

KARAKTERISTIK SATELIT PENGINDERAAN JAUH ALOS UNTUK MISI PEMETAAN DAN POTENSI DATA UNTUK APLIKASI PEMETAAN

Gokmaria Sitanggang

Peneliti Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Teknologi Penginderaan Jauh, LAPAN

ABSTRACT

The ALOS (Advanced Land Observing Satellite) which has been successfully launched on January, 24, 2006 has unique characteristics for mapping mission. The ALOS satellite is equipped with three remote sensing sensors and the mission supporting subsystems to achieve the ALOS main missions. The three sensors consist of two optical sensors i.e. PRISM (Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping) and AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type-2), and one microwave sensor or radar i.e. PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar). This paper describes about the characteristics of ALOS (Advanced Land Observing Satellite) for mapping mission and the data potential for mapping application which consist of the main characteristics of ALOS, the characteristics of the sensors and the data, the capability of the satellite for mapping mission and the analysis of the uses or the potential of the ALOS data for mapping applications. The study results showed that the technical characteristics of ALOS satellite, PRISM, AVNIR-2, and PALSAR sensors and the mission supporting subsystems are fully met mission requirements for mapping application. The study method is accomplished by studying literature/information/ data which was obtained from the satellite operator, the internet, and the current and previous research results, and by performing analysis as well.

ABSTRAK

Satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) yang telah berhasil diluncurkan pada tanggal 24 Januari 2006 lalu, mempunyai karakteristik yang unik untuk misi pemetaan. Satelit ALOS dilengkapi dengan tiga buah sensor penginderaan jauh (inderaja) dan subsistem pendukung misi untuk mencapai misi utama ALOS. Tiga buah sensor tersebut 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*), sebuah sensor gelombang mikro atau radar yaitu PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*). Makalah ini menguraikan tentang karakteristik satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) untuk misi pemetaan dan potensi data untuk aplikasi pemetaan yang meliputi karakteristik utama satelit ALOS, karakteristik sensor dan data, kemampuan satelit untuk misi pemetaan, serta analisis pemanfaatan atau potensi data untuk aplikasi pemetaan. Hasil kajian menunjukkan bahwa karakteristik teknis dari satelit ALOS, sensor atau data PRISM, AVNIR-2, PALSAR dan subsistem pendukung misi, memenuhi persyaratan-persyaratan sistem secara penuh untuk misi atau aplikasi pemetaan. 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.

1 PENDAHULUAN

ALOS [*Advanced Land Observing Satellite*] adalah satelit penginderaan jauh (inderaja) terbesar yang dibangun oleh Jepang untuk pengamatan daratan. Satelit ALOS telah berhasil diluncurkan pada tanggal 24 Januari 2006 dengan pesawat peluncur roket H-IIA, dari lokasi peluncuran *Tanegashima Space Center*, Jepang bagian selatan (JAXA, 2006). Satelit ALOS mempunyai 5 misi utama, yaitu 1) untuk memberikan kontribusi terhadap aplikasi kartografi (Kartografi), 2) untuk memberikan kontribusi terhadap pengamatan regional (Pengamatan Regional), 3) untuk memberikan kontribusi terhadap pemantauan bencana alam (Pemantauan Bencana Alam), 4) untuk memberikan kontribusi terhadap penelitian sumber daya alam (Penelitian Sumber Daya Alam), dan 5) untuk meningkatkan teknologi pengamatan daratan (Pengembangan Teknologi).

Satelit ALOS bergerak pada orbit sinkron matahari pada ketinggian 691,65 km pada ekuator, inklinasi 98,16 derajat, siklus pengulangan orbit setiap 46 hari dengan *sub-cycle* setiap 2 hari. Massa satelit tersebut kira-kira 4000 kg. Satelit ALOS dirancang untuk dapat tetap beroperasi pada orbitnya pada kurun waktu 3-5 tahun.

Satelit inderaja untuk misi pemetaan memerlukan karakteristik teknis dengan persyaratan-persyaratan tertentu. Rancangan sistem ALOS dioptimalisasikan untuk pemetaan. Kemampuan pemetaan dengan akurasi yang sangat tinggi adalah penggerak misi yang utama untuk ALOS. Persyaratan-persyaratan akurasi telah diambil di dalam perhitungan rancangan satelit. Untuk misi pemetaan, satelit ALOS mempunyai karakteristik yang unik yaitu 1) dapat menghasilkan *Digital Elevation Model* (DEM) dengan akurasi ketinggian 3 - 5 m dari citra panchromatic dengan resolusi 2,5 m atau citra-citra stereoskopik *triplet* dengan sensor-sensor *nadir*, *forward* dan *backward*, 2) dapat menghasilkan pemetaan tanpa Titik Kontrol Tanah

[*Ground Control Point-GCP*], 3) dapat menghasilkan daerah pengamatan yang luas, dengan lebar liputan satuan citra 70 km atau lebih, dan 4) mempunyai sistem penanganan data dengan kapasitas yang besar untuk pencapaian misi.

Untuk pencapaian misi, satelit ALOS, dilengkapi dengan tiga buah sensor penginderaan jauh dengan kemampuan pandangan sisi (*side looking*). Tiga buah sensor tersebut 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*), sebuah sensor gelombang mikro atau radar yaitu PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*). Untuk mendukung sensor-sensor pencitra tersebut dan untuk pencapaian tujuan misi, ALOS dilengkapi pula dengan subsistem pendukung misi, yaitu antara lain 1) Subsistem Pengontrol Orbit dan Kedudukan Satelit (*Attitude and Orbit Control Subsystem*), 2) Subsistem Penentuan Kedudukan Satelit dan Posisi secara Otonom (*Attitude Determination and Autonomous Position System*), 3) Subsistem Penanganan Data.

PRISM adalah sensor yang diutamakan untuk pemetaan. Sensor PRISM terdiri dari tiga buah teleskop yang tidak saling bergantung untuk pandangan *forward*, *nadir* dan *backward*, dan masing-masing teleskop menghasilkan resolusi spasial 2,5 m. Spesifikasi ini diberikan untuk menghasilkan *Digital Elevation Model* (DEM) yang presisi dan untuk mencapai akurasi peta-peta skala 1: 25.000 dengan resolusi yang baik. Sensor PRISM menghasilkan citra dengan lebar liputan satuan citra sampai dengan 70 km.

Sensor AVNIR-2 adalah suatu pencitra multispektral dengan 4 kanal spektral pada daerah spektral tampak dan inframerah dekat. AVNIR-2 dilengkapi dengan tujuan utama untuk pemetaan penutup lahan dan pemantauan bencana alam di dalam pemantauan lingkungan regional. Lebar liputan satuan citra sebesar 70 km atau lebih,

sampai 1500 km maksimum, dengan resolusi spasial 10 meter.

PALSAR adalah sensor gelombang mikro atau radar, beroperasi pada *L-band* (1270 Mhz/ 23,6 cm), untuk pengamatan siang dan malam hari, bebas awan dan cuaca. Mode operasi dari PALSAR adalah 1) mode *Fine* yaitu mode resolusi tinggi dengan resolusi spasial 10 m dan mode operasi yang umum untuk observasi interferometrik dengan lebar liputan satuan citra 70 km dalam polarisasi tunggal HH atau W (mode *Fine* FBS); mode *Fine* dilengkapi juga dengan polarisasi HH+HV atau W+VH (mode *Fine* FBD), 2) mode *ScanSAR* yang mempunyai resolusi spasial 100 m dan lebar liputan satuan citra sampai dengan 350 km dengan polarisasi HH atau W, dan 3) mode polarimetrik yang akan dioperasikan dalam basis eksperimental dalam polarisasi HH+W+HV+VH. Kemampuan *side-looking* dari sensor memungkinkan pengamatan AVNIR-2 secara serentak dengan PALSAR yang dapat member! kontribusi terhadap aplikasi fusi data optik (AVNIR-2) dengan radar (PALSAR).

Berkaitan dengan ketersediaan teknologi dan data dari satelit ALOS seperti diuraikan di atas, LAPAN perlu melakukan kajian mengenai sistem inderaja satelit ALOS tersebut yang meliputi kemampuan atau karakteristik teknis satelit, kemampuan atau karakteristik teknis sensor dan data, subsistem untuk mendukung misi ALOS, produk data, serta keunggulan-keunggulan atau aplikasi data untuk berbagai bidang.

Makalah ini merupakan hasil kajian mengenai karakteristik satelit ALOS untuk misi pemetaan dan potensi data untuk aplikasi pemetaan meliputi karakteristik utama satelit ALOS, karakteristik teknis sensor dan data, karakteristik subsystem pendukung misi untuk pemetaan, kemampuan satelit ALOS untuk misi pemetaan serta analisis pemanfaatan atau potensi data untuk aplikasi pemetaan. Kajian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi kepada pengguna data akan keunggulan data untuk pemetaan dan memberikan reko-

mendasi keperluan penyediaan data ALOS untuk pengguna data melalui akuisisi data pada Stasiun Bumi Inderaja yang dikelola oleh LAPAN di Indonesia.

Metode pelaksanaan kajian adalah dengan mempelajari materi studi yang dikumpulkan dari referensi-referensi yang tersedia berupa literatur /informasi/data yang diperoleh dari operator satelit ALOS (NASDA, JAXA, dan lainnya), media internet, hasil-hasil penelitian yang berkembang dewasa ini, dan melakukan analisis pemanfaatan atau potensi data ALOS untuk aplikasi pemetaan.

2 KARAKTERISTIK SATELIT INDERAJA ALOS UNTUK MISI PEMETAAN

2.1 Karakteristik Utama Satelit ALOS

Satelit ALOS berada pada orbit sinkron matahari pada ketinggian 691 km, dengan waktu lokal melintas khatulistiwa pada posisi satelit menurun [*descending mode*] atau ke arah kutub selatan pukul 10.30 atau jam 22.30 pada posisi satelit menaik [*ascending mode*] atau ke arah kutub utara. Periode pengulangan orbit adalah 46 hari, dengan suatu potensi kemampuan pengulangan 2 hari untuk sensor pandangan sisi (*side-looking*). Satelit ALOS dirancang untuk dapat tetap beroperasi pada orbitnya pada kurun waktu 3-5 tahun. Satelit tersebut dilengkapi 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*], sebuah sensor gelombang mikro atau radar yaitu PALSAR (*Phased Array type L-band. Synthetic Aperture Radar*) (JAXA,2004, NASDA, 2004a, NASDA, 2004b).

Untuk mendukung sensor-sensor pencitra pada satelit ALOS dan untuk pencapaian tujuan misi, satelit dilengkapi pula dengan subsystem pendukung misi, yaitu 1) Subsystem Pengontrol Orbit dan Kedudukan Satelit (*Attitude and Orbit Control Subsystem*), 2) Subsystem Penentuan Kedudukan Satelit dan Posisi

secara Otonom (*Attitude Determination and Autonomous Position System*, 3) Subsistem Penanganan Data (JAXA, 2004. Osawa, 2004, Rosenqvist, *et. at*, 2004, Maeda, 2005).

Untuk mengakomodasi data dalam jumlah yang sangat besar yang dihasilkan oleh ketiga instrument penginderaan jauh pada satelit ALOS, satelit tersebut dilengkapi dengan suatu perekam data *solid-state* dengan kemampuan 96 GByte pada satelit. Aliran data dari semua data global dari satelit ke stasiun bumi (*down-linking*) akan dilakukan secara langsung ke *llatoyama Earth Observation Center* (EOC), Jepang bagian utara, melalui *Data Relay Technology Satellite* (DRTS) milik JAXA, Jepang. DRTS diluncurkan ke orbit geostationer ($E\ 90^\circ$) dalam bulan September 2002, dan beroperasi dengan kecepatan data 240 Mbps (*K_{HF} band*). Transmisi langsung dari ALOS ke stasiun bumi-stasiun bumi lokal dapat dilakukan pada kecepatan data 120 Mbps (*X-band*) (Rosenqvist, *el. al.*, 2000). Konfigurasi satelit ALOS di dalam orbit ditunjukkan dalam Gambar 2-1.

2.2 Persyaratan Pemetaan di Dalam Rancangan Sistem ALOS

Untuk aplikasi pemetaan, diperlukan satelit inderaja yang memiliki karakteristik teknis drng;in persyaratan-persyaratan tertentu. Rancangan sistem ALOS dioptimalisasikan untuk pemetaan. Kemampuan pemetaan dengan akurasi yang sangat tinggi adalah penggerak misi yang utama untuk ALOS. Persyaratan-persyaratan akurasi telah diperhitungkan dalam rancangan satelit (Iwata, *el. al.*, 2003, Ichitsubo, *et. ul*, 2003, Matsumoto, *et. al.*, 2003 di dalam Rosenqvist, *et. al.*, 2004; NASDA, 2004a, Ito, S., 2005), sebagai berikut:

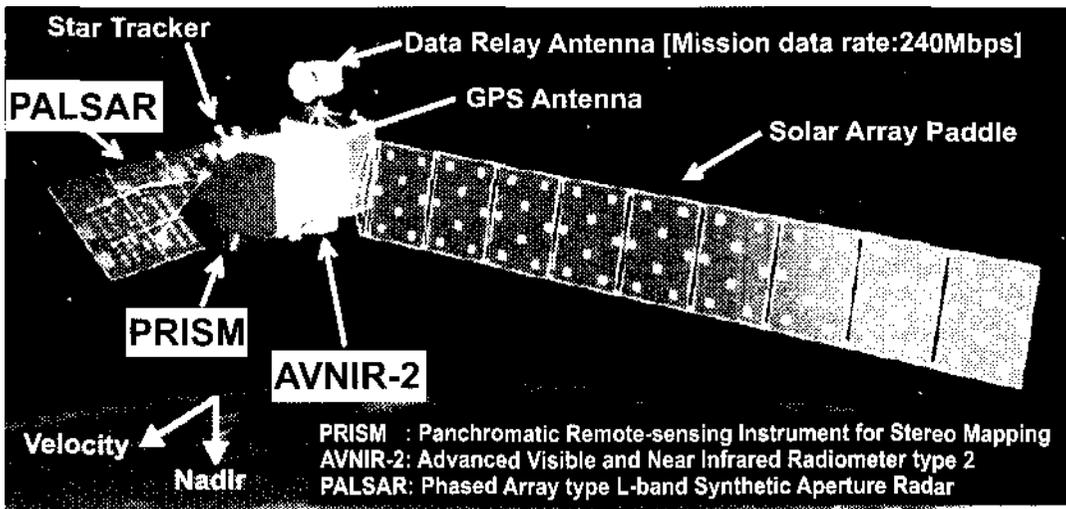
- Dapat menghasilkan *Digital Elevation Model* (DEM) dengan akurasi ketinggian 3-5 m., dengan menggunakan sensor pencitra yang dapat menghasilkan: a) citra pankromatik dengan resolusi 2.5 m, b) citra-citra stereoskopik *triplet* dengan sensor-sensor *nadir*, *forward* dan *backward*;

- Dapat memberikan kemampuan pemetaan tanpa Titik Kontrol Tanah (*Ground Control Point-GCP*), yang dapat dicapai dengan persyaratan: a) informasi posisi satelit yang benar di dalam akurasi 2,5 m, b) informasi ketinggian satelit yang benar di dalam akurasi $0,0002^\circ$, c) stabilitas kedudukan satelit jangka panjang yang benar di dalam akurasi 0,0002 derajat setiap 5 detik, d) informasi waktu absolut untuk masing-masing elemen gambar [*pixel*] di dalam akurasi 370 p detik, e) distorsi termal yang minimal pada sumbu-sumbu optik sensor dan antara sumbu optik dan sensor-sensor kedudukan satelit (*Star Tracker and Inertial Reference Unit*) selama seluruh periode orbital (~ 100 menit);
- Dapat menghasilkan daerah pengamatan yang luas, dengan lebar liputan satuan citra 70 km atau lebih;
- Mempunyai sistem penanganan data dengan kapasitas yang besar untuk pencapaian misi.

Untuk mencapai misi utama ALOS untuk pemetaan, rancangan satelit direalisasikan dengan melengkapi satelit dengan dua buah sensor optik yaitu PRISM (resolusi spasial 2,5 m) dan AVNIR-2 (resolusi spasial, 10 m) dan sebuah sensor Radar (PALSAR). Untuk mendukung sensor-sensor pencitra tersebut dan untuk pencapaian tujuan misi, ALOS dilengkapi dengan subsistem pendukung misi, antara lain: 1) Sub-sistem Pengontrol Orbit dan Kedudukan Satelit (*Attitude and Orbit Control Sub-system*), 2) Subsistem Penentuan Kedudukan Satelit dan Posisi secara Otonom [*Attitude Determination and Autonomous Position System*, 3) Subsistem Penanganan Data.

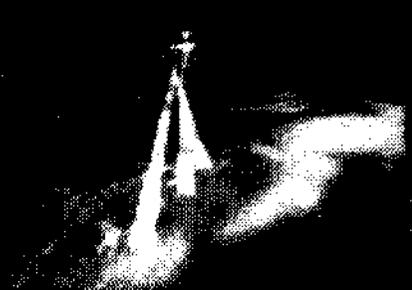
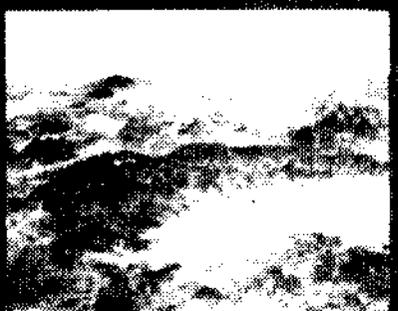
2.3 Karakteristik Sensor dan Data Citra ALOS (PRISM, AVNIR-2, PALSAR)

Karakteristik ketiga buah sensor dan data citra pada satelit ALOS (Osawa, 2004; Rosenqvist, *et. al*, 2004; NASDA, 2004b; Ito, S., 2005; JAXA, 2006) diuraikan sebagai berikut:



Gambar 2-1: Konfigurasi satelit ALOS di dalam orbit

① PRISM

Characteristics

- Optical (panchromatic)
- Three optical systems in order to obtain terrain data
- Spatial resolution: 2.5m
- Sensor field of view: 35km/70km
- Cross track pointing capability: $-1.5^{\circ} \sim 1.5^{\circ}$
 -> Basically, 1 time/46 days observation.

Mt. Fuji's terrain elevation map derived by JERS-1/OPS stereo

Gambar 2-2: Karakteristik sensor PRISM dan contoh aplikasi data PRISM: peta ketinggian (elevasi) Gunung Fuji, Jepang, menggunakan data OPS/JERS-1stereo sebagai simulasi data PRISM stereo

2.3.1 Karakteristik sensor dan data citra PRISM

PRISM adalah sensor yang diutamakan untuk pemetaan. Sensor PRISM adalah suatu kamera pankromatik (520-770 nm) dengan resolusi spasial 2,5 m pada nadir. Sensor PRISM terdiri dari tiga buah sistem optik (3 set teleskop) yang bebas untuk pandangan *forward*, *nadir* dan *backward* untuk menghasilkan

citra stereoskopik sepanjang lintasan satelit. Masing-masing sistem optik tersebut terdiri dari tiga cermin dan beberapa detektor CCD untuk *scanning* dengan metode *push-broom*. Kemampuan pengarahannya melintang jejak satelit (*cross track pointing*) adalah $(\pm 1,5^{\circ})$ sehingga teleskop untuk pandangan nadir meliputi satuan citra dengan lebar 70 km, teleskop *forward* dan *backward* masing-masing meliputi

satuan citra dengan lebar 35 km, dengan resolusi temporal pada dasarnya 46 hari. Dengan karakteristik teknis PRISM tersebut, misi utama untuk pemetaan topografik global pada skala 1: 25.000 dan menghasilkan DEM [*Digital Elevation Model*] dengan resolusi yang baik akan dapat dicapai.

Gambar 2-2 menunjukkan karakteristik sensor PRISM dan contoh aplikasi data PRISM yaitu peta ketinggian (elevasi) lahan Gunung Fuji, Jepang, menggunakan data OPS/JERS-1 stereo sebagai simulasi data PRISM stereo (Ito, S., 2005).

2.3.2 Karakteristik sensor dan data citra AVNIR-2

Tujuan utama dari AVNIR-2 adalah untuk pemetaan penutup lahan, pemantauan bencana alam dan untuk pemantauan lingkungan regional. Sensor AVNIR-2 adalah suatu pencitra multispektral dengan 4 kanal spektral pada daerah spektral tampak dan inframerah dekat untuk pengamatan daratan dan zona garis pantai. Lebar liputan satuan citra sebesar 70 km dengan resolusi spasial 10 meter. Dengan kemampuan *side looking* dari sensor, dan kemampuan sensor untuk melakukan pandangan menyilang jejak satelit [*cross track*] ($\pm 44^\circ$), pengamatan daerah-daerah bencana dalam waktu pengulangan 2 hari dapat dilakukan, dan lebar liputan dapat mencapai 1500 km.

Dengan karakteristik teknis AVNIR-2, maka tujuan utama dari AVNIR-2 untuk pemetaan penutup lahan dan pemantauan bencana alam akan dapat dicapai. Citra hasil pengamatan AVNIR-2 akan efektif digunakan untuk menghasilkan peta-peta liputan lahan dan peta-peta klasifikasi tata guna lahan untuk pemantauan lingkungan regional.

Gambar 2-3 menunjukkan karakteristik sensor AVNIR-2 dan contoh aplikasi data AVNIR-2 yaitu Peta klasifikasi tata guna lahan di Chiba Pref, Jepang dengan menggunakan data TM-Landsat sebagai simulasi data AVNIR-2 (Ito, S., 2005).

2.3.3 Karakteristik sensor dan data citra PALSAR

Sensor PALSAR dikembangkan oleh JAXA bekerja sama dengan METI/JAROS, Jepang. PALSAR adalah sensor gelombang mikro atau radar, beroperasi pada *L-band* (1270 Mhz/ 23,6 cm), untuk pengamatan siang dan malam hari, bebas awan dan cuaca.

Tiga mode operasi utama dari PALSAR adalah 1) mode *Fine* yaitu mode resolusi tinggi dengan resolusi spasial 10 m dan mode operasi yang umum untuk observasi interferometrik dengan lebar liputan satuan citra 70 km dalam polarisasi tunggal HH atau W (mode *Fine FBS*); mode *Fine* dilengkapi pula dengan polarisasi HH+HV atau W+VH (mode *Fine FBD*), 2) mode *ScanSAR* yaitu mode yang memungkinkan untuk memperoleh citra dengan lebar liputan satuan citra sampai dengan 350 km dengan polarisasi tunggal HH atau W dan resolusi spasial 100 m di dalam arah azimuth dan *range*, 3) mode Polarimetrik yaitu mode yang dioperasikan dalam basis eksperimental, dalam polarisasi HH+VV+ HV+VH.

Dengan tersedianya data PALSAR dan AVNIR-2 dengan lebar liputan dan resolusi spasial yang sama pada waktu dan liputan akuisisi yang sama, dapat dipertimbangkan pemanfaatan data secara komplementer atau fusi data optik (AVNIR-2) dan radar (PALSAR), untuk meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh pada daerah-daerah yang mayoritas ditutupi awan. Demikian juga dengan tersedianya data citra multi polarisasi PALSAR, dapat dilakukan operasi multi polarisasi untuk meningkatkan ketelitian ekstraksi informasi pada bermacam aplikasi pemetaan (seperti pertanian, kehutanan dan lain sebagainya), observasi interferometrik atau kreasi DEM untuk tujuan aplikasi pemetaan.

Gambar 2-4 menunjukkan karakteristik sensor PALSAR dan contoh aplikasi data PALSAR yaitu peta ketinggian (elevasi) lahan Gunung Fuji, Jepang dengan menggunakan data SAR/JERS-1 stereo sebagai simulasi data PALSAR stereo (Ito, S., 2005).

② AVNIR-2



Land-use classification map in Chiba Pref., Japan using Landsat/TM.

Characteristics

- Synthetic Aperture Radar (L band 1.27GHz)
- Cross track pointing capability: 10° ~ 51°
- Spatial resolution: 10m
- Sensor field of view: 70km, 350km (Scan mode), etc...
- All-weather, day-and-night observation

Gambar 2-3: Karakteristik sensor AVNIR-2 dan contoh aplikasi data AVNIR-2 yaitu peta klasifikasi tata guna lahan di Chiba Pref, Jepang dengan menggunakan data TM-Landsat sebagai simulasi data AVNIR-2

©PALSAR

atfTi* ,^1'

Mt. Fuji's terrain elevation map derived by
JEKS-I/OPS stereo

Characteristics

- Synthetic Aperture Radar (L band 1.27GHz)
- Cross track pointing capability: 10° ~ 51°
- Spatial resolution: 10m
- Sensor field of view: 70km, 350km (Scan mode), etc...
- All-weather, day-and-night observation

Gambar 2-4: Karakteristik sensor PALSAR dan contoh aplikasi data PALSAR yaitu peta ketinggian (elevasi) lahan Gunung Fuji, Jepang dengan menggunakan data SAR/JERS-1 stereo sebagai simulasi data PALSAR stereo

2.4 Karakteristik Subsistem Pendukung Misi ALOS untuk Pemetaan

Untuk mendukung sensor-sensor pencitra pada satelit ALOS dan untuk pencapaian tujuan misi, ALOS dilengkapi dengan subsistem pendukung misi, sebagai berikut

- Subsistem Pengontrol Orbit dan Kedudukan Satelit (*Attitude and Orbit Control Subsystem*);
- Subsistem Penentuan Kedudukan Satelit dan Posisi secara Otonom (*Attitude Determination and Autonomous Position System*);
- Subsistem Penanganan Data.

Untuk mengakomodasikan misi pemetaan dengan presisi tinggi, sistem satelit ALOS dilengkapi dengan subsistem pendukung misi dengan karakteristik yang unik (Rosenqvist, *et. al*, 2004; Osawa, Y, 2004), yang diuraikan seperti berikut:

2.4.1 Subsistem pengontrol kedudukan satelit dengan stabilitas tinggi

Pada saat observasi permukaan daratan dilakukan dari suatu orbit yang tinggi, stabilitas kedudukan satelit adalah kritis. Untuk meminimalkan distorsi geometrik dalam citra, pergerakan kedudukan satelit (kecepatan sudut) dari wahana ALOS distabilkan di dalam 0,0002 derajat setiap 5 detik, yang sesuai dengan 2,5 m, atau satu elemen gambar (*pixel*), distorsi di dalam suatu scene 35 km². Gangguan-gangguan dari sumber vibrasi utama, seperti mekanik *pointing* antena komunikasi *relay* data, mekanis penggerak cermin *pointing* AVNIR-2, mekanis penggerak *paddle array* matahari, dan struktur antena PALSAR, secara hati-hati dikontrol dengan suatu teknik *feed forward* dan pengaturan parameter pada satelit.

2.4.2 Subsistem penentuan kedudukan dan posisi satelit yang presisi

Untuk mengakomodasikan pemetaan dengan presisi tinggi tanpa menggunakan Titik Kontrol Tanah (*Ground Control Point-GCP*), telah dikembangkan

sistem baru untuk penentuan kedudukan dan posisi satelit. Suatu sistem penerima GPS (*Global Positioning System*) jenis penjejak fasa dengan sinyal pembawa frekuensi rangkap dua (*dual-frequency carrier phase tracking GPS receivers*.) menghasilkan akurasi posisi sebesar 1m, dan penjejak bintang (*star trackers-STT*) memberikan akurasi kedudukan satelit sebesar 0,0002 derajat, yang sesuai dengan *pointing* pada nadir yang tidak tertentu pada permukaan Bumi. STT dilengkapi dengan tiga buah sistem optik : dua buah digunakan secara simultan, dan yang sebuah lagi sebagai cadangan. Untuk mencapai akurasi posisi bintang terbaik yang mungkin, sistem optik tersebut menggunakan suatu struktur distorsi termal rendah, yang mengimplementasikan persyaratan temperatur yang ketat.

2.4.3 Jam waktu absolut

Jam internal pada satelit ALOS secara komplit disinkronkan di dalam akurasi 404 nanodetik (tiga sigma) terhadap waktu absolut GPS, yang menghasilkan akurasi waktu absolut orde 1 mikrodetik, sedangkan yang menggunakan oscillator kristal pada satelit yang tradisional sebagai jam internal, memerlukan kalibrasi secara periodik.

2.4.4 Distorsi termal minimal

Selama suatu putaran orbit, variasi-variasi dalam input matahari sepanjang orbit tersebut menyebabkan distorsi termal dari bermacam komponen dari instrumen dan struktur satelit, secara berurutan yang dihasilkan dalam penurunan daya guna. Untuk meminimalkan pengaruh-pengaruh dari distorsi termal, ALOS mencirikan suatu konsep bangku optik (*optical bench*) yang terintegrasi dengan optik PRISM, penjejak bintang (*star trackers-STT*), unit referensi inersial (*inertial referensi unit- IRV*) dan sensor-sensor *jitter* (ADS), yang semuanya diintegrasikan pada satu bangku optik yang kaku. Bangku tersebut disubstitusi dengan suatu *Multi Layer Insulator* (MLI)

sehingga memungkinkan kontrol temperatur di dalam ($\pm 3^\circ$ K). Struktur utama satelit dan anggota-anggota tiang penopang diisolasi dengan MLI dan ekspansi termal dibatalkan dengan suatu ekspansi negatif; dengan demikian dinamakan CFRP.

2.4.5 Sistem penanganan data misi [mission data handling system] dengan kapasitas tinggi

Untuk mengakomodasi data dalam jumlah yang sangat besar yang dihasilkan oleh ketiga instrument pengmderaan jauh pada satelit ALOS, satelit dilengkapi dengan suatu Perekam Data *solid-state* dengan kemampuan 96 GByte pada satelit. Aliran data dari semua data global dari satelit ke stasiun bumi (*down-linking*) dilakukan secara langsung ke *Hatoyama Earth Observation Center* (EOC), Jepang bagian utara melalui *Data Relay Technology Satellite* (DRTS) milik JAXA Jepang. DRTS diluncurkan ke orbit geostationer ($E 90^\circ$) pada bulan September 2002, dan beroperasi dengan kecepatan data 240 Mbps [*Ka-band*]. Transmisi langsung dari ALOS ke stasiun bumi-stasiun bumi lokal dapat dilakukan pada kecepatan data 120 Mbps [*X-band*].

2.5 Kemampuan Sistem Inderaja Satelit ALOS untuk Pemetaan

Tidak seperti satelit komersial resolusi tinggi yang beroperasi sekarang ini, sistem inderaja satelit ALOS merealisasikan kemampuan satelit ALOS untuk misi pemetaan (Ito, S., 2005, NASDA, 2004a, Osawa, 2004, Rosenqvist, *et. al*, 2004), sebagai berikut

- Dapat menghasilkan *Digital Elevation Model* (DEM) dengan menggunakan citra-citra stereo/tnp/et dari PRISM dengan pengamatan berulang dan kualitas lebih baik, dengan akurasi ketinggian sebesar 5 m, meskipun di dalam daerah yang ditutupi awan dengan menggunakan data citra radar PALSAR dan atau fusi data citra optik AVNIR 2 dengan data citra PALSAR pada lintasan satelit

bersama dengan Sistem Kontrol Kedudukan Satelit dengan kestabilan tinggi;

- Dapat memberikan kemampuan pemetaan tanpa Titik Kontrol Tanah [*Ground Control Point -GCP*] dengan penentuan posisi elemen gambar [*pixel*] tanpa menggunakan GCP dengan posisi akurasi tinggi dan penentuan kedudukan satelit dengan struktur distorsi termal yang sangat rendah;
- Dapat menghasilkan liputan global (daerah pengamatan yang luas), dengan lebar liputan satuan citra 70 km atau lebih (sampai 1500 km maksimum pada AVNIR-2) dengan kemampuan pengamatan berulang (resolusi temporal) 46 hari atau dapat setiap 2 hari (untuk keperluan pemantauan bencana alam);
- Mempunyai sistem penanganan data dengan kapasitas yang besar untuk pencapaian misi dengan Penyimpanan Data masif (96 G bytes) pada satelit;
- Mempunyai kemampuan visibilitas yang lebih lama dari suatu stasiun bumi penerima dengan menggunakan satelit *relay* data Jepang [*Direct Relay Technology Satellite-DRTS*] di dalam orbit Geostationer.

3 ANALISIS PEMANFAATAN ATAU POTENSI DATA ALOS UNTUK APLIKASI PEMETAAN

Potensi data ALOS (PRISM, AVNIR-2 dan PALSAR) untuk bermacam aplikasi, telah dikaji dengan menggunakan data simulasi PRISM, AVNIR-2 dan PALSAR (menggunakan data inderaja lain yang menyerupai seperti OPS-JERS-1, SAR-JERS-1, TM-Landsat) (NASDA, 2005; Ono, 2004; JAXA, 2005). Di dalam kajian-kajian tersebut ditunjukkan bahwa sistem inderaja satelit ALOS dapat menghasilkan data PRISM, AVNIR-2 dan PALSAR dengan kualitas homogen untuk perolehan peta-peta global skala 1: 25.000 meliputi data elevasi, vegetasi, tata guna lahan dan penutup lahan. Dengan karakteristik teknis atau spesifikasi dari data PRISM, ditunjukkan tujuan utama dari PRISM untuk pemetaan topografik global pada

skala 1: 25.000 dan menghasilkan DEM (*Digital Elevation Model*) dengan resolusi yang baik akan dapat dicapai. Demikian pula dengan karakteristik teknis AVNIR-2, tujuan utama dari AVNIR-2 untuk pemetaan penutup lahan dan pemantauan bencana alam akan dapat dicapai. Citra hasil pengamatan AVNIR-2 akan efektif digunakan untuk menghasilkan peta-peta liputan lahan dan peta-peta klasifikasi tata guna lahan untuk pemantauan lingkungan regional. Data PALSAR digunakan untuk pengamatan siang dan malam hari dan kondisi berawan atau cuaca buruk. Pemanfaatan data secara komplemen atau fusi data optik (AVNIR-2) dan radar (PALSAR), dapat pula dilakukan untuk meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh.

Dalam pemanfaatan data PRISM, AVNIR-2, PALSAR dan data inderaja 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, dan 3) Pemanfaatan data secara komplemen atau fusi data optik dan radar, dapat pula dipertimbangkan untuk meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh, terutama pada daerah yang mayoritas daerah cakupan citra ditutupi awan.

Untuk aplikasi pemetaan, faktor penting yang mempengaruhi akurasi hasil pemetaan adalah 1) ketelitian informasi geometris dan 2) ketelitian informasi

radiometrik dari data citra ALOS. Seperti telah dijelaskan pada bagian sebelumnya dengan persyaratan-persyaratan dalam perancangan sistem, satelit ALOS yang merealisasikan kemampuan satelit ALOS untuk misi atau aplikasi pemetaan dengan akurasi ketinggian lahan pada pemetaan akan dapat dicapai (3-5 m) dengan tanpa menggunakan Titik Kontrol Tanah.

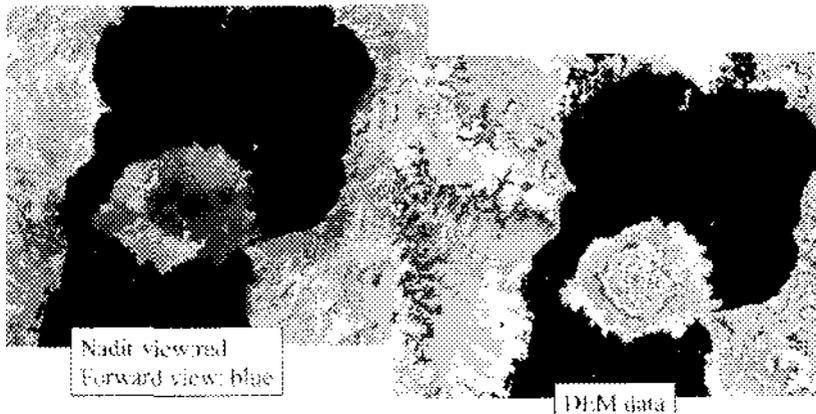
Ketelitian informasi radiometrik merupakan ketelitian identifikasi atau deteksi. Untuk keperluan identifikasi atau deteksi, data PRISM dengan resolusi spasial yang lebih tinggi dari AVNIR-2, akan memberikan detail informasi yang lebih akurat. Dengan ketersediaan citra PRISM dalam 1 kanal spektral pankromatik atau dapat menghasilkan citra stereo menggunakan data citra PRISM *nadir, forward dan backward*, dapat dilakukan kreasi *Digital Elevation Model* (DEM) atau peta 3 Dimensi. Seperti telah ditunjukkan pada Gambar 2-2, tampak contoh peta ketinggian (elevasi) lahan Gunung Fuji, Jepang, menggunakan data citra OPS/JERS-1 stereo sebagai simulasi data PRISM stereo (Ito, S., 2005).

Gambar 3-1 menunjukkan pula contoh lain dari peta ketinggian (elevasi) dengan kreasi DEM [*Digital Elevation Model*] ; pemetaan menggunakan data stereo PRISM (simulasi menggunakan data stereo OPS/JERS-1) (NASDA, 2005).

Data AVNIR-2 mempunyai resolusi spasial yang lebih rendah dari PRISM. Akan tetapi untuk tujuan identifikasi atau deteksi, dengan resolusi spasial 10 m, dan dengan ketersediaan data dalam 4 kanal spektral tampak dan inframerah dekat, akan membantu dalam identifikasi yaitu dengan menggunakan operasi-operasi kombinasi spektral. Seperti telah ditunjukkan pada Gambar 2-3, tampak contoh peta klasifikasi tata guna lahan di Chiba Pref, Jepang menggunakan data TM-Landsat sebagai simulasi data AVNIR-2 (Ito, S., 2005).

DEM (Digital Slevatioa Model) creation

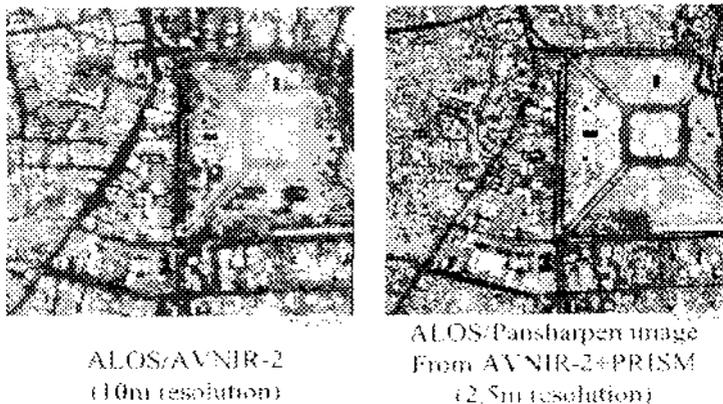
PRISM stereo mapping simulate By JERS-1/OPS stereo data



Gambar 3-1: Contoh kreasi DEM (*Digital Elevation Model*), pemetaan mcnggunakan data stereo PRISM (simulasi mcnggunakan data stereo OPS/JERS-1)

Pansharpen Image

Jakarta

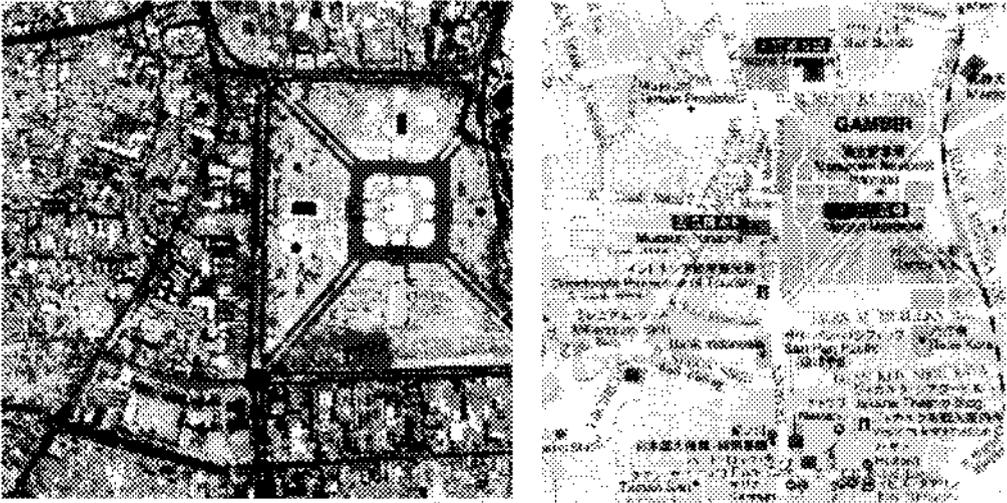


Gambar 3-2: Contoh data citra Parisharpen/ALOS dari AVNIR-2 + PRISM (resolusi 2,5 m) dibandingkan dengan citra AVNIR-2/ALOS (resolusi 10 m) daerah Jakarta, Indonesia

Dengan tersedianya data PRISM, AVNIR-2, dan PALSAR yang memungkinkan untuk akuisisi daerah pengamatan yang sama, dapat dilakukan operasi-operasi pengolahan dan analisis citra dari data multi sensor tersebut untuk memperoleh hasil informasi yang optimal untuk suatu apHkasi tertentu. 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 dapat dilihat pada Gambar 3-2, sedangkan Gambar 3-3 menunjukkan contoh data citra resolusi 2,5 m 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).

Jakarta

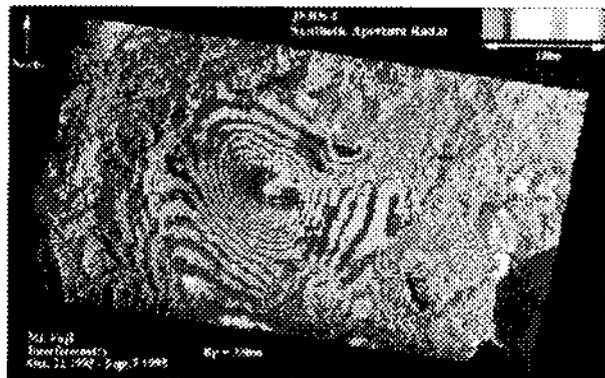


2.5m resolution data can produce 1/25,000 scale map

Gambar 3-3: 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

DEM creation

DEM from interferometry
(Mt. Fuji : JERS-1/SAR)



Gambar 3-4: Contoh citra DEM yang dihasilkan dari citra interferometry (SAR-JERS-1) (data simulasi PALSAR ALOS), Gunung Fuji, Jepang

Data PALSAR terutama digunakan untuk daerah-daerah yang hampir selalu ditutupi awan, dan untuk pengamatan malam hari dan kondisi cuaca buruk. Pada daerah-daerah yang mayoritas ditutupi awan, dapat dipertimbangkan penggunaan fusi data optik dan radar. Pemanfaatan data secara komplementer atau fusi data optik (AVNIR-2) dan radar (PALSAR), dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh pada daerah-daerah yang mayoritas ditutupi awan. Dengan tersedianya data citra multi polarisasi PALSAR, dapat dilakukan operasi-operasi multi polarisasi untuk meningkatkan ketelitian ekstraksi informasi pada bermacam aplikasi pemetaan (seperti pertanian, kehutanan dan lain sebagainya), observasi interferometrik atau kreasi DEM untuk tujuan aplikasi pemetaan. Seperti telah ditunjukkan pada Gambar 2-4, tampak peta ketinggian (elevasi) lahan Gunung Fuji, Jepang menggunakan data SAR/JERS-1 sebagai simulasi data PALSAR stereo (Ito, S., 2005).

Contoh lainnya Gambar 3-3 menunjukkan contoh citra DEM yang dihasilkan dari citra interferometri (SAR-JERS-1) (data simulasi PALSAR ALOS), Gunung Fuji, Jepang (NASDA, 2005).

Hasil kajian ini menunjukkan bahwa karakteristik teknis satelit ALOS, sensor PRISM, AVNIR-2, PALSAR dan subsistem pendukung misi adalah secara penuh memenuhi persyaratan-persyaratan sistem untuk aplikasi Pemetaan.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan kajian dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Satelit ALOS dilengkapi dengan tiga buah sensor indera dan subsistem pendukung misi untuk mencapai misi utama ALOS. Tiga buah sensor tersebut adalah 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*), sebuah sensor gelombang mikro yaitu

PALSAR (*Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar*);

- Untuk pencapaian misi ALOS untuk pemetaan, satelit ALOS dilengkapi dengan subsistem pendukung misi, yaitu 1) Subsistem Pengontrol Orbit dan Kedudukan Satelit [*Attitude and Orbit Control Subsystem*] dengan kestabilan tinggi pada lintasan satelit dengan pengamatan berulang, 2) Subsistem Penentuan Kedudukan Satelit dan Posisi secara Otonom [*Attitude Determination and Autonomous Position System*] dengan struktur distorsi termal yang sangat rendah dan memberikan posisi elemen citra [*pixel*] akurasi tinggi, 3) Subsistem Penanganan Data, yang mempunyai kapasitas penyimpanan data yang besar (96 Gbyte);
- Satelit ALOS mempunyai karakteristik yang unik untuk misi pemetaan dengan keunggulan kemampuan sebagai berikut: 1) Dapat menghasilkan liputan global dengan pengamatan berulang dan daerah pengamatan yang luas, dengan lebar liputan satuan citra 70 km atau lebih, 2) Dapat menghasilkan *Digital Elevation Model* (DEM) dengan akurasi ketinggian 3-5 m, dari citra pankromatik dengan resolusi 2, 5m atau citra-citra stereoskopik/*triplet* (PRISM) meskipun di dalam daerah yang ditutupi awan dengan menggunakan data citra dari sensor PALSAR, atau fusi data dari sensor optik AVNIR dan PALSAR, 3) Dapat menghasilkan pemetaan tanpa Titik Kontrol Tanah [*Ground Control Point-GCP*], 4) Mempunyai sistem penanganan data dengan kapasitas yang besar (96 Gbyte) untuk pencapaian misi, 5) Visibilitas yang lebih lama dari suatu stasiun bumi penerima dengan menggunakan satelit *relay* data Jepang [*Direct Relay Technology Satellite-DWTS*] di dalam orbit Geostationer;
- Karakteristik teknis dari satelit ALOS, sensor PRISM, AVNIR-2, PALSAR dan subsistem pendukung misi memenuhi persyaratan-persyaratan sistem secara penuh untuk misi atau aplikasi pemetaan.

- Data PRISM, AVNIR-2, PALSAR akan efektif untuk aplikasi pemetaan dengan kemampuan teknis satelit, sensor dan subsistem pendukung pada ALOS, sistem indera satelit ALOS dapat menghasilkan data dengan kualitas homogen untuk peta-peta global skala 1: 25.000 meliputi data elevasi, vegetasi, tata guna lahan dan penutup lahan;
- Hasil kajian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan atau pemanfaatan data ALOS untuk aplikasi pemetaan. Hasil ini dapat pula menjadi suatu pertimbangan dalam pengembangan Stasiun Bumi Inderaja yang dikelola oleh LAPAN untuk menjamin kontinuitas pelayanan bagi para pengguna data indera di Indonesia, begitu pula dalam pengembangan teknologi Inderaja di Indonesia.

DAFTAR RUJUKAN

- I to, S., 2005. *Space Activities of J AX A, Next Generation Earth Observation Satellite System*, JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), Japan.
- JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), 2004. *Gazing into Earth "s Expression, Advanced Land Observing Satellite (ALOS), Earth Observation Research Center*, Japan.
(www.nasda.go.jp/projects/alos/index-e.html);
(www.jaxa.jp/missions/projects/sat/eos/alos/index-i.html);
- JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), 2005. *ALOS Data Application to Landslide and Earthquake*, Earth Observation Research and Application Centre, Japan.
(<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/indexJ.htm>).
- Maeda, K. and K, TODA., 2005. *Data Compression and Data Relay for Transmission of ALOS Data*, JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), Japan.
- 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), 2004a, *ALOS Advanced Land Observing Satellite, Satellite and Program*, Japan.
- NASDA (National Space Development Agency of Japan), 2004b, *ALOS Advanced Land Observing Satellite, Sensor and Product.*, Japan.
- NASDA (National Space Development Agency of Japan), 2005, *Applications ALOS-Advanced Land Observing Satellite*, Japan.
- NASDA, EORC (Earth Observation Research Centre), 2006.
(http://www.eorc.nasda.go.jp/ALOS/img_up/av2_060609.htm);
(http://www.eorc.nasda.go.jp/ALOS/img_up/av2_0606014.htm);
(www.eorc.nasda.go.jp/ALOS/img_up/dis_060721.htm);
- Ono, M., 2004. *Application of Satellite Images focused on Disaster Management*, Remote Sensing Technology Center of Japan, Japan.
- Osawa, Y., 2004. *Optical and Microwave Sensor on Japanese Mapping Saiellite-ALOS*, Japan Aerospace Exploratium Agency (JAXA), Japan.
- Osawa, Y, 2005, *Characterislics of the ALOS for applications in disaster management*, Asian WS on Satellite Technology Data Utilization for Disaster Monitoring, JAXA/ALOS, Japan.
- Rosenqvist, A., Daisuke Ichitsubo, Yuji Osawa, Akihiro Matsumoto, Norimasa Ito, and Takashi Hamazaki, 2004. *A brief overview of the Advanced Land Observing Satellite (ALOS) and its potensial for marine application*, Earth Observation Research & Application Center, JAXA, Harumi 1-8-10-X23, Chuo-ku, Tokyo 104-6023, Japan.