

SISTEM PENGINDERAAN JAUH SATELIT - MIKRO RAZAKSAT DAN ANALISIS PEMANFAATAN DATA

Gokmaria Sitanggang

Peneliti Bidang Bangfatja, Pusat Pengembangan Pemanfaatan, LAPAN
gok_maria_sitanggang@yahoo.com

RINGKASAN

RazakSAT adalah sebuah satelit-mikro penginderaan jauh Malaysia yang diluncurkan oleh SpaceX ke orbit bumi rendah mendekati ekuator (*Near Equatorial Orbit* -NEqO) pada hari Senin, tanggal 13 Juli 2009, pukul 8:35 pm (PDT), menggunakan roket Falcon 1, dari Kwajalein di Omelek Island. Satelit RazakSAT membawa sebuah instrument pencitra MAC (*Medium-sized Aperture Camera*) yaitu suatu kamera *pushbroom* dengan lima buah detektor linier (satu Pankromatik, empat Multispektral). Pada orbit nominal dengan ketinggian nominal 685 km dan inklinasi 9° , satelit RazakSAT ini akan memberikan jumlah optimal 14 lintasan setiap hari di atas wilayah Malaysia sehingga meningkatkan kesempatan pencitraannya lebih dari 3 kali dibandingkan dengan satelit sejenisnya yang mengorbit pada jenis orbit sinkron matahari (*Sun-Synchronous Orbit*-SSO). Kamera MAC menghasilkan data citra dengan resolusi spasial 2.5 m untuk citra Pankromatik, dan 5 m untuk masing-masing citra kanal Multispektral, dengan lebar liputan satu citra 20 km. Tulisan ini menguraikan karakteristik teknis satelit-mikro RazakSAT, karakteristik teknis instrument pencitra kamera MAC, karakteristik data citra, elemen-elemen ruas antariksa, operasi stasiun bumi, program data, dan jenis produk data, serta analisis pemanfaatan data RazakSAT untuk berbagai aplikasi. Metode kajian adalah melakukan studi berdasarkan 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: *Satelit-mikro RazakSAT, MAC (Medium-sized Aperture Camera), NEqO (Near Equatorial Orbit)*

1 PENDAHULUAN

RazakSAT adalah sebuah satelit-mikro penginderaan jauh (inderaja) Malaysia yang nama aslinya adalah MACSAT (*Medium-sized Aperture Camera Satellite*). Perdana Menteri Malaysia Mahathir Mohamad kemudian mengganti nama satelit MACSAT tersebut menjadi RazakSAT untuk penghormatan kepada Perdana Menteri Malaysia yang kedua yaitu Abdul Razak. Satelit RazakSAT diluncurkan dengan roket Falcon 1 pada hari Senin, 13 Juli 2009, pukul 8:35 pm (PDT), dari Kwajalein di Omelek Island, Lautan Pacific, kira-kira 2,500 mil arah bagian Barat-Daya Hawaii. Space X meluncurkan RazakSAT ke suatu orbit mendekati ekuator (*Near Equatorial Orbit* -

NEqO) pada ketinggian nominal 685 km dan sudut inklinasi 9° (Matt,2009, <http://spacefellowship.com/2009/07/15/spacex-falcon-1-successfully-delivers-razaksat-satellite-to-orbit/>).

Satelit RazakSAT membawa instrumen pencitra kamera MAC (*Medium-sized Aperture Camera*) yaitu *payload* elektro-optik dari jenis *pushbroom* dengan 5 detektor-detektor linier (1 Pankromatik, 4 Multispektral) dengan berat kira-kira 50 kg dan berat seluruh satelit adalah kira-kira 180 kg. Kamera MAC menghasilkan citra dengan lebar liputan satu citra 20 km dengan potongan permukaan Bumi 500 km pada suatu lintasan tunggal. Citra hasil liputan kamera MAC, secara spektral meliputi kisaran tampak/inframerah, yang

terdiri dari: sebuah kanal Pankromatik dan empat kanal Multispektral dengan resolusi spasial 2,5 m untuk kanal Pankromatik dan 5 m untuk masing-masing kanal Multispektral. (Nation,2009,, <http://thestar.com.my/news/story.asp?file=/2009/8/6/nation/4462755&sec=nation>).

Untuk memanfaatkan akuisisi pencitraan oleh Malaysia dan negara-negara lain di daerah mendekati Ekuatorial, satelit-mikro RazakSAT tersebut diluncurkan pada orbit bumi rendah mendekati Ekuator (NEqO) dengan inklinasi 9° untuk mendapatkan keuntungan kesempatan pencitraan 14 kali perhari dan menanggulangi hambatan utama liputan awan dalam sistem inderaja pasif. (Norhan, 2006; http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26_1.htm).

Sehubungan dengan ketersediaan satelit dan data dari satelit-mikro RazakSAT tersebut, untuk pengembangan pemanfaatan data dan teknologi inderaja, LAPAN perlu melakukan kajian mengenai sistem inderaja satelit-mikro RazakSAT serta aplikasi datanya. Tujuan kajian ini adalah melakukan studi mengenai sistem inderaja satelit mikro RazakSAT yang meliputi: karakteristik teknis satelit-mikro RazakSAT, karakteristik teknis instrumen pencitra kamera MAC dan karakteristik data citra, elemen-elemen ruas antariksa, operasi stasiun bumi, program data serta jenis produk data dan analisis pemanfaatan data RazakSAT untuk berbagai aplikasi. Metode kajian adalah melakukan studi berdasarkan 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 SISTEM PENGINDERAAN JAUH SATELIT-MIKRO RAZAKSAT

2.1 Program Satelit-mikro Inderaja Malaysia RazakSAT

Tujuan satelit RazakSAT adalah untuk memastikan ketersediaan pencitraan satelit untuk setiap bagian dari wilayah Malaysia dalam memenuhi keperluan-keperluan komunitas pengguna lokal. Malaysia telah tergantung pada citra inderaja yang dihasilkan oleh SOAs (*Satellite Operating Agencies*) yang mempunyai keterbatasan akan liputan awan dan waktu yang tepat. Untuk mengurangi keterbatasan tersebut, satelit RazakSAT secara unik ditempatkan pada suatu orbit mengelilingi bumi pada ketinggian rendah dengan jenis orbit mendekati ekuator (*Near Equatorial Orbit - NEqO*). RazakSAT dirancang membawa instrument pencitra kamera MAC (*Medium-sized Aperture Camera*) yaitu suatu *payload* elektro-optik jenis *pushbroom* dengan lima detektor linier (1 Pankromatik, 4 Multispektral). Pada orbit nominal dengan ketinggian 685 km dan inklinasi 9° , satelit ini akan memberikan jumlah optimal 14 lintasan setiap hari atas wilayah Malaysia sehingga meningkatkan kesempatan pencitraannya lebih dari 3 kali dibandingkan dengan suatu satelit sejenisnya yang mengorbit pada jenis orbit sinkron matahari (*Sun-Synchronous Orbit - SSO*). Dengan satelit RazakSAT pada orbit NEqO tersebut, memberikan kesempatan pencitraan yang lebih tinggi untuk Malaysia dan negara-negara lain yang berlokasi di sabuk ekuatorial 9° Utara dan Selatan dari Ekuator (Norhan, 2006; http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26_1.htm), (RazakSAT,<http://en.wikipedia.org/wiki/RazakSAT><http://en.wikipedia.org/wiki/RazakSAT>). Pada Tabel 2-1 ditunjukkan Daftar negara-negara yang diliput oleh NeqO (inklinasi 9°).

Tabel 2-1: DAFTAR NEGARA-NEGARA YANG DILIPUT OLEH NeqO (INKLINASI 9°)

| Kontinen | Negara |
|---------------|--|
| Asia | Malaysia, Indonesia, Thailand, India, Sri Lanka, Philippines, Maldives |
| Afrika | Somalia, Ethiopia, Kenya, Tanzania, Sudan, Uganda, Rwanda, Burundi, Zaire, Gabon, Central African Republic, Nigeria, Chad, Cameroon, Guinea, Angola, Ivory Coast, Benin, Liberia, Sierra Leone |
| Amerika Latin | Brazil, Peru, French Guiana, Surinam, Venezuela, Colombia, Guyana Ecuador, Panama |

Satelit RazakSAT dirancang dan dibangun oleh ATSB (*Astronautic Technology (M) Sdn Bhd*), perintis dan pemimpin dalam perancangan dan manufaktur satelit di Malaysia. ATSB memulai pencitraan Satelit Observasi Bumi (*Earth Observation Satellite-EOS*) yang pertama untuk Malaysia pada waktu satelit TiungSAT-1, sebuah satelit mikro dengan massa 50 kg diluncurkan pada tanggal 26 September 2000 (Norhan *et al.*, 2002). Program transfer teknologi yang dimulai dengan *Surrey Satellite Technology Limited* (SSTL), United Kingdom adalah yang kemudian dilanjutkan menjadi pengembangan kolaborasi bilateral dengan perusahaan *SaTReC Initiative* (SI) Co. Ltd., Republik Korea untuk meningkatkan resolusi spasial satelit TiungSAT-1 dari 78 m menjadi resolusi spasial yang lebih tinggi 2.5 m.

Program satelit-mikro inderaja RazakSAT dilaksanakan di ATSB (*Astronautic Technology (M) Sdn. Bhd.*) dengan pengembangan suatu satelit-mikro inderaja yang mempunyai daya handal yang tinggi. Program ini memberikan suatu contoh usaha kolaborasi internasional yang bersinergi dan sukses antara ATSB dan *SaTReC Initiative* (SI) Co. Ltd. dari Republik Korea dalam pengembangan rancangan untuk memproduksi citra resolusi tinggi yang terutama memenuhi keperluan-keperluan penginderaan jauh. ATSB memainkan peranan penting dalam mendukung infrastruktur antariksa Malaysia dan program antariksa Malaysia yang dipelopori oleh *Malaysian National Space Agency* atau ANGKASA. Program

RazakSat berharga RM60 juta Malaysia (kira-kira US.\$17 juta). Datuk Kong Cho Ha S sebagai Deputy Menteri Ilmiah, Teknologi dan Inovasi Malaysia menyebutkan satelit yang sama akan berharga lebih dari 10 kali lebih mahal bilamana satelit tersebut diimpor dari negara lain. (Powers, 2008; <http://asmmag.com/features/inside-razaksat>).

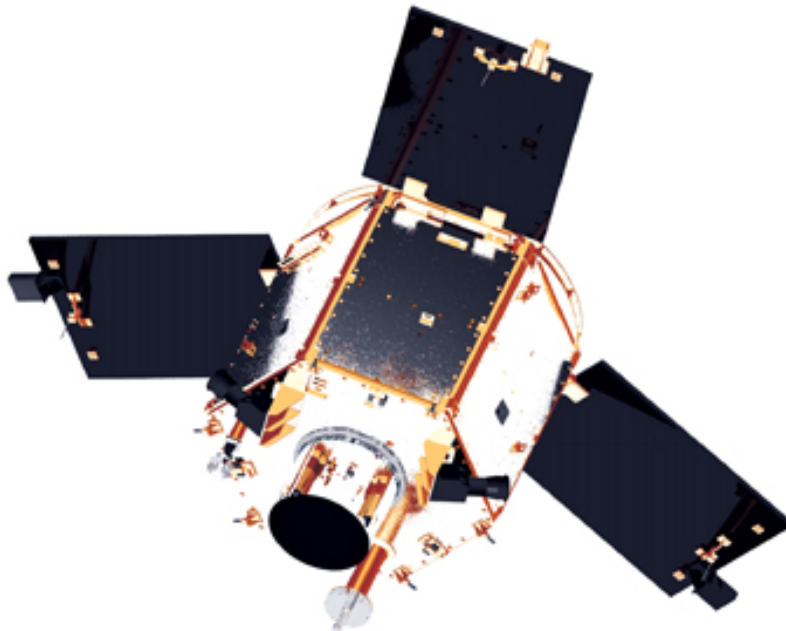
Pengembangan satelit RazakSAT beserta bus dengan massa yang lebih kecil dari 200 kg dan massa *payload* kamera MAC lebih kecil dari 50 kg adalah suatu teknologi yang baru untuk ATSB dalam sistem pencitraan resolusi tinggi dengan satelit kecil. Kamera MAC menghasilkan citra dengan lebar liputan satu citra 20 km dengan kemampuan pencitraan potongan permukaan Bumi sebesar 500 km pada suatu lintasan tunggal. Citra hasil liputan kamera MAC, secara spektral meliputi kisaran tampak/ inframerah, yaitu terdiri dari: sebuah kanal Pankromatik dan 4 kanal Multispektral dengan resolusi spasial masing-masing 2,5 dan 5 m. Untuk memanfaatkan akuisisi pencitraan oleh Malaysia dan negara-negara lain di daerah mendekati Ekuatorial, satelit-mikro RazakSAT tersebut pada perencanaannya, diluncurkan di orbit rendah mendekati Ekuator (NEqO) dengan inklinasi 7°-9° untuk mendapatkan keuntungan kesempatan pencitraan 14 kali perhari dan menanggulangi hambatan utama untuk penginderaan jauh (inderaja) pasif, yaitu liputan awan (Norhan, 2006; http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26_1.htm).

2.2 Sistem Satelit-Mikro Inderaja RazakSAT

Sistem satelit-mikro inderaja Malaysia RazakSAT adalah unik, menjadi satelit-mikro pertama dari kelasnya ditempatkan pada orbit bumi rendah mendekati ekuator; tidak seperti banyak satelit-satelit sejenisnya yang lain, yang ditempatkan pada orbit sinkron matahari. Inclinasi satelit RazakSAT dirancang sama dengan *latitude* dari peluncurannya di Kwajalein. Dengan cara ini, satelit akan mengulangi penjejukan pada beberapa bagian dari wilayah Malaysia setiap 90 menit, yang memaksimalkan kemampuannya untuk menanggulangi hambatan utama untuk sistem inderaja pasif, yaitu liputan awan, dan sebagai hasilnya, secara substansial memperbaiki liputan negara tersebut. Oleh sebab itu peluncuran RazakSAT ini sungguh penting karena wilayah Malaysia biasanya diliputi oleh kanal-kanal awan ekuatorial. Satelit-satelit optik sikron matahari yang normal, yang dapat kembali ke suatu daerah yang sama hanya satu kali setiap

14 hari, hampir tidak pernah untuk mampu melihat permukaan Bumi selama penjejakannya. Hasilnya, kebanyakan citra optik tahunan wilayah Malaysia adalah kedaluarsa.

Satelit RazakSAT membawa sebuah kamera resolusi tinggi MAC (*Medium-sized Aperture Camera*) yaitu sebuah *payload* elektro-optik dari jenis kamera *pushbroom* dengan 5 buah detektor linier (1 Pankromatik, 4 Multi-spektral) yang mempunyai berat kira-kira 50 kg. Berat seluruh satelit adalah kira-kira 180 kg. Pada Gambar 2-1 ditunjukkan Satelit-mikro RazakSAT setelah penyebaran panel matahari. Gambar 2-2 menunjukkan peluncuran satelit RazakSAT dengan pesawat peluncur Falcon 1 dari lokasi peluncuran SpaceX di Omelek Island. Spesifikasi teknis sistem satelit-mikro RazakSAT ditunjukkan pada Tabel 2-2 (Norhan,2006; <http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26-1.htm>).



Gambar 2-1: Satelit-mikro RazakSAT setelah panel matahari terbuka (Norhan, 2006; http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26_1.htm)



Gambar 2-2: Peluncuran Satelit RazakSAT dengan roket Falcon 1 dari lokasi peluncuran SpaceX di Omelek Island (Credit: SpaceX) (Norhan, 2006; http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26_1.htm)

Tabel 2-2: SPESIFIKASI TEKNIS SISTEM SATELIT-MIKRO INDERAJA RAZAKSAT

| Subsistem | Spesifikasi |
|--|---|
| Satelit-mikro inderaja | RazakSAT |
| Massa sistem satelit | 180 kg |
| Ketinggian orbit | 685 km (nominal) |
| Inklinasi | 7°-9° |
| Payload MAC (<i>Medium-sized Aperture Camera</i>) | GSD: 2.5 m (PAN), 5 m (MS) Lebar liputan satu citra (Swathwidth): 20 km @ 685 km |
| Massa Payload (MAC) | 50 kg. |
| Subsistem Kontrol & Penentuan Sikap (<i>Determination & Control Subsystem -ADCS</i>) | -Stabilisasi tiga-sumbu didasarkan pada empat (roda-roda reaksi). -Akurasi Pengarahan titik: < 0.2° (2 σ) - <i>Pointing Knowledge</i> : 1 arcmin (2 σ) |
| Subsistem Tenaga Listrik (<i>Electrical Power Subsystem - EPS</i>) | -Sel-sel matahari: GaAs/Ge pada honeycomb substrate. -Baterei : NiCd (18 Ahr) <i>Peak Power Tracking (PPT) & constant current control.</i> -Tenaga Matahari : > 300W @ EOL |
| Subsistem Penanganan Data dan Komando (<i>Command and Data Handling Subsystem -C&DH</i>) | Dua Komputer pada satelit. Modul-modul interface Telemetri dan Komando -Kanal-kanal Telemetri Analog: sampai dengan 90 -Kanal-kanal Telemetri Digital : sampai dengan 120 |
| Subsistem Telekomunikasi (<i>Telecommunication Subsystem-TS</i>) | -Sinyal TT&C <i>uplink</i> : 9600 bps/1200 bps S-band -Sinyal TT&C <i>downlink</i> : 38.4 kbps/9600 bps/ 1200 bps S-band |
| Manajemen Data Payload | -Memori <i>On-board solid state</i> : 32 Gbits -Sinyal <i>payload data downlink</i> : 30 Mbps X-band |
| Struktur & Termal | -Bentuk Hexagonal : \varnothing 1200 X 1200 mm -Massa: < 200 kg. -Struktur Modular -Kontrol termal : Passif & Aktif I |
| Umur operasi Missi yang dirancang | > 3 tahun |

2.3 Karakteristik Teknis Kamera MAC serta Karakteristik Data Citra RazakSAT

Satelit RazakSAT membawa kamera MAC (*Medium-sized Aperture Camera*) yaitu suatu *payload* elektro-optik dari suatu jenis *pushbroom* dengan 5 detektor linier (1 Panchromatic, 4 Multispektral). Pada suatu ketinggian nominal 685 km dan inklinasi orbit 9° , satelit tersebut akan menghasilkan jumlah optimum 14 lintasan memutar Bumi setiap hari di atas wilayah Malaysia, karenanya meningkatkan kesempatan pencitraan di atas 3 kali dibandingkan dengan satelit sejenisnya pada orbit sinkron matahari. Inklinasi satelit RazakSAT dirancang sama dengan *latitude* dari peluncurannya di Kwajalein. Dengan cara ini, satelit akan mengulangi penjejukan pada beberapa bagian dari wilayah Malaysia setiap 90 menit, yang memaksimalkan kemampuannya untuk menanggulangi hambatan utama untuk sistem inderaja pasif, yaitu liputan awan, dan sebagai hasilnya, secara substansial memperbaiki liputan negara tersebut.

Kamera MAC menghasilkan 5 citra spektral, yaitu: (1) Kanal Pankromatik: (510 - 730 nm), (2)Kanal- 1: Biru (450 - 520 nm), (3) Kanal 2: Hijau (520 - 600 nm),

(4) Kanal 3: Merah (630 - 690 nm), dan (5) Kanal 4: Inframerah dekat: (760-890 nm), dengan resolusi spasial adalah: 2.5 m untuk citra Pankromatik, dan 5 m untuk masing-masing citra kanal Multispektral. Masing-masing citra kanal spektral tersebut meliputi objek-objek pada permukaan Bumi dengan lebar liputan satu citra 20 km dengan kemampuan pencitraan daerah pada permukaan Bumi 500 km pada satu jalur lintasan tunggal. Satelit tersebut dapat menyimpan sampai dengan 30 Gbit/s pada satelit, yang sama dengan satu potongan citra berukuran 20 km x 600 km, dan mampu untuk memiringkan 30° menyilang jejak satelit (*across track*). Untuk melakukan *download* data ini, satelit akan sangat tergantung pada saluran komunikasi Kanal-X pada 30 Mbit/s. Ada juga sejumlah kanal-kanal yang lain yang tersedia dengan kecepatan 9600 bit/s, 1200 bit/s dan 38.4 kbit/s. akan tetapi, kanal-kanal ini diinginkan hanya untuk kontrol dan telemetri komunikasi

(Powers,2008;<http://asmmag.com/features/inside-razaksat.>), (Norhan, 2006; http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26_1.htm). Pada Tabel 2-3 ditunjukkan Spesifikasi Umum Kamera MAC.

Tabel 2-3: SPESIFIKASI TEKNIS KAMERA MAC

| | | |
|--|--|------------------------------|
| Kanal Spektral 1 Kanal Pankromatic & 4 Kanal Multispektral | Kanal Pankromatik | 510-730 nm |
| | Kanal 1: Biru | 450-520 nm |
| | Kanal 2: Hijau | 520-600 nm |
| | Kanal 3: Merah | 630-690 nm |
| | Kanal 4: Inframerah-Dekat | 760-890 nm |
| Jarak sampling pada Permukaan Bumi (<i>Ground Sampling Distance- GSD</i>) | PAN: 2,5 m MS: 5,0 m | Pada ketinggian orbit 685 km |
| Lebar Liputan satu Citra (<i>Swath Width</i>) | 20 km dengan kemampuan pencitraan daerah pada permukaan Bumi 500 km pada satu jalur lintasan tunggal | Pada ketinggian orbit 685 km |
| Rasio Sinyal terhadap Noise (<i>Signal to Noise Ratio</i>) | | > 70 |
| Kuantisasi | > 8 bits | Semua kanal |
| Pembesaran Sinyal | | Programmable |
| Penyimpan Massa (<i>Mass storage</i>) | 32 Gbits | Strip Citra (~500 km) |
| Umur Operasi Missi (<i>Mission Lifetime</i>) | > 3 tahun | Nilai MTF |

2.4 Elemen-Elemen Ruas Antariksa

ATSB telah dengan sukses memproduksi beberapa modul untuk ruas antariksa satelit RazakSAT seperti: (1) *Coarse Sun Sensor* (CSS), (2) *Fine Sun Sensor* (FSS), (3) *Magnetometer*, (4) *Magnetorquer* (MT), (5) Modul Telemetri dan Komando (*Telemetry and Command Module* -TCM), (6) Komputer pada Satelit (*On Board Computer*-OBC), (7) Unit Kontrol Baterai (*Battery Control Unit* -BCU) dan (8) Elektronik Pyro (*Pyro Electronics*). Komponen-komponen satelit yang sesuai untuk lingkungan antariksa juga telah disumbangkan dari *vendors* lokal. *Printed Circuit Boards* (PCB) dan Kotak-kotak modul mekanik (*mechanical module boxes*) dibuat oleh pabrik-pabrik lokal yang berpengalaman dengan kemampuan pengerjaan mesin dengan presisi tinggi. ATSB memberikan dukungan yang perlu untuk memperlengkapi para *vendors* dalam memampukan mereka mencapai standar yang diperlukan pada pengerjaan mesin komponen-komponen tersebut. (Norhan, 2006; <http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26-1.htm>).

2.5 Stasiun Bumi Satelit-Mikro RazakSAT

Stasiun Bumi *Malaysian National Space Agency* (ANGKASA) di Banting, Selangor, menjadi Stasiun Kontrol Missi (*Mission Control Station* -MCS) dan Stasiun Penerimaan dan Pengolahan Citra (*Image Receiving Processing Station*-IRPS) untuk citra satelit RazakSAT. Stasiun Kontrol Missi (MCS) membuat perencanaan missi, menghasilkan komando, penerimaan telemetri maupun pengarsipan dan melakukan analisis. Stasiun Penerimaan dan Pengolahan Citra (IRPS) akan mengarsipkan data citra bersama dengan data telemetri ephemeris dan sikap (*attitude*) satelit untuk pengolahan lanjut dan pendistribusian. Stasiun Kontrol Missi (MCS) merencanakan dan mengoperasikan sejumlah missi antariksa, termasuk konfigurasi dan penjadwalan sumber untuk kedua elemen-elemen antariksa dan permukaan Bumi. MCS juga memonitor dan memberi komando ke

satelit. (Norhan, 2006; http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26_1.htm) Stasiun Kontrol Missi (MCS) terdiri dari dua subsistem, sebagai berikut:

- Subsistem Antenna dan RF (*Antenna & RF Subsystem* -ARS)
- Subsistem Telemetri dan Komando (*Telemetry & Commanding Subsystem*)

Untuk komando jarak jauh (*telecommands*), Stasiun Kontrol Missi (MCS) menggunakan saluran sinyal Kanal-S (*S-band uplink*) dari Stasiun Bumi ke Satelit dan saluran sinyal Kanal-S (*S-band downlink*) dari Satelit ke Stasiun Bumi untuk penerimaan telemetri. Peralatan kanal dasar Stasiun Kontrol Missi (MCS) dan Subsistem Telemetri dan Komando untuk RazakSAT akan tergabung ke fasilitas-fasilitas Antenna dan RF dari ANGKASA.

Stasiun Penerimaan dan Pengolahan Citra (IRPS) menerima data citra dari satelit melalui saluran sinyal Kanal-X. Stasiun Penerimaan dan Pengolahan Citra (IRPS) dapat dikategorikan ke dalam tiga subsistem utama yaitu:

- Subsistem Antena dan RF (*Antenna & RF Subsystem* -ARS),
- Subsistem Penerimaan dan Pengarsipan (*Receiving & Archiving Subsystem*-RAS), dan
- Subsistem Pencarian dan Pengolahan (*Search & Processing Subsystem* -SPS).

Subsistem Antena dan RF (*Antenna & RF Subsystem*-ARS) melakukan tugas-tugas seperti: penjejakan (*tracking*), penerimaan sinyal-sinyal RazakSAT melalui saluran Kanal-X, melakukan demodulasi dan sinkronisasi bit sinyal-sinyal RazakSAT. Subsistem Penerimaan dan Pengarsipan (*Receiving & Archiving Subsystem*-RAS), akan melakukan *ingest* sinyal-sinyal yang didemodulasi dan sinkronisasi-bit ke server penerima dan pengarsipan, merekam sinyal ke dalam *disk arrays* dan melakukan display citra secara *real-time*. Subsistem Pencarian dan Pengolahan (*Search & Processing Subsystem* -SPS) akan menghasilkan produk citra dan katalog, mengelola data citra dan basis-data,

menghasilkan jadwal waktu untuk pencitraan yang baru dan melengkapi pelayan internet (*web service*) untuk *browsing* katalog (Norhan,2006; http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26_1.htm).

Citra akan juga diterima oleh Stasiun Penerima Bumi Malaysia (*Malaysian Ground Receiving Station-MGRS*), Temerloh dari Pusat Malaysia Untuk Penginderaan jauh (*Malaysian Centre for Remote Sensing-MACRES*) yang akan melaksanakan distribusi data citra RazakSAT. Ada juga kesempatan terhadap stasiun-stasiun Bumi lain pada daerah Orbit Mendekati Equatorial (*NEqO*) untuk menerima dan mendistribusikan data RazakSAT dengan cara yang serupa dengan data satelit komersial lain. ATSB akan mampu menset suatu stasiun bumi penerima yang didedikasikan melayani setiap keperluan pengguna yang spesifik yang memungkinkan pengguna secara langsung melakukan *download* citra RazakSAT.

3 PROGRAM DATA RAZAKSAT DAN JENIS PRODUK DATA CITRA

Seperti diketahui tujuan dari satelit RazakSAT adalah untuk menghasilkan citra satelit, yang akan memberi keuntungan beragam aplikasi yang dapat dihasilkan dari penggunaan data tersebut. Program data satelit RazakSAT dimulai dengan Pengumuman Kesempatan untuk mengizinkan para pengguna dalam menggali dan memanfaatkan data RazakSAT untuk bermacam aplikasi. Program tersebut dimulai melalui undangan untuk studi penelitian terhadap komunitas pengguna inderaja di Malaysia selama peluncuran dan operasi awal dari satelit tersebut. Penelitian tersebut dibagi atas studi penelitian dasar dan aplikasi operasional. Studi penelitian dasar meliputi studi kalibrasi dan validasi dari satelit RazakSAT, pengaruh iluminasi Matahari untuk data yang diakuisisi pada daerah NEqO, dan topik-topik lain yang

dikontribusikan oleh para ahli inderaja. Hal ini memberikan kesempatan kepada para ahli untuk berpartisipasi dalam latihan kalibrasi dan validasi untuk RazakSAT selama umur operasi yang dirancang dari satelit tersebut yaitu 3 tahun. Aplikasi operasional mengizinkan pengguna untuk melakukan penelitian untuk kepentingan Pemerintah antara lain: pertanian, sumberdaya alam, lingkungan, kartografi dan topografi, dan kelautan.

Dengan berat dan ketinggian orbit yang diberikan, satelit RazakSAT dari setiap orbit memberikan kontak dengan pengontrol-pengontrol selama kira-kira 500 detik, yang memberikan *download* pada saluran Kanal-X, kira-kira 11 Gbit/s untuk setiap rekaman dengan ukuran 20 km x 200 km. Operasi-operasi yang dilaksanakan pada Stasiun Bumi Satelit-Mikro RazakSAT yang dioperasikan oleh *Malaysian National Space Agency (ANGKASA)* di Banting, Selangor, menghasilkan 4 level produk-produk data citra satelit RazakSAT. (Powers, 2008; <http://asmmag.com/features/inside-razaksat>), yaitu:

- Produk-produk Level 0 : terkoreksi radiometrik
- Produk-produk Level 1 : terkoreksi sistematis
- Produk-produk Level 2 : terkoreksi presisi
- Produk-produk Level 3 : terkoreksi orthorektifikasi.

Koreksi radiometrik menghilangkan kesalahan radiometrik dan distorsi. Koreksi sistematis, presisi, orthorektifikasi secara berurutan menghilangkan distorsi geometrik lanjut dan lebih lanjut. Pengolahan Level 0 dan 1 didasarkan pada data tambahan yang ditransmisikan dari satelit atau dibangun ke dalam Sistem Pengolahan. Produk-produk Level 2 dan 3 akan dikoreksi dengan Titik Kontrol Tanah (*Ground Control Point*) dan *Digital Elevation Model (DEM)*.

4 ANALISIS PEMANFAATAN DATA SATELIT-MIKRO RAZAKSAT UNTUK BERMACAM APLIKASI

Satelit-mikro RazakSAT dengan lintasan-lintasan orbit mendekati ekuatorial (*Near Equatorial Orbit-NEqO*) mampu melakukan kesempatan pencitraan yang lebih tinggi untuk Malaysia dalam mengatasi liputan awan, dibandingkan dengan satelit-satelit lain yang sejenis yang beroperasi pada orbit sinkron matahari, dan data citra hasil RazakSAT dapat dikomplemen dengan data dari sensor-sensor pencitra satelit-satelit yang lain, khususnya satelit-satelit indera orbit sinkron matahari yang lainnya.

Seperti telah diuraikan pada bagian sebelumnya, Kamera MAC yang dibawa satelit RazakSAT menghasilkan citra spektral, yaitu : 1 kanal Pankromatik dan 4 kanal Multispektral, dengan kanal-kanal spektral : (1)Kanal Pankromatik: (510 - 730 nm), (2) Kanal- 1: Biru (450 - 520 nm), (3) Kanal 2: Hijau (520 - 600 nm), (4) Kanal 3: Merah (630 - 690 nm) , dan (5) Kanal 4: Inframerah dekat: (760 - 890 nm). Kamera MAC menghasilkan citra dengan resolusi spasial adalah: 2.5 m untuk citra Pankromatik, dan 5 m untuk masing-masing citra kanal Multispektral, dengan lebar liputan satu citra 20 km. Data dikuantisasi menjadi 8 bits atau 256 nilai tingkat keabuan untuk menyatakan informasi.

Dalam pemanfaatan data satelit-mikro indera RazakSAT atau data indera lainnya, yang berorientasi pada ketersediaan data dan kebutuhan jenis informasi, faktor-faktor yang menjadi pertimbangan untuk melaksanakan aplikasi kasus pemetaan atau perencanaan wilayah, pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan maupun 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 (fusi data indera multisensor) dapat pula dipertimbangkan untuk mempertajam atau meningkatkan ketelitian informasi yang diperoleh. Fusi data citra Pankromatik (citra hitam-putih) yang mempunyai resolusi spasial tinggi dengan data citra multispektral (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 RazakSAT Pankromatik 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. Data citra RazakSAT dalam 1 kanal spektral Pankromatik dengan resolusi spasial yang sangat tinggi yaitu 2,5 m akan efektif 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 multispektral yang resolusi spasialnya menengah atau tidak sebesar resolusi spasial data 1 kanal Pankromatik, dapat dilakukan teknik fusi data dengan data citra multispektral tersebut. Teknik ini disebut *Image Pansharpening*. Dengan teknik ini akan diperoleh citra berwarna, sehingga meningkatkan ketelitian identifikasi objek-objek pada citra.

Kanal Pankromatik RazakSAT yang meliputi spektrum tampak dapat digunakan untuk menghasilkan produk citra RazakSAT *pan-sharpen* yaitu dengan mengkombinasikan informasi visual dari kanal-kanal Multispektral (Biru, Hijau, Merah dan Infra-merah dekat) dengan informasi spasial kanal Pankromatik terutama dalam mengidentifikasi ciri-ciri obyek pada permukaan Bumi. Resolusi spasial 2,5 m memungkinkan perolehan skala maksimum

1:25,000 dengan ukuran elemen citra (*pixel*) 0.1 mm untuk produk peta.

Kanal-kanal Multispektral memberikan hasil pengukuran energi yang direfleksikan oleh obyek-obyek di permukaan Bumi pada kanal spektral Tampak sampai dengan kanal spektral Inframerah-dekat seperti: pigmentasi, kandungan kelembaban dan struktur *cellular* vegetasi, kandungan mineral dan kelembaban tanah dan tingkat sedimentasi air. Pada kanal-kanal Tampak dan Inframerah-dekat, data RazakSAT dapat memberikan informasi dan membedakan secara presisi ketiga material permukaan Bumi: tanah, vegetasi dan air, sehingga memungkinkan melakukan proses klasifikasi yang berguna untuk bermacam aplikasi, seperti: Pertanian, Pengelolaan Sumber daya Alam, Kehutanan, Pemantauan Lingkungan, Kartografi dan Topografi, Kelautan, dan sebagainya.

Data satelit RazakSAT dapat juga menjadi data komplemen dari sensor-sensor lain, khususnya satelit-satelit inderaja orbit sinkron Matahari. Dengan demikian untuk aplikasi deteksi atau pemantauan perubahan penutup lahan yang memerlukan perubahan waktu yang tinggi, data RazakSAT akan efektif digunakan. Dengan kata lain, dengan karakteristik data RazakSAT seperti tersebut di atas, akan efektif digunakan untuk aplikasi pemetaan, perencanaan pengembangan wilayah, pengelolaan sumber daya alam (pertanian, kehutanan, perkebunan, geologi, dan lain sebagainya), pengelolaan bencana alam dan pemantauan lingkungan.

5 PENUTUP

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

- Satelit-mikro inderaja Malaysia RazakSAT yang diluncurkan ke orbit mendekati ekuatorial (*Near Equatorial Orbit-NEqO*) pada tanggal 14 Juli 2009 menggunakan roket Falcon 1, dari lokasi peluncuran SpaceX di Omelek Island, pada ketinggian orbit nominal 685 km dan inklinasi 9°, mempunyai berat 180 kg, mampu menghasilkan 14 jalur lintasan

setiap hari atas wilayah Malaysia untuk komunikasi dengan stasiun Bumi, dan dapat mengulangi penjejakan pada beberapa bagian dari wilayah Malaysia setiap 90 menit, untuk merekam data pada liputan awan rendah.

- Satelit-mikro RazakSAT dengan lintasan-lintasan orbit mendekati ekuatorial (*Near Equatorial Orbit-NEqO*) mampu melakukan kesempatan pencitraan yang lebih tinggi untuk Malaysia dalam mengatasi liputan awan, dibandingkan dengan satelit-satelit lain sejenis yang beroperasi pada orbit sinkron matahari, dan data citra hasil RazakSAT dapat dikomplemen dengan data dari sensor-sensor pencitra satelit-satelit yang lain, khususnya satelit-satelit inderaja orbit sinkron matahari.
- Satelit-mikro RazakSAT membawa sebuah instrument pencitra kamera *pushbroom* MAC (*Medium-sized Aperture Camera*) dengan berat 50 kg, yang terdiri dari lima buah detektor linier (1 Pankromatik, 4 Multispektral), dengan kanal-kanal spektral: a) Kanal Panchromatik: (510 - 730 nm), b) Kanal-1: Biru (450 - 520 nm), c) Kanal-2: Hijau (520 - 600 nm), d) Kanal-3: Merah (630 - 690 nm), dan e) Kanal-4: Inframerah dekat: (760-890 nm). Kamera MAC menghasilkan citra dengan resolusi spasial 2,5 m untuk citra Pankromatik, dan 5 m untuk masing-masing citra kanal Multispektral, meliputi objek-objek pada permukaan Bumi, dengan lebar liputan satu citra 20 km. Data dikuantisasi menjadi 8 bits atau 256 nilai tingkat keabuan untuk menyatakan informasi.
- Kanal Pankromatik yang meliputi spektrum tampak dapat digunakan untuk menghasilkan produk-produk citra RazakSAT *pan-sharpen* yaitu dengan mengkombinasikan informasi visual dari Kanal-kanal Multispektral (Biru, Hijau, Merah, dan Infra-merah dekat) dengan informasi spasial kanal Pankromatik terutama dalam mengidentifikasi ciri-ciri pada permukaan Bumi. Resolusi spasial yang tinggi: 2,5 m memungkinkan memperoleh skala maksimum 1:25.000 dengan mem-

pertahankan ukuran elemen citra (*pixel*) 0,1 mm untuk produk-produk peta.

- Kanal-kanal Multispektral memberikan hasil pengukuran energi yang direfleksikan oleh objek-objek di permukaan Bumi pada kanal spektral Tampak sampai dengan kanal spektral Inframerah-dekat seperti: pigmentasi, kandungan kelembaban dan struktur *cellular* vegetasi, kandungan mineral dan kelembaban tanah dan tingkat sedimentasi air. Pada kanal-kanal Tampak dan Inframerah-dekat, data RazaksAT dapat memberikan informasi dan membedakan secara presisi ketiga material permukaan Bumi: tanah, vegetasi, dan air, sehingga memungkinkan melakukan proses klasifikasi yang berguna untuk berbagai aplikasi, seperti: Pertanian, Pengelolaan Sumber daya Alam, Kehutanan, Pemantauan Lingkungan, Kartografi dan Topografi, Kelautan, dan sebagainya.
- Data RazaksAT akan efektif digunakan untuk aplikasi pemetaan, perencanaan pengembangan wilayah, pengelolaan sumber daya alam (pertanian, kehutanan, perkebunan, geologi, dan lain sebagainya), pengelolaan bencana alam, dan pemantauan lingkungan.

Hasil kajian ini dapat digunakan sebagai alat pertimbangan di dalam pemilihan atau pemanfaatan data RazaksAT untuk aplikasi pemetaan, perencanaan pengembangan wilayah, pengelolaan sumber daya alam (pertanian, kehutanan, perkebunan, geologi, dan lain sebagainya), pengelolaan bencana alam, dan pemantauan lingkungan. Hasil ini dapat pula menjadi suatu pertimbangan dalam pengembangan teknologi Inderaja di Indonesia.

DAFTAR RUJUKAN

- Matt, 2009. *SpaceX's Falcon 1 Successfully Delivers RazaksAT Satellite to Orbit*, Published: 15 July 2009 8:39 PM CEST.
- Nation, 2009. *RazaksAT to be operational in two months*" Website: <http://thestar.com.my/news/story.asp?file=/2009/8/6/nation/4462755&sec=nation>.
- Norhan M.,Y., *RazaksAT-Technology Advent in High Resolution Imaging System for Small Satellite*. Astronautic Technology (M) Sdn. Bhd., norhan@atsb-malaysia.com. [my norhan_myj@yahoo.com](mailto:norhan_myj@yahoo.com).
- Norhan M.,Y., *The Role of RazaksAT in Remote Sensing*, Astronautic Technology (M) Sdn Bhd, Selangor, Malaysia Email: norhan@atsb-malaysia.com. Website:http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/aprjun/26_1.htm.
- Norhan, M.Y., Ahmad, S.A. and Mazlan, O., 2002. *Utilization of TiungSAT-1 Data for Environmental Assessment and Monitoring*. Canadian International Development Agency (CIDA)-Canadian Space Agency (CSA) Conference, Space Applications for Sustainable Development, Hull, Canada, May 21-22, 2002.
- Powers, J., 2008. *Inside RazaksAT*, Monday 07 Apr Website: <http://asmmag.com/features/inside-razaksat>.
- RazaksAT, *RazaksAT*, Website: <http://en.wikipedia.org/wiki/RazaksAT>. Website:<http://spacefellowship.com/2009/07/15/spacexs-falcon-1-successfully-delivers-razaksat-satellite-to-orbit/>. Website:http://www.gisdevelopment.net/magazine/malaysia/2006/apr-jun/26_1.htm.