IRS-P6, akan sangat efektif untuk aplikasi Pemetaan. Pemanfaatan data CARTOSAT-1 untuk pemetaan dapat diberi gambaran/simulasi dengan contoh pada Gambar 5-3 yang menunjukkan data citra resolusi 2,5 data citra Pansharpen/ALOS dari AVNIR-2 + PRISM (resolusi 2,5 m) yang dapat menghasilkan peta skala 1/25.000 daerah Jakarta, Indonesia. Contoh ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan data citra Pankromatik CARTOSAT-1 dan data Multispektral, misalnya data citra LISS-IV Mx IRS-P6, akan sangat efektif untuk aplikasi Pemetaan.



Sumber Foto: National Remote Sensing Agency, 2005, Hyderabad

Gambar 5-1: Citra komposit warna alami yang menunjukkan pandangan perspektif 3 D dari Khed Brahma, Gujarat, India; diperoleh dengan teknik fusi citra hitam putih Pankromatik (PAN-Aft)-CARTOSAT-1 dengan data citra Multispektral (LISS-IV Mx) IRS-P6

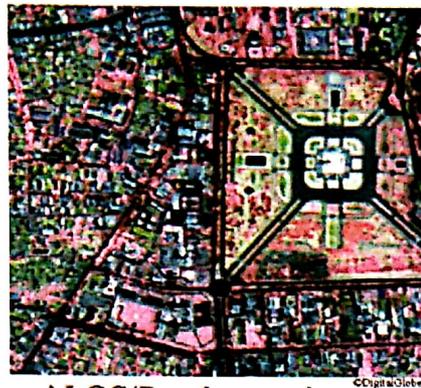
Pansharpen Image



Jakarta



ALOS/AVNIR-2
(10m resolution)



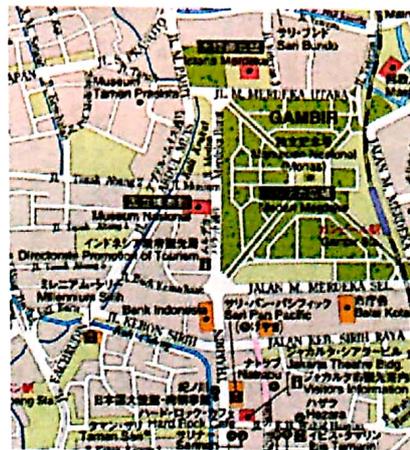
ALOS/Pansharpen image
From AVNIR-2+PRISM
(2.5m resolution)

Gambar 5-2: Contoh data citra Pansharpen/ALOS dari AVNIR-2 + PRISM (resolusi 2,5 m) dibandingkan dengan citra AVNIR-2/ALOS (resolusi 10 m) daerah Jakarta, Indonesia (NASDA, 2005). Contoh ini menunjukkan dengan menggunakan data citra Pankromatik CARTOSAT-1 dan data Multispektral, misalnya data citra LISS-IV Mx IRS-P6, akan meningkatkan detail informasi untuk keperluan identifikasi atau deteksi objek-objek penutup lahan

Map Creation (1-2)



Jakarta



2.5m resolution data can produce 1/25,000 scale map

Gambar 5-3: Contoh data citra resolusi 2,5 data citra Pansharpen/ALOS dari AVNIR-2 + PRISM (resolusi 2,5 m) yang dapat menghasilkan peta skala 1/25.000 daerah Jakarta, Indonesia (NASDA, 2005). Contoh ini menunjukkan dengan menggunakan data citra Pankromatik CARTOSAT-1 dan data Multispektral, misalnya data citra LISS-IV Mx IRS-P6, akan sangat efektif untuk aplikasi Pemetaan

Seperti yang telah diuraikan pada bagian sebelumnya, satelit CARTOSAT-1 mampu melakukan pencitraan ulang pada daerah yang sama di ekuator setiap 5 hari (resolusi temporal). Dengan demikian untuk aplikasi deteksi atau pemantauan perubahan penutup lahan yang memerlukan perubahan waktu yang tinggi, dan atau untuk pengelolaan bencana alam data CARTOSAT-1 akan efektif digunakan. Dengan kata lain, dengan karakteristik teknis satelit, sensor dan data citra CARTOSAT-1 seperti tersebut di atas, data CARTOSAT akan efektif digunakan untuk aplikasi pemetaan, perencanaan pengembangan wilayah, pengelolaan sumber daya alam (pertanian, kehutanan, perkebunan, geologi, dan lain sebagainya), dan pengelolaan bencana alam.

Hasil kajian dapat digunakan sebagai alat pertimbangan dalam pemilihan atau pemanfaatan data CARTOSAT-1 untuk aplikasi pemetaan, perencanaan pengembangan wilayah, pengelolaan sumber daya alam (pertanian, kehutanan, perkebunan, geologi, dan lain sebagainya) dan pengelolaan bencana alam. Hasil ini dapat pula menjadi suatu pertimbangan dalam pengembangan Stasiun Bumi Inderaja yang dikelola oleh LAPAN untuk menjamin kontinuitas pelayanan bagi para pengguna data inderaja di Indonesia, dan juga dalam pengembangan teknologi Inderaja di Indonesia.

6 KESIMPULAN

Berdasarkan kajian dan analisis yang dilakukan, sebagai kesimpulan adalah sebagai berikut :

- Satelit inderaja CARTOSAT-1 yang didedikasikan terhadap pandangan stereo untuk pemetaan skala luas dan aplikasi-aplikasi pemodelan lahan (*terrain modeling*) dengan pandangan stereo telah direalisasikan diluncurkan pada tanggal 5 Mei 2005 dengan roket PSLV-C6 (*Polar Satellite Launch Vehicle-C6*) dari Sriharikota, India.
- Satelit CARTOSAT-1 adalah suatu misi global, dengan umur operasi minimal

direncanakan lima tahun. Satelit CARTOSAT-1 beroperasi pada orbit polar sinkron matahari, pada ketinggian orbit 618 km. Satelit tersebut meliputi seluruh bumi dalam jumlah 1867 orbit dengan waktu pengulangan setiap 126 hari. Lintasan-lintasan yang berdekatan diliput dengan suatu pemisahan setiap 11 hari. Kemampuan satelit untuk mengolengkan miring dapat digunakan untuk menaikkan frekuensi pandangan, yang bervariasi terhadap ketinggian satelit sehingga satelit tersebut mampu melakukan pencitraan ulang pada daerah yang sama di ekuator setiap 5 hari (resolusi temporal).

- Satelit CARTOSAT-1 membawa dua kamera Pankromatik untuk mengakuisisi dua citra secara simultan, yaitu satu kamera untuk pandangan bagian depan (*forward looking-FORE*) pada +26 derajat dan satu kamera yang lain untuk pandangan bagian belakang (*aft looking-AFT*) pada -5 derajat untuk menghasilkan data stereo. Pasangan-pasangan citra stereo mempunyai lebar liputan satuan citra 30 km dengan resolusi spasial 2,5 m.
- Untuk keperluan identifikasi atau deteksi objek-objek penutup lahan, data CARTOSAT-1 dengan resolusi spasial yang sangat tinggi yaitu 2,5 m akan dapat efektif memberikan detail informasi yang lebih akurat dengan ketersediaan citra dalam 1 kanal spektral Pankromatik, yang dapat dilengkapi dengan kreasi DEM atau peta 3 Dimensi.
- Untuk mempertajam identifikasi atau deteksi objek-objek penutup lahan atau meningkatkan detail informasi pada data citra 1 kanal spektral Pankromatik, dapat dilakukan teknik fusi data dengan data citra multispektral yang mempunyai resolusi spasial yang rendah pada liputan daerah yang sama (*Image Pansharpening*).
- Data citra CARTOSAT-1 yang diperoleh dari 2 kamera Pankromatik untuk perolehan data stereo adalah efektif untuk aplikasi pemetaan, perencanaan pengembangan wilayah, pengelolaan

sumber daya alam (pertanian, kehutanan, perkebunan, geologi, dan lain sebagainya) dan pengelolaan bencana alam.

6 SARAN

Hasil kajian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan atau pemanfaatan data CARTOSAT-1 untuk aplikasi pemetaan, perencanaan pengembangan wilayah, pengelolaan sumber daya alam (pertanian, kehutanan, perkebunan, geologi, dan lain sebagainya) dan pengelolaan bencana alam.

Selain itu, hasil kajian ini dapat pula dijadikan bahan pertimbangan dalam pengembangan Stasiun Bumi Inderaja yang dikelola oleh LAPAN untuk menjamin kontinuitas pelayanan bagi para pengguna data inderaja di Indonesia, dan juga di dalam pengembangan teknologi Inderaja di Indonesia.

DAFTAR RUJUKAN

ISRO Website: <http://www.engesat.com>).

ISRO Website: <http://www.isro.org/cartosat/page3.htm>

ISRO Website: <http://www.isro.org/cartosat/page4.htm>, www.engesat.com)

ISRO Website: <http://www.isro.org/cartosat/page4.htm>, Wikipedia, the free encyclopedia).

ISRO Website: <http://www.isro.org/cartosat/page5.htm>.

ISRO Website, gunter.krebs@skyrocket.de
© Gunter Dirk Krebs.

Kartasasmita, M., 2001. *Prospek dan Peluang Industri Penginderaan Jauh di Indonesia*, LAPAN & LISPI, Jakarta.

Krishnaswamy, M. and S. Kalyanaraman, 2003. *Indian Remote Sensing Satellite Cartosat-1: Technical features and data products*, ISRO, India.

NASA, 2003. Landsat-7 Science Team and Scientist from USGS-NASA, *Preliminary Assesment of The Value of Landsat-7 ETM+ Data Following Scan Line Corrector Malfunction*, EROS Data Center, Sioux Falls, SD 57198, USA.

NASDA (National Space Development Agency of Japan), 2005. *Applications ALOS – Advanced Land Observing Satellite*, Japan.

NRSA, 2005. *CARTOSAT-1: A Global IRS Mission for large scale mapping and terrain modeling applications*, India.

Sitanggang, G., R., Ginting, Silvia, 2006. *Kajian Sistem Inderaja Satelit ALOS (Advanced Land Observing Satellite)*, Laporan Akhir Kegiatan Litbang-fatja, PUSBANGJA-LAPAN, Jakarta.

Sitanggang, G., R., Ginting, A., T., Wardana, 2004. *Kajian Sensor Masa Depan : Peluang IRS-P6 dan SPOT-5 sebagai Alternatif Pengganti Data ETM-plus Landsat dalam masalah SLC OFF*, Laporan Akhir Kegiatan Litbang-fatja, PUSBANGJA-LAPAN, Jakarta.

Subramanian, T.S., 2005. *Cartosat-1 sends high clarity images*, NRSA, India.

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.