

KAJIAN PEMANFAATAN SATELIT MASA DEPAN: SISTEM PENGINDERAAN JAUH SATELIT LDCM (LANDSAT-8)

Gokmaria Sitanggang
Peneliti Bidang Bangfatja, LAPAN

RINGKASAN

Satelit LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*) dijadwalkan diluncurkan pada tahun 2011 dari VAFB, CA dengan pesawat peluncur Atlas-V-401. Setelah meluncur di orbitnya, satelit tersebut akan dinamakan sebagai Landsat-8. Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang diorbitkan pada orbit mendekati lingkaran sikron-matahari, pada ketinggian: 705 km, inklinasi: 98.2°, periode: 99 menit, waktu liput ulang: 16 hari. Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang membawa Sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) yang mempunyai kanal-kanal spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7. Sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal baru yaitu: kanal-1: 443 nm untuk aerosol garis pantai dan kanal 9: 1375 nm untuk deteksi *cirrus*; akan tetapi tidak mempunyai kanal inframerah termal. Sensor lainnya yaitu Thermal Infrared Sensor (TIRS) ditetapkan sebagai pilihan (*optional*), yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI. Tulisan ini menguraikan karakteristik teknis satelit LDCM (Landsat-8), karakteristik teknis sensor pencitra OLI dan karakteristik data citra, subsistem pendukung misi, aplikasi data satelit LDCM (Landsat-8) serta analisis pemanfaatan satelit masa depan: LDCM (Landsat-8). Metode kajian adalah dengan melakukan studi literatur/informasi/data yang diperoleh dari badan/lembaga pemilik satelit serta dari media internet, dan sumber-sumber referensi literatur lainnya/hasil-hasil penelitian yang berkembang dewasa ini, serta melakukan analisis.

Kata Kunci: LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*), Landsat-8, OLI (*Operational Land Imager*), TIRS (*Thermal Infrared Sensor*)

1 PENDAHULUAN

Seperti diketahui satelit Landsat 4 dan 5 membawa sensor-sensor pencitra yang dinamakan *Thematic Mapper* (TM), yang mengumpulkan data multispektral 7 kanal : 3 kanal tampak (merah, hijau, biru), 3 kanal inframerah dan 1 kanal inframerah termal. Semua data Landsat diakuisisi dengan resolusi spasial 30 meter, kecuali kanal inframerah termal, yaitu 120 meter. Satelit Landsat-6, hilang saat diluncurkan pada tahun 1993. Satelit Landsat terbaru yaitu Landsat-7, yang diluncurkan pada tanggal 15 April 1999, membawa sebuah sensor yang diupgrade dinamakan *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+), dikembangkan dengan kemampuan spektral dan spasial yang mendekati identik dengan TM. Sebagai tambahan adalah sebuah kanal pankromatik pada

resolusi 15-meter dan kanal termal dengan resolusi yang lebih tajam 60 meter.

Karena rencana umur operasi satelit Landsat-7, adalah 5 tahun, usaha-usaha untuk mengimplementasikan misi kontinuitas data Landsat (*Landsat Data Continuity Mission-LDCM*) berjalan untuk memperkecil resiko-resiko kontinuitas data. Pada tanggal 23 Desember 2005, OSTP (*Office of Science and Technology Policy*) dari Gedung Putih Amerika Serikat, mengisukan suatu penyelesaian memorandum strategi LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*). Lebih lanjut, NASA diinstruksikan untuk meng-hasilkan misi kontinuitas data Landsat dalam bentuk satelit. Satelit LDCM tersebut akan mengumpulkan data permukaan Bumi yang mirip dengan Landsat sebelumnya. Data LDCM

tersebut akan diberikan ke USGS (*U.S. Geological Survey*) yang akan bertanggung jawab untuk operasi-operasi satelit maupun pengumpulan, pengarsipan, pengolahan dan distribusi data. Pada bulan Juli 2007, *Ball Aerospace and Technologies Corp. of Boulder, Colo*, dipilih untuk mengembangkan instrumen pencitra OLI (*Operational Land Imager*), dan Atlas-5(401) dikontrak untuk peluncuran. (Barbara, J. R., *et al.*, 2007, http://science.hq.nasa.gov/research/daac/lp_daac.html; NASA, 2008, http://space.skyrocket.de/index_frame.htm?http://www.skyrocket.de/space/doc_sdat/ldcm.htm).

Seperti diketahui satelit Landsat-7 tidak dapat lagi berfungsi dengan baik secara ekstrim semenjak bulan Mei 2003, karena terjadi suatu kerusakan pada *Scan Line Corrector*-nya, sehingga kehilangan data sebesar 24 persen sepanjang sisi-sisi luar dari masing-masing citra. Dengan kondisi *Scan Line Corrector* Landsat-7 yang mengalami kerusakan tersebut, makin disadari pentingnya pengembangan LDCM. Pada bulan April 2008, NASA memilih *General Dynamics Advanced Information Systems, Inc.* untuk membangun satelit LDCM. Setelah meluncur di orbitnya, satelit tersebut akan dinamakan sebagai Landsat-8. Satelit LDCM (Landsat-8) adalah misi kerjasama antara NASA dan USGS (*U.S. Geological Survey*) dengan pembagian tanggung jawab masing-masing. NASA bertanggung jawab akan penyediaan satelit LDCM (Landsat-8), instrumen-instrumen, pesawat peluncur, dan elemen-elemen pendukung operasi misi. NASA juga akan mengelola fase awal peluncuran sampai dengan kondisi satelit beroperasi di orbitnya pada ruas antariksa (dari peluncuran sampai penerimaan). USGS bertanggung jawab akan penyediaan pusat operasi-operasi misi dan sistem-sistem pengolahan pada Stasiun Bumi (termasuk pengarsipan dan jaringan-jaringan data), demikian juga tim

operasi-operasi penerbangan. USGS juga akan membiayai tim ilmuwan Landsat (General Dynamics, 2008, <http://www.gd-space.com/documents/LDCM%20081014.pdf>; NASA, 2008, http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248; NASA, 2008, http://space.skyrocket.de/index_frame.htm?http://www.skyrocket.de/space/doc_sdat/ldcm.htm).

Satelit LDCM (Landsat-8) dijadwalkan untuk diluncurkan pada tahun 2011 dari VAFB, CA, dengan pesawat peluncur Atlas-V-401. Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang diorbitkan pada orbit mendekati lingkaran sikron-matahari, pada ketinggian :705 km, dengan inklinasi : 98.2°, periode : 99 menit, waktu liput ulang (resolusi temporal):16 hari, waktu melintasi khatulistiwa (*Local Time on Descending Node -LTDN*) nominal pada jam: 10:00 s.d 10:15 pagi. (NASA, 2008, http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248).

Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang membawa sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) yang mempunyai 1 kanal inframerah dekat dan 7 kanal tampak reflektif, akan meliputi panjang gelombang yang direfleksikan oleh objek-objek pada permukaan Bumi, dengan resolusi spasial yang sama dengan Landsat pendahulunya yaitu 30 meter. Sensor pencitra OLI mempunyai kanal-kanal spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7, akan tetapi sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu : kanal-1: 443 nm untuk aerosol garis pantai dan kanal 9 : 1375 nm untuk deteksi *cirrus*, namun tidak mempunyai kanal inframerah termal. Untuk menghasilkan kontinuitas kanal inframerah termal, pada tahun 2008, program LDCM (Landsat-8) mengalami pengembangan, yaitu Sensor pencitra TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) ditetapkan sebagai pilihan (*optional*) pada misi

LDCM (Landsat-8) yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI (NASA,2008, http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248).

Sehubungan dengan keadaan teknis Landsat-7 yang mengalami keadaan SLC OFF, dengan kondisi data ETM-plus tersebut, Stasiun Bumi Inderaja Parepare yang dikelola oleh LAPAN menghentikan operasi akuisisi data Landsat-7 tersebut sejak tahun 2007, dan sekarang ini dioperasikan untuk akuisisi data SPOT. Berkaitan dengan program satelit LDCM (Landsat-8) tersebut, maka untuk mempertahankan kontinuitas penyediaan data atau untuk pelayanan permintaan para pengguna akan kebutuhan data atau informasi spasial untuk pengembangan pemanfaatan data dan teknologi inderaja di Indonesia, LAPAN perlu melakukan Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan: Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM (Landsat-8). Tulisan ini menguraikan karakteristik teknis satelit LDCM (Landsat-8), karakteristik teknis sensor pencitra OLI dan karakteristik data citra, subsistem pendukung misi, aplikasi data satelit LDCM (Landsat-8) serta analisis pemanfaatan satelit masa depan: LDCM (Landsat-8). Metode kajian adalah dengan melakukan studi literatur/informasi/data yang diperoleh dari badan/lembaga pemilik satelit serta dari media internet, dan sumber-sumber referensi literatur lainnya/ hasil-hasil penelitian yang berkembang dewasa ini, serta melakukan analisis.

2 KAJIAN SISTEM PENGINDERAAN JAUH SATELIT LDCM (LANDSAT-8)

2.1 Sistem Satelit LDCM (Landsat-8)

Pada bulan April 2008, NASA memilih *General Dynamics Advanced Information Systems, Inc.* untuk membangun satelit LDCM (*Landsat data Continuity Mission*). Setelah meluncur di orbitnya, satelit tersebut

akan dinamakan sebagai Landsat-8. Satelit LDCM (Landsat-8) adalah misi kerjasama antara NASA dan USGS (*U.S. Geological Survey*) dengan pembagian tanggung jawab masing-masing. NASA bertanggung jawab akan penyediaan satelit LDCM (Landsat-8), instrumen-instrumen, pesawat peluncur, dan elemen-elemen operasi misi Sistem Stasiun Bumi. NASA juga akan mengelola fase awal peluncuran sampai dengan kondisi satelit beroperasi di orbitnya pada ruas antariksa (dari peluncuran sampai penerimaan). USGS bertanggung jawab akan penyediaan pusat operasi-operasi misi dan sistem-sistem pengolahan pada Stasiun Bumi (termasuk pengaripan dan jaringan-jaringan data), demikian juga tim operasi-operasi penerbangan. USGS juga akan membiayai tim ilmuan Landsat (NASA,2008,http://space.skyrocket.de/index_frame.htm?http://www.skyrocket.de/space/doc_sdat/ldcm.htm;NASA,2008,http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248).

Satelit LDCM (Landsat-8) dijadwalkan akan diluncurkan pada tahun 2011 dari VAFB, CA. Penyedia peluncur adalah *Lockheed Martin Commercial Launch Services* (LMCLS of Littleton, CO). Pesawat peluncur adalah Atlas-V-401. Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang diorbitkan pada orbit mendekati lingkaran sikron-matahari, pada ketinggian 705 km, dengan inklinasi: 98.2°, periode: 99 menit, dengan waktu liput ulang (resolusi temporal) adalah 16 hari dan waktu melintasi katulistiwa (*Local Time on Descending Node -LTDN*) nominal pada jam 10:00 s.d 10:15 pagi. (NASA,2008, http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248).

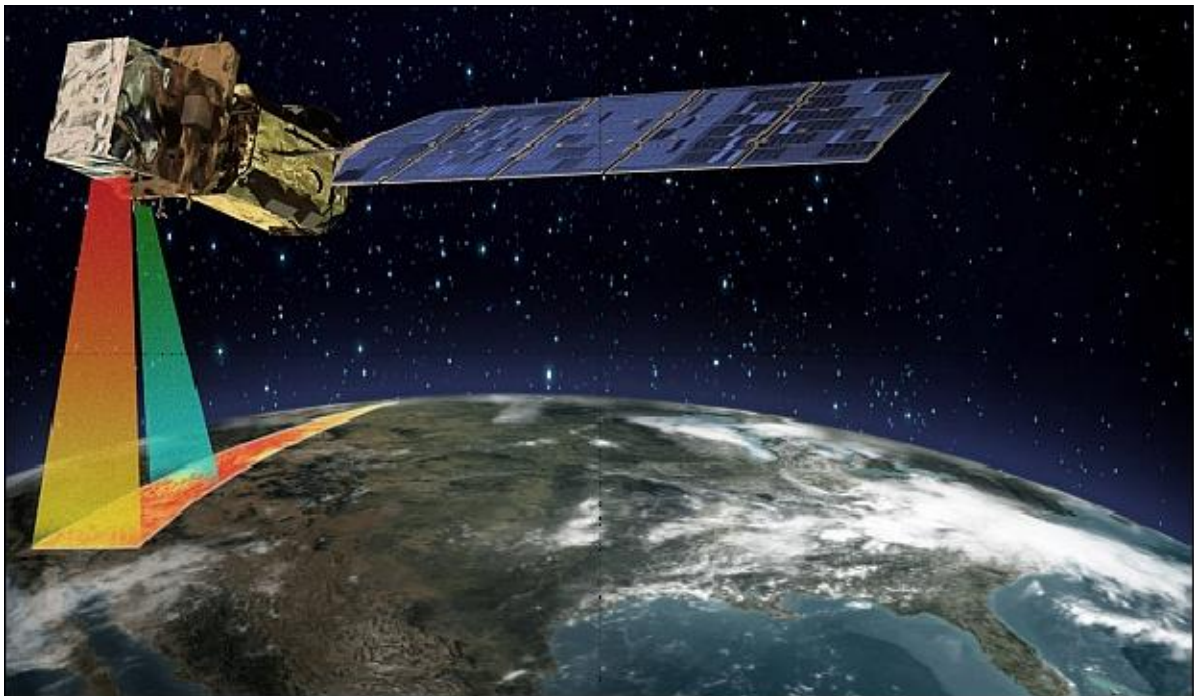
Satelit LDCM (Landsat-8) menggunakan suatu platform dengan pengarahannya titik nadir yang distabilkan tiga-sumbu, suatu arsitektur modular yang berhubungan dengan *Bus SA-200HP*. *Bus SA-200HP* dengan

dayaguna tinggi adalah dari DS1 (*Deep Space 1*) dan merupakan warisan misi Coriolis. Satelit LDCM (*Landsat-8*) tersebut terdiri dari suatu bingkai aluminium dan struktur panel utama. Subsistem Kontrol dan Penentuan Sikap (*Attitude Determination and Control Subsystem-ADCS*) menggunakan 6 buah roda-roda reaksi dan tiga batang tenaga putaran (*torque rods*) sebagai *aktuator*. Sikap satelit diindera dengan tiga buah alat untuk mengikuti jejak bintang (*star trackers*) yang presisi, sebuah SIRU (*Scalable Inertial Reference Unit*), 12 buah sensor matahari yang kasar, penerima-penerima GPS (*Viceroy*), dan 12 buah TAMs (*Three Axis Magnetometers*). Persyaratan teknis yang dirancang untuk dipenuhi adalah sebagai berikut:

- Kesalahan kontrol sikap satelit (3σ) (*Attitude control error (3σ)*) : $\leq 43 \mu\text{rad}$.
- Kesalahan pengetahuan sikap satelit (3σ) (*Attitude knowledge error (3σ)*): $\leq 29 \mu\text{rad}$.

- Stabilitas pengetahuan sikap satelit (3σ) (*Attitude knowledge stability (3σ)*): $\leq 1.7 \mu\text{rad}$ dalam waktu 2,5 detik.

Aspek-aspek kunci dari dayaguna satelit LDCM (*Landsat-8*) yang berhubungan dengan kalibrasi pencitra dan validasi adalah pengarahan titik (*pointing*), stabilitas dan kemampuan melakukan manuver. Pengarahan titik dan stabilitas satelit mempengaruhi dayaguna geometrik. Kemampuan melakukan manuver memungkinkan akuisisi data untuk kalibrasi dengan menggunakan matahari, bulan dan bintang-bintang (NASA,2008,http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248; General Dynamics, 2008, <http://www.gd-space.com/documents/LDCM%20081014.pdf>). Pada Gambar 2-1 ditunjukkan gambaran pencitraan permukaan Bumi dengan satelit LDCM (*Landsat-8*) di orbitnya. Parameter-parameter orbit satelit LDCM (*Landsat-8*) ditunjukkan pada Tabel 2-1.



Gambar 2-1: Gambaran pencitraan permukaan Bumi dengan satelit LDCM (*Landsat-8*) di orbit (kredit citra : *General Dynamics*)

Tabel 2-1: PARAMETER-PARAMETER ORBIT SATELIT LDCM (LANDSAT-8)

Jenis Orbit	mendekati lingkaran sikron-matahari
Ketinggian	705 km
Inklinasi	98.2°
Periode	99 menit
Waktu liput ulang (resolusi temporal)	16 hari
Waktu melintasi katulistiwa (<i>Local Time on Descending Node -LTDN</i>) nominal	Jam 10:00 s.d 10:15 pagi

2.2 Subsistem Pendukung Satelit LDCM (Landsat-8)

Sistem satelit LDCM (Landsat-8) terdiri dari antara lain subsistem-subsistem pendukung (NASA,2008, [http:// directory.eoportal. org/get_ announce.php?an_id= 10001248](http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248)), dengan fungsi fungsi sebagai berikut:

- Subsistem penanganan data dan komando (*Command & Data Handling-C&DH*): menggunakan sebuah *cPCI backplane RAD750 CPU* standar. Bus data MIL-STD-1553B digunakan untuk Sistem Kontrol dan Penentuan Sikap (*Attitude Determination and Control Subsystem-ADCS*) pada satelit (*onboard*), fungsi-fungsi C&DH dan komunikasi-komunikasi instrumen. Sebuah perekam (*solid state recorder*) memberikan kemampuan penyimpanan 4 TB @ BOL dan 3.1 TB @ EOL.
- Subsistem kontrol termal (*thermal control subsystem*) menggunakan pemanas-pemanas potongan *etched-foil* Kapton standar, sebuah sistem yang bias-dingin (*cold-biased*), pasif, digunakan untuk pesawat-antariksa tersebut. Insulasi *multi-layer* pada pesawat-antariksa dan *payload* diperlukan. Pandangan antariksa yang dalam dilengkapi untuk radiator-radiator instrumen.
- Subsistem Tenaga Listrik (*Electric Power Subsystem-EPS*) terdiri dari *array*

Matahari tunggal yang dapat dikembangkan dengan kemampuan artikulasi sumbu-tunggal dan dengan suatu *stepping gimbal*. Sel-sel Matahari sambung-tiga (*triple-junction*) digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik 4300 W @ EOL. Baterai NiH₂ mempunyai kapasitas 125 Ah.

- Subsistem propulsi pada satelit (*Onboard propulsion subsystem*) memberikan perubahan kecepatan total $\Delta V = 334$ m/detik dengan menggunakan 8 buah pendorong (*thrusters*) 22N untuk koreksi kasalahan penyisipan, penyesuaian-penyesuaian ketinggian, perbaikan sikap satelit, pembuangan EOL, dan pemeliharaan operasional yang diperlukan lainnya.

Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang mempunyai massa saat meluncur 2623 kg (massa kering 1512 kg). Umur rancangan misi adalah 5 tahun; persediaan yang dapat dikonsumsi pada satelit di orbitnya (hydrazine : 386 kg) akan berakhir untuk umur operasi 10 tahun (NASA, 2008, [http://directory.eoportal.org/get_ announce.php?an_id=10001248](http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248)).

Karakteristik teknis dari Parameter-Parameter Satelit LDCM (Landsat-8) ditunjukkan pada Tabel 2-2.

Tabel 2-2: KARAKTERISTIK TEKNIS SATELIT LDCM (LANDSAT-8)

PARAMETER SATELIT	SPESIFIKASI TEKNIS
Wahana Satelit	<i>Bus SA-200HP (Dayaguna tinggi)</i>
Massa Satelit	Massa peluncuran : 2623 kg; massa kering : 1512 kg
Umur rancangan satelit	5 tahun ; dukungan yang dapat dikonsumsi pada satelit (<i>onboard</i>) : hydrazine: 86 kg, akan berakhir untuk umur operasi 10 tahun.
Subsistem Tenaga Listrik (<i>Electric Power Subsystem-EPS</i>)	-Tenaga listrik : 4.3 kW @ EOL (<i>End of Life</i>). - <i>Array</i> matahari tunggal yang dapat dikembangkan dengan kapabilitas artikulasi sumbu-tunggal. - Sel-sel matahari sambung-tiga (<i>Triple-junction</i>) - Baterai : NiH ₂ dengan kapasitas: 125 Ah
Subsistem Kontrol dan Penentuan Sikap (<i>Attitude Determination and Control Subsystem-ADCS</i>)	- Aktuasi : 6 roda-roda reaksi 3 tiga batang tenaga putaran (<i>torque rods</i>) - Sikap satelit diindera dengan tiga buah alat untuk mengikuti jejak bintang (<i>star trackers</i>) yang presisi - SIRU (<i>Scalable Inertial Reference Unit (redundant)</i>) - 12 buah sensor matahari yang kasar, - Penerima –penerima GPS (<i>Viceroy (redundant)</i>) - 2 TAMs (<i>Three Axis Magnetometers</i>) - Kesalahan kontrol sikap satelit (3σ) (<i>Attitude control error (3σ)</i>) : $\leq 43 \mu\text{rad}$ - Kesalahan pengetahuan sikap satelit (3σ) (<i>Attitude knowledge error (3σ)</i>): $\leq 29 \mu\text{rad}$ - Stabilitas pengetahuan sikap satelit (3σ) (<i>Attitude knowledge stability (3σ)</i>): $\leq 1.7 \mu\text{rad}$ dalam waktu 2,5 detik. - Jitter Sikap (<i>Attitude Jitter</i>) $\leq 0.21 \mu\text{rad}$ dalam 0.5 detik - Waktu <i>slew</i> , 180° pitch: ≤ 8.5 menit, <i>inclusive settling</i> - Waktu <i>slew</i> , 15° roll: ≤ 3.7 menit, <i>inclusive settling</i>
Subsistem Penanganan Data dan Komando (<i>Command & Data Handling- C&DH</i>)	- <i>cPCI backplane RAD750 CPU</i> standar. - <i>Bus data MIL-STD-1553B</i> - Perekam <i>solid state</i> memberikan kapasitas penyimpanan 4 TB @ BOL dan 3.1 TB @ EOL
Subsistem Propulsi (<i>Propulsion subsystem</i>)	Perubahan kecepatan total $\Delta V = 334$ m/detik menggunakan 8 pendorong (<i>thrusters</i>) 22 N

2.4 Komunikasi-Komunikasi RF

Saluran data kanal-X dari satelit ke stasiun bumi (*downlink*) menggunakan kompresi dengan tidak ada kehilangan data dan pentapisan spektral. Kecepatan data-*payload* 320 Mbit/detik (RT) dan 384 Mbit/detik (RT+PB). Kanal S digunakan untuk semua fungsi-fungsi TT&C. Saluran data kanal-S dari stasiun bumi ke satelit (*uplink*) di-*encrypted* yang menghasilkan kecepatan data 1, 32, dan 64 Kbit/detik. Saluran data kanal S dari satelit ke stasiun bumi (*downlink*) menawarkan kecepatan data 2, 16, 32, RTSOH; 1 Mbit/detik SSOH/RTSOH GN; 1

kbit/detik RTSOH SN (NASA,2008, http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248).

3 SENSOR PENCITRA PADA SATELIT LDCM (LANDSAT-8) DAN KARAKTERSTIK DATA CITRA

Dalam bulan Juli 2007, NASA telah menyerahkan kontrak kepada BATC (*Ball Aerospace Technology Corporation*), Boulder, CO. untuk mengembangkan instrument kunci OLI (*Operational Land Imager*) pada LDCM (Landsat-8). BATC melakukan kontrak untuk perancangan, pengembangan, pembuatan dan integrasi dari sensor

pencitra OLI. Perusahaan tersebut juga diperlukan untuk pengujian, pengiriman dan memberikan dukungan pengiriman-lanjut dan 5 tahun dukungan di orbit untuk instrumen tersebut.

Sensor pencitra OLI mempunyai kanal-kanal spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7. Sensor OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu : kanal untuk deteksi aerosol garis pantai (kanal-1: 443 nm) dan kanal

untuk deteksi *cirrus* (kanal 9: 1375 nm), akan tetapi tidak mempunyai kanal inframerah termal. Tabel 3-1 menunjukkan Spesifikasi Kanal-Kanal Spektral Pencitra LDCM (Landsat-8) (yang diperlukan oleh NASA/USGS). (NASA, 2008, http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248). Perbandingan Parameter Spektral Instrument OLI dan ETM+ Landsat-7, ditunjukkan dalam Tabel 3-2.

Tabel 3-1: SPESIFIKASI KANAL-KANAL SPEKTRAL SENSOR PENCITRA LDCM (LANDSAT-8) (YANG DIPERLUKAN OLEH NASA/USGS)

Kanal No	Kanal	Kisaran spektral (nm)	Penggunaan Data	GSD (resolusi spasial)	Radiance (W/m ² sr μm), typical	SNR (typical)
1	Biru	433-453	<i>Aerosol/coastal zone</i>	30 m	40	130
2	Biru	450-515	<i>Pigments/scatter /coastal</i>	30 m (Kanal-kanal warisan TM)	40	130
3	Hijau	525-600	<i>Pigments/coastal</i>		30	100
4	Merah	630-680	<i>Pigments/coastal</i>		22	90
5	Infra merah dekat (NIR)	845-885	<i>Foliage/coastal</i>		14	90
6	SWIR 2	1560-1660	<i>Foliage</i>		4.0	100
7	SWIR 3	2100-2300	<i>Minerals/litter/no scatter</i>		1.7	100
8	PAN	500-680	<i>Image sharpening</i>		15 m	23
9	SWIR	1360-1390	<i>Cirruscloud detection</i>	30 m	6.0	130

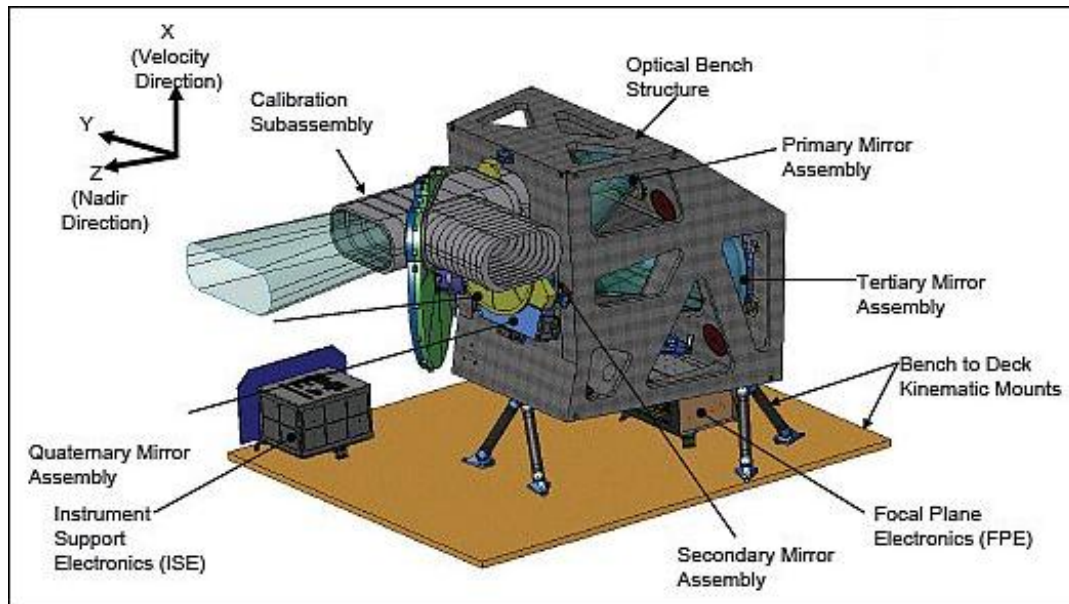
Tabel 3-2: PERBANDINGAN PARAMETER-PARAMETER SPEKTRAK SENSOR PENCITRA OLI/LDCM (LANDSAT-8) DAN ETM+/LANDSAT-7

OLI (LDCM)			ETM+ (Landsat-7)		
NO. Kanal spectral	Panjang gelombang (μm)	GSD (m)	NO. Kanal spectral	Panjang Gel (μm)	GSD (m)
8 (PAN)	0.500 - 0.680	15	8 (PAN)	0.52 - 0.90	15
1	0.433 - 0.453	30			
2	0.450 - 0.515	30	1	0.45 - 0.52	30
3	0.525 - 0.600	30	2	0.53 - 0.61	30
4	0.630 - 0.680	30	3	0.63 - 0.69	30
			4	0.78 - 0.90	30
5	0.845 - 0.885	30			
9	1.360 - 1.390	30			
6	1.560 - 1.660	30	5	1.55 - 1.75	30
7	2.100 - 2.300	30	7	2.09 - 2.35	30
Kemampuan pencitraan OLI tidak termasuk thermal			6 (TIR)	10.40 - 12.50	60

Rancangan instrument (sensor pencitra) OLI mencirikan sebuah pencitra multispektral dengan suatu arsitektur *pushbroom*. Implementasi *pushbroom* dipertimbangkan untuk lebih stabil secara geometrik dibandingkan dengan scanner *whiskbroom* dari instrument ETM+ pada Landsat-7 (NASA,2008,

http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248).

Pandangan skematik rancangan instrumen (sensor pencitra) OLI ditunjukkan pada Gambar 3-1. Pada Tabel 3-3 ditunjukkan spesifikasi teknis dari parameter-parameter sensor pencitra (instrumen) OLI.



Gambar 3-1: Pandangan skematik rancangan instrument (sensor pencitra) OLI (kredit citra: BATC)

Tabel 3-3: SPESIFIKASI TEKNIS PARAMETER-PARAMETER SENSOR PENCITRA OLI

Teknik Observasi	Pencitra <i>Pushbroom</i>
Kanal Spektral	9 kanal dalam VNIR/SWIR yang meliputi kisaran spektral dari 443 nm s/d 2300 nm
Telescope	-Empat -cermin rancangan telescope <i>off-axis</i> dengan suatu stop aperture depan (<i>front aperture stop</i>) -Penggunaan <i>optical bench</i> -Rancangan <i>Telecentric</i> dengan penolakan sinar <i>stray</i> yang sangat sempurna.
FPA (Focal Plane Assembly)	-Terdiri dari 14 sensor <i>chip assemblies</i> yang dipasang pada piring tunggal -FPA didinginkan secara pasif -Detektor-detektor Hybrid silikon/HgCdTe -Pemasangan <i>butcher block filter</i> pada setiap SCA (<i>Sensor Chip Assembly</i>)
Lebar liputan satu citra (FOV=15°)	185 km
GSD (Ground Sample Distance)	15 m untuk data PAN ; 30 m untuk data multispectral VNIR/SWIR
Kuantisasi Data	12 bit
Kalibrasi	- <i>Solar calibrator (diffuser)</i> digunakan satu kali/minggu. - Lampu-lampu stimulasi yang digunakan untuk memeriksa kalibrasi <i>intra-orbit</i> - <i>Shutter Gelap</i> untuk kalibrasi offset (digunakan dua kali setiap orbit) -Detektor-detektor gelap pada <i>focal plane</i> untuk memantau <i>offset drift</i>

3.2 TIRS (*Thermal Infrared Sensor*)

Untuk mengatasi kontinuitas data Landsat-7 pada kanal inframerah termal, pada tahun 2008, program LDCM (Landsat-8) menetapkan sensor pencitra Thermal Infrared Sensor (TIRS) sebagai pilihan (*optional*), yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI (NASA, 2008, [http:// directory. eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248](http://directory.eoportal.org/get_announce.php?an_id=10001248)).

4 ANALISIS PEMANFAATAN SATELIT MASA DEPAN : LDCM (LANDSAT-8)

Sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) pada LDCM (Landsat-8) yang mempunyai 1 kanal inframerah-dekat dan 7 kanal tampak reflektif, akan meliputi panjang-gelombang panjang-gelombang elektromagnetik yang direfleksikan oleh objek pada permukaan Bumi, dengan resolusi spasial 30 meter. Sensor pencitra OLI mempunyai kemampuan resolusi spasial dan resolusi spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7. Akan tetapi sensor pencitra OLI tidak mempunyai kanal termal. Namun demikian, sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu : kanal-1: 443 nm untuk deteksi aerosol garis pantai dan kanal 9 : 1375 nm untuk deteksi *cirrus*.

Ketersediaan kanal-kanal spektral reflektif dari sensor pencitra OLI pada LDCM (Landsat-8) yang menyerupai kanal-kanal spektral reflektif ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7, memastikan kontinuitas data untuk deteksi dan pemantauan perubahan objek-objek pada permukaan Bumi global. Untuk mengatasi kontinuitas data Landsat-7 pada kanal inframerah termal, pada tahun 2008, program LDCM (Landsat-8) menetapkan sensor pencitra TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) ditetapkan sebagai pilihan (*optional*), yang dapat menghasilkan kontinuitas

data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI.

Dalam pemanfaatan data satelit LDCM (Landsat-8) atau 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: 1) Pemilihan data yang menyangkut: pemilihan kanal/resolusi atau kombinasi kanal spektral dan resolusi spasial, resolusi temporal dan resolusi radiometrik serta luas liputan satu citra, 2) Penentuan prosedur atau teknik dan metode pengolahan dan analisis data citra.

Kemampuan pencitraan multi-spektral telah lama menjadi pusat program satelit seri Landsat. Satelit-satelit seri Landsat membawa sensor-sensor yang mampu untuk melakukan pendeteksian gelombang elektromagnetik yang direfleksikan dan radiasi elektromagnetik yang diemisikan dalam beragam panjang-gelombang diskrit dari spektrum tampak dan inframerah termal. Dengan menggabungkan kanal-kanal spektral ini menjadi citra-citra berwarna, para pengguna mampu mengidentifikasi dan membedakan karakteristik dan kondisi-kondisi ciri-ciri penutup lahan, bahkan yang paling halus kanal-kanal multispektral data satelit seri Landsat dengan resolusi spasial 30 meter adalah ideal untuk pendeteksian, pengukuran, dan untuk menganalisis perubahan-perubahan objek-objek pada permukaan Bumi pada level yang rinci, dimana pengaruh alamiah dan aktifitas yang diakibatkan manusia, dapat diidentifikasi dan dinilai secara akurat. Aplikasi yang paling penting dari data citra multispektral dari satelit seri Landsat adalah pendeteksian dan pemantauan perubahan-perubahan pada permukaan

Bumi. Dengan penggabungan secara digital dua atau lebih citra-citra yang dikumpulkan atas daerah yang sama di permukaan Bumi pada waktu-waktu yang berbeda dan menggunakan algoritma-algoritma deteksi perubahan yang dilakukan dengan komputer, para pengguna dapat menganalisis perubahan objek-objek pada permukaan Bumi.

Sekarang ini data citra dari satelit-satelit seri Landsat adalah yang secara rutin digunakan di Amerika Serikat dan di seluruh dunia dalam peramalan pertanian, eksplorasi energi, pemantauan ekosistem, pengelolaan sumber alam, pemetaan penggunaan lahan/penutup lahan, pengumpulan *intelligent* militer, dan mitigasi bencana. Khususnya di Indonesia, ketersediaan data inderaja TM/ Landsat-5 dan ETM-plus/Landsat-7 yang diterima pada Stasiun Bumi Penginderaan Jauh (Inderaja) Parepare yang dioperasikan oleh LAPAN, dan kemudahan perolehan data dari Stasiun Bumi Inderaja Parepare tersebut di atas, telah membuka peluang pemanfaatan data inderaja 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. Akan tetapi sehubungan dengan kondisi teknis Landsat-7 yang mengalami keadaan SLC OFF, maka dengan kondisi data ETM-plus tersebut, Stasiun Bumi Penginderaan Jauh (Inderaja) Parepare-LAPAN menghentikan operasi akuisisi data Landsat tersebut sejak tahun 2007, dan sekarang ini dioperasikan untuk akuisisi data SPOT-4.

Hasil kajian ini menunjukkan perlunya kontinuitas akuisisi data Landsat di Indonesia melalui pengembangan Stasiun Bumi Inderaja yang dikelola oleh LAPAN untuk dapat menerima data satelit Landsat masa

depan yaitu LDCM (Landsat-8) di dalam menjamin kontinuitas pelayanan data, bagi para pengguna data inderaja dan juga di dalam pengembangan teknologi Inderaja di Indonesia. Hasil kajian ini dapat pula digunakan sebagai alat pertimbangan pemilihan atau pemanfaatan data satelit masa depan: LDCM (Landsat-8) untuk aplikasi pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan di Indonesia.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan kajian dan analisis yang dilakukan, diperoleh hasil atau kesimpulan sebagai berikut:

- Satelit LDCM dijadwalkan untuk diluncurkan pada tahun 2011 dari VAFB, CA. Penyedia peluncur adalah *Lockheed Martin Commercial Launch Services* (LMCLS of Littleton, CO). Pesawat peluncur adalah Atlas-V-401. Setelah meluncur di orbitnya, LDCM tersebut akan dinamakan Landsat-8. Satelit LDCM (Landsat-8) mempunyai massa saat meluncur 2623 kg (massa kering 1512 kg). Umur rancangan misi adalah 5 tahun; persediaan energi yang dapat dikonsumsi pada satelit di orbitnya (hydrazine3 : 86 kg) akan berakhir untuk umur operasi 10 tahun.
- Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang pada orbit mendekati lingkaran sikron-matahari, pada ketinggian 705 km, dengan inklinasi 98.2°, periode 99 menit, waktu liput ulang (resolusi temporal) 16 hari, waktu melintasi katulistiwa (*Local Time on Descending Node-LTDN*) nominal pada jam 10:00 s.d 10:15 pagi.
- Sensor pencitra OLI (*Operational Land Imager*) pada LDCM (Landsat-8) yang mempunyai 1 kanal inframerah-dekat dan 7 kanal tampak reflektif, dengan resolusi spasial 30 meter. Sensor pencitra OLI mempunyai kemampuan resolusi spasial dan resolusi spektral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7. Akan tetapi sensor pencitra OLI tidak mempunyai kanal termal.

Namun demikian, sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu : kanal-1: 443 nm untuk deteksi aerosol garis pantai dan kanal 9 : 1375 nm untuk deteksi *cirrus*.

- Ketersediaan kanal-kanal spektral reflektif dari sensor pencitra OLI pada LDCM (Landsat-8) yang menyerupai kanal-kanal spektral reflektif ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7, memastikan kontinuitas data untuk deteksi dan pemantauan perubahan daratan global. Untuk mengatasi kontinuitas data Landsat-7 pada kanal termal, pada tahun 2008, program LDCM (Landsat-8) menetapkan sensor pencitra Thermal Infrared Sensor (TIRS) ditetapkan sebagai pilihan (*optional*), yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI.
- Aplikasi yang paling penting dari data citra satelit seri Landsat multispektral adalah pendeteksian dan pemantauan perubahan-perubahan objek pada permukaan Di Amerika Serikat dan di seluruh dunia, dan khususnya di Indonesia.
- Dengan pemilihan kanal spektral yang tepat untuk suatu aplikasi tertentu, dan dengan penentuan teknik dan metode pengolahan dan analisis digital yang tepat, data citra satelit LDCM (Landsat-8) akan efektif dan efisien digunakan dalam peramalan pertanian, eksplorasi energi, pemantauan ekosistem, pengelolaan sumber alam, pemetaan penggunaan lahan/penutup lahan, pengumpulan inteligen militer, mitigasi bencana dan pemantauan lingkungan.

Hasil kajian ini menunjukkan perlunya kontinuitas akuisisi data Landsat di Indonesia melalui pengembangan Stasiun Bumi Inderaja yang dikelola oleh LAPAN untuk dapat menerima data satelit Landsat masa depan yaitu LDCM (Landsat-8) di dalam menjamin kontinuitas pelayanan data,

bagi para pengguna data inderaja dan juga di dalam pengembangan teknologi Inderaja di Indonesia. Hasil kajian ini dapat pula digunakan sebagai alat pertimbangan pemilihan atau pemanfaatan data satelit masa depan: LDCM (Landsat-8) untuk aplikasi pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan di Indonesia.

DAFTAR RUJUKAN

- Barbara J. R., and Bruce K. Quirk, 2007. *Long Term Data Continuity, Landsat Program on Track for 2011*, ACSM BULLETIN, December 2007. (http://science.hq.nasa.gov/research/daac/lp_daac.html).
- General Dynamics, 2008. *Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Space Observatory*, (URL: <http://www.gd-space.com/documents/LDCM%20081014.pdf>).
- Iron, J. R., Masek, J. G., 2006. *Requirements for a Landsat Data Continuity Mission*, PE&RS, Vol. 72, No 10, Oct. 2006, pp. 1102-1108 ; (<http://ldcm.nasa.gov/>).
- Iron, J. R., 2006. *New Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Memorandum from OSTP*, The Earth Observer, NASA/GSFC, Vol. 18, Issue 1, January-February 2006, pp. 4-5, URL: (http://eosps0.gsfc.nasa.gov/eos_observ/pdf/Jan-Feb06.pdf).
- Laura Rocchio and Bill Ochs, 2007. *The Landsat Data Continuity Mission: Extending the Longest Legacy of Global Land Observation*, (http://landsat.gsfc.nasa.gov/news/news-archive/sci_0017.html).
- NASA, 2007. *NASA Awards Contract For Land-Imaging Instrument*, (URL: <http://ldcm.nasa.gov/07-16-2007.html>).
- NASA, 2008. *LDCM (Landsat 8)*. (http://space.skyrocket.de/index_frame.htm?http://www.skyrocket.de/space/doc_sdat/ldcm.htm).

NASA, 2003. *Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Implementation Phase-Data Specification*, Jan. 6, 2003. (URL: http://prod.nas.nasa.gov/eps/eps_data/102577-SOL-001-005.pdf).

NASA, 2007. *NASA Selects Launch Services Provider for Earth Imagery Satellite*, (URL: http://landsat.gsfc.nasa.gov/news/news_archive/news_0104.html).

NASA, 2008, *Landsat-8 / LDCM (Landsat Data Continuity Mission)*. (http://directory.eoportal.org/get_announcement.php?an_id=10001248).

NASA, 2008. *NASA selects contractor for Landsat Data Continuity Mission spacecraft*, (URL: http://www.nasa.gov/home/hqnews/2008/apr/HQ_C08021_Landsat_Data.html).